

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Brachiaria*
humidicola CV. BRS TUPI DURANTE O ARMAZENAMENTO**

DAIANI AJALA LUCCAS MOREIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Julho – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Brachiaria*
humidicola CV. BRS TUPI DURANTE O ARMAZENAMENTO**

DAIANI AJALA LUCCAS MOREIRA

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Julho – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
- UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Moreira, Daiani Ajala Luccas, 1986-
M838s Superação da dormência em sementes de *Brachiaria*
humidi-cola cv. BRS Tupi durante o armazenamento / Daiani
Ajala Luccas Moreira. - Botucatu : [s.n.], 2014
vi, 55 f. : fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva Inclui
bibliografia
1. Plantas forrageiras. 2. Capim-brachiaria - Embrião.
3. Sementes - Germinação. I. Silva, Edvaldo Aparecido Ama-
ral da Silva. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

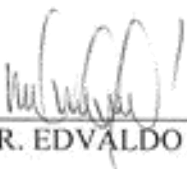
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Brachiaria humidicola*
CV. BRS TUPI DURANTE O ARMAZENAMENTO"

ALUNA: DAIANI AJALA LUCCAS MOREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

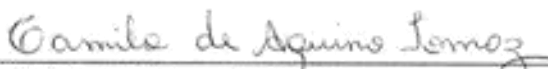
APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA



PROFª DRª CECI CASTILHO CUSTODIO



PROFª DRª CAMILA DE AQUINO TOMAZ

Data da Realização: 30 de julho de 2014.

DEDICATÓRIA

“Essa é a minha porta, e ela se abre para o mundo.”

Temple Grandin

Ao meu marido **Cleber**, por me acompanhar nos momentos difíceis
e me oferecer ânimo e perseverança.

A minha mãe **Marilsa**, por ser um exemplo de vida
e me oferecer força.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que vivi e conquistei.

As minhas duas mães, Marilsa e Helena, por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida e por me acolherem quando eu preciso.

Ao meu marido Cleber, pelo amor, carinho, paciência, disponibilidade nos momentos mais importantes e por me fazer sorrir com a sua alegria.

Aos meus irmãos, Gustavo, Marilsa, Maria Helena e Cida, pela amizade e carinho.

Ao Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva pela orientação, ensinamentos, atenção, paciência, confiança e por me acalmar nos momentos difíceis.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista–UNESP, pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

Aos membros da banca pela disponibilidade e valiosa contribuição.

A todos os professores do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal–Agricultura, pela atenção e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. João Nakagawa, pela atenção, sugestões e valiosos ensinamentos.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal–Agricultura, em especial, a Valéria Giandoni, pelo carinho e prestatividade.

Aos funcionários de campo (Célio Mariano, Casimiro Alves, Aparecido da Silva, Milton Mateus, Antônio Camargo e Ciro de Oliveira), pelo auxílio na implantação e na condução do experimento.

Aos amigos do Laboratório de Sementes, pelos conhecimentos divididos e momentos de descontração.

Aos amigos em especial, agradeço a Lilian E. Duarte Silveira, Camila Aquino Tomaz, Pedro Bento da Silva e Rubiana Falopa Rossi pela ajuda na condução do experimento.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para meu crescimento, não só profissional, mas também e de não menor importância, pessoal.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Germinação de sementes	6
2.2. Dormência de sementes	8
2.3. Produção de sementes de plantas forrageiras (<i>Brachiaria humidicola</i>)	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Instalação e condução do experimento no campo.....	13
3.2. Secagem	16
3.3. Armazenamento	16
3.4. Avaliações em laboratório durante o armazenamento	16
3.4.1. Teste de germinação de sementes inteiras de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi durante o armazenamento	16
3.4.2. Curva de embebição durante o armazenamento	17
3.4.3. Teor de água das partes das sementes (embrião e endosperma) durante a embebição ao longo do armazenamento.....	17
3.4.4. Potencial de crescimento do embrião de cariopses nuas recém-colhidas e armazenadas por 12 meses submetidas à restrição hídrica.....	17
3.4.5. Teste de germinação de sementes inteiras de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA ₄) durante o armazenamento	18
3.4.6. Teste de germinação de cariopses nuas de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA ₄) durante o armazenamento	19
3.4.7. Teste de germinação de sementes escarificadas de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi durante o armazenamento	19
3.5. Análise dos dados	19

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Teste de germinação de sementes inteiras de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi durante o armazenamento	21
4.2. Curva de embebição durante o armazenamento	25
4.3. Teor de água das partes da semente (embrião e endosperma) durante a embebição ao longo do armazenamento	27
4.4. Potencial de crescimento do embrião de cariopses nuas de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi recém-colhidas e armazenadas por 12 meses submetidas à restrição hídrica	30
4.5. Teste de germinação de sementes inteiras de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA ₄) durante o armazenamento	34
4.6. Teste de germinação de cariopses nuas de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA ₄) durante o armazenamento	38
4.7. Teste de germinação de sementes de <i>B. humidicola</i> cv. BRS Tupi escarificadas durante o armazenamento	42
5. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS	47

RESUMO

A *Brachiaria humidicola* cv. BRS Tupi é a primeira cultivar de *B. humidicola* indicada para uso no Brasil e surge como mais uma opção para áreas úmidas de baixa e média fertilidades. Como a maioria das gramíneas forrageiras tropicais, sementes recém-colhidas dessa cultivar são afetadas pelo fenômeno da dormência. Apesar da evidente importância da dormência em sementes recém-colhidas de *Brachiaria*, os mecanismos que estão envolvidos na superação da dormência que ocorre durante o armazenamento ainda são pouco elucidados. Assim, este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a superação da dormência em sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante diferentes períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, e 12 meses). Sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi foram multiplicadas em campo e, após o processo de secagem em ambiente natural e beneficiamento, foram armazenadas. Após os períodos de armazenamento, as sementes foram avaliadas quanto as suas alterações fisiológicas através de curvas de embebição, do teor de água das partes da semente (embrião e endosperma) durante a embebição, germinação de sementes inteiras, germinação de sementes inteiras e cariopses nuas em diferentes concentrações de ácido giberélico, potencial de crescimento do embrião de cariopses nuas em restrição hídrica e germinação de sementes escarificadas. O armazenamento favorece o aumento do teor de água das partes da semente durante a embebição. A superação da dormência ocorre com a retirada das coberturas da semente indicando possíveis impedimentos mecânicos que são superados durante o armazenamento devido ao aumento no potencial de crescimento do embrião, provavelmente relacionado à ação de GA nas sementes. A escarificação química não foi eficiente na superação da dormência durante o armazenamento.

Palavras-Chave: forrageiras tropicais, crescimento do embrião, germinação.

OVERCOMING OF DORMANCY IN SEEDS OF *Brachiaria humidicola* CV. BRS TUPI DURING STORAGE. Botucatu, 2014. 55p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: DAIANI AJALA LUCCAS MOREIRA

Adviser: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

SUMMARY

The *Brachiaria humidicola* cv. BRS Tupi is the first cultivar of *B. humidicola* indicated for use in Brazil and comes up as one more option for the humid areas of low and average fertility. As the majority of the tropical forage grass, freshly harvested seeds of this cultivar are affected by the phenomenon of dormancy. Despite the obvious importance of dormancy in freshly harvested seeds of *Brachiaria*, the mechanisms that are involved in overcoming dormancy that occurs during storage are still poorly understood. Thus, the present study was carried out with the aim to evaluate the overcoming dormancy in seeds of *B. humidicola* cv. BRS Tupi during different storage periods (0, 3, 6, 9, and 12 months). Seeds of *B. humidicola* cv. BRS Tupi were multiplied in the field, and after the drying process in the natural environment and processing, were stored. After the storage periods the seeds were evaluated according to its physiological changes through imbibition curves, evaluation of the water content of the seed parts (embryo and endosperm) during imbibition, germination of whole seeds, germination in different concentrations of gibberellic acid of whole seeds and naked caryopses, potential of growth of the embryo of naked caryopses in water restriction and germination of scarified seeds. The storage favors the increase of the water content of the parts of the seed during the imbibitions. The overcoming of dormancy happens with the removal of the seed coat showing possible mechanical barrier which is overcome during the storage due to the raise in the potential of growth of the embryo, possibly related to the action of GA on the seeds. The chemical scarification was not efficient in overcoming the dormancy during the storage.

Key-words: Tropical forage grass, embryo growth, germination.

1. INTRODUÇÃO

A *Brachiaria humidicola* cv. BRS Tupi é a primeira cultivar de *B. humidicola* indicada para uso no Brasil e surge como mais uma opção para áreas úmidas de baixa e média fertilidades (BRASIL, 2012). Segundo Barbosa (2012), esta cultivar foi selecionada com base na produtividade, vigor, produção de sementes, capacidade de suporte e desempenho animal podendo ser usada para diversificação de pastagens, nos biomas Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica.

A semente de *B. humidicola* cv. BRS Tupi é uma espiguetta formada por uma cariopse revestida por pericarpo seco constituído de glumas, lemas e páleas (Figura 1). Assim, como a maioria das gramíneas forrageiras tropicais, sementes recém-colhidas dessa cultivar apresentam dormência, o que pode dificultar a emergência das plântulas no campo, o estabelecimento uniforme das pastagens e as atividades de pesquisa, devido à demora na avaliação da qualidade de sementes, além de retardar programas de melhoramento genético da cultura.

Dormência é o estado fisiológico no qual uma semente viável não germina quando colocada em condições de ambiente adequadas (ROBERTS, 1972). Segundo Whiteman e Mendra (1982) a dormência em *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) é controlada por dois mecanismos, a dormência fisiológica presente em sementes recém-colhidas e a dormência mecânica imposta pelos envoltórios, relacionada a restrições a entrada de oxigênio nas sementes. A dormência associada ao embrião é progressivamente suprimida durante o armazenamento e a imposta pelos envoltórios persiste em sementes armazenadas por longos períodos (SIMPSON, 1990).

Apesar da evidente importância da dormência em sementes recém-colhidas de *Brachiaria*, os mecanismos que estão envolvidos na superação da dormência que ocorre durante o armazenamento ainda são pouco elucidados.

Além disso, resultados colocam em dúvida a relação entre os mecanismos de dormência conhecidos em sementes de *Brachiaria*. A maneira como atua a dormência relacionada a restrições a entrada de oxigênio nas sementes armazenadas não é esclarecida, visto que, a porcentagem de germinação aumenta com o decorrer do período de armazenamento (MARTINS et al., 1998; VIEIRA et al., 1998; CÂMARA; STACCIARINI-SERAPHIN, 2002; COSTA; ARAÚJO; BÔAS, 2011).

O volume de resultados disponíveis é vasto sobre dormência em sementes desta espécie, 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.



Figura 1. Fotos de *B. humidicola* cv. BRS Tupi; a) semente inteira, b) semente sem glumas, c) semente sem glumas e lemas e d) semente sem glumas, lemas e páleas/cariopse nua. Barras representam 1,0 mm.

Assim, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a superação da dormência em sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante diferentes períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, e 12 meses).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Germinação de sementes

No final da maturação ocorre a redução drástica do metabolismo e paralisação do crescimento do embrião, caracterizando a permanência das sementes em “repouso fisiológico”. O encerramento desse período de “repouso fisiológico” é sucedido pelo início do processo de germinação (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Copeland e McDonald (1995), germinação de uma semente é a retomada de crescimento do embrião, que resulta na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula. Para Marcos Filho (2005), a germinação se inicia com a protrusão, sendo que, pelo ponto vista fisiológico o processo se encerra com a protrusão da raiz primária, enquanto que pelo ponto de vista tecnológico o processo se encerra com a formação de uma plântula normal em que sejam evidentes as suas partes constituintes.

No entanto, Bewley et al. (2012) declaram que na literatura científica o termo germinação é frequentemente usado livremente e, por vezes, de forma incorreta, sendo de suma importância esclarecer o seu significado. A germinação inicia-se com a absorção de água pela semente (embebição) e termina com o surgimento do eixo embrionário, geralmente a radícula, através das estruturas que a rodeiam.

As atividades metabólicas da semente e que culminam com a efetiva retomada de crescimento pelo eixo embrionário se aceleram à medida que

a semente, posta no substrato apropriado, absorve água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Dessa forma, Bewley e Black (1978) propuseram um padrão trifásico de absorção de água, satisfazendo grande parte dos resultados dos estudos de curva de embebição de sementes de diferentes espécies.

A fase I é caracterizada pela rápida transferência de água do substrato para a semente, graças à diferença acentuada entre os potenciais hídricos (MARCOS FILHO, 2005). De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012) a fase I é caracterizada fisiologicamente por um acentuado aumento na intensidade respiratória, resultando em produção de energia, a qual será utilizada em uma série de reações bioquímicas.

Na fase II, o nível de água se encontra relativamente constante por um período de intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Reduções drásticas da velocidade de hidratação e da intensidade de respiração caracterizam essa fase (MARCOS FILHO, 2005) e, aparentemente, ocorre um transporte ativo das substâncias desdobradas na fase anterior, do tecido de reserva para o tecido meristemático (CARVALHO; NAKAGAWA 2012).

Finalmente, a fase III compreende o aumento do conteúdo de água da semente devido à absorção associada com expansão celular e alongamento do eixo embrionário, perdendo assim, sua tolerância à desidratação (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Segundo Bewley et al. (2012) as células vegetais expandem e alongam as paredes por absorção de água e, o aumento da absorção de água durante a fase III indica o início do crescimento dos embriões em uma plântula com germinação concluída. Para Marcos Filho (2005) esta fase trata-se de uma etapa alcançada apenas por sementes vivas e não dormentes.

Durante a segunda fase da curva de embebição a semente ativa sistemas de produção de energia, repara os danos causados durante o armazenamento e a dispersão e prepara-se para iniciar o crescimento do embrião (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Apesar de sementes dormentes alcançarem a fase II, apenas as sementes que apresentam germinação completa alcançam a fase III do processo de embebição, que ocorre devido à expansão celular associada com protrusão radicular (BEWLEY et al., 2012).

A absorção de água é provocada por uma diminuição no potencial hídrico celular devido à produção de substâncias osmoticamente ativas, que criam um gradiente de circulação de água em relação ao potencial da fonte de água, e

também por um afrouxamento das paredes das células do embrião e dos tecidos envolventes, reduzindo o turgor celular (BEWLEY et al., 2012).

As proteínas presentes no final da maturação são degradadas e a síntese de DNA e a divisão celular são eventos característicos do crescimento do eixo embrionário e desenvolvimento da plântula (MARCOS FILHO, 2005). No início da germinação até o crescimento da plântula, os compostos de reserva são convertidos em metabólitos solúveis que podem ser mobilizados e utilizados para dar suporte ao crescimento e a respiração. Neste período, a plântula deve iniciar a atividade fotossintética antes da exaustão dos compostos de reserva para garantir o sucesso da colonização do ambiente (GRAHAM, 2008).

De acordo com Bewley et al. (2012), mesmo quando as condições são aparentemente favoráveis para a germinação, de modo que ocorre a embebição, respiração, síntese de ácidos nucleicos e proteínas e uma série de outros eventos metabólicos, o alongamento das células, resultando em surgimento do embrião pode não ocorrer, por razões que ainda são pouco compreendidas, tal semente pode apresentar dormência.

2.2. Dormência de sementes

Dormência é a falha temporária de uma semente em completar a germinação em condições favoráveis e permite a dispersão das sementes pelo tempo e espaço (BEWLEY et al., 2012). Para Carvalho e Nakagawa (2012) dormência é a condição momentânea de sementes de uma determinada espécie, que mesmo sendo viáveis e tendo todas as condições ambientais para germinar, não germinam.

São amplamente conhecidas duas categorias de dormência classificadas como primária e secundária. Essa classificação é baseada no momento da aquisição da dormência, sendo que a primária ocorre antes da dispersão da semente como parte do programa genético durante a maturação e a secundária ocorre após a dispersão, influenciada por falta de condições adequadas para a germinação (BEWLEY; BLACK, 1994).

Dentro desses dois grupos ainda é possível classificar a dormência como dormência embrionária ou de cobertura (tegumentar) (BEWLEY; BLACK, 1994). Outros autores consideram como exógena e endógena (BASKIN; BASKIN, 1998). A dormência endógena está relacionada a algum bloqueio que o

embrião apresenta e pode ser subdividida em fisiológica, física, morfológica e morfofisiológica. A dormência exógena não se relaciona ao embrião, mas sim as outras partes da semente ou fruto, como o tegumento e endocarpo, e pode ser subdividida em fisiológica, física e mecânica (CARDOSO, 2004; HILHORST, 2007).

Em *Brachiaria*, os dois tipos de dormência são relatados, a dormência associada ao embrião, e a imposta pelos envoltórios, persistindo em sementes armazenadas por longos períodos (SIMPSON, 1990).

Durante o armazenamento a dormência presente no embrião seria superada, restando apenas à imposta pelos envoltórios, que pode ser superada por meio do método de escarificação química com ácido sulfúrico, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Resultados colocam em dúvida a eficiência do tratamento com ácido sulfúrico na superação da dormência em sementes de *B. humidicola*. Para alguns autores (ATALLA; TOSELLO, 1979; RODRIGUES et al., 1986; MACEDO et al., 1994; USBERTI; MARTINS, 2007) a escarificação ácida não é recomendada para sementes armazenadas pois prejudica a qualidade fisiológica das mesmas.

O método utilizado facilitar a superação da dormência em sementes recém-colhidas é o período de armazenamento a seco chamado de pós-maturação (METZGER, 2003). A velocidade de pós-maturação e o estado de dormência podem variar, dependendo das condições ambientais durante a maturação das sementes, armazenamento das sementes e condições de germinação (DONOHUE et al., 2005).

Segundo Finch-Savage e Metzger (2006) a dormência é determinada geneticamente com uma influência substancial do ambiente, que é mediada pelas plantas, pelo menos em parte, através dos hormônios ácido abscísico (ABA) e giberelina (GA), sendo que, o estado de dormência pode mudar continuamente com o tempo após ação determinada pelo ambiente.

Além de inibir a germinação das sementes e ser um regulador positivo da manutenção da dormência, o ABA possui um papel importante durante a pós-maturação. Um declínio no conteúdo de ABA, diminuição da sensibilidade ao ABA e aumento da sensibilidade a GA estão associados com a transição durante a pós-maturação entre o estado dormente e não-dormente de muitas espécies (KUCERA, 2005).

Para Bewley et al. (2012) a perda de dormência durante a pós-maturação é geralmente promovida pelos mesmos fatores que afetam o envelhecimento

da semente, ou seja, após o amadurecimento poderia ser considerado o primeiro estágio de envelhecimento em sementes que apresentam dormência primária. Os tipos de reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o armazenamento de sementes, e, durante a pós-maturação, dependem do seu nível de hidratação (BEWLEY et al., 2012).

Sementes secas acumulam uma grande quantidade de mRNA durante o desenvolvimento da semente, após a embebição, estes são utilizados para assegurar a tradução das proteínas necessárias para completar a germinação (RAJJOU et al., 2004; NAKABAYASHI et al., 2005; KIMURA; NAMBARA, 2010). Consequentemente, as modificações no mRNA armazenado durante a pós-maturação teria o potencial para regular a tradução de mRNA e/ou a degradação de mRNA nos primeiros passos da embebição da semente e, em seguida, o funcionamento da célula para ocorrência da germinação ou manutenção de dormência (RAJJOU et al., 2004; NAKABAYASHI et al., 2005; KIMURA; NAMBARA, 2010).

A pós-maturação em sementes secas é um processo intrigante, mas fundamental para sobrevivência e propagação de culturas e espécies selvagens, uma vez que resulta em uma superação progressiva de dormência que, posteriormente, permite a germinação (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; METZGER, 2006; FINCH-SAVAGE et al., 2007).

2.3. Produção de sementes de plantas forrageiras (*Brachiaria humidicola*)

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial com relação à produção de sementes de plantas forrageiras, sendo atualmente o maior produtor, consumidor e exportador. Grande parte das sementes produzidas tem sido comercializada internamente, e o restante é exportado, principalmente, para países da América do Sul e Central (FERNANDES et al., 2005). Atualmente, mais de 70% das sementes de forrageiras comercializadas no Brasil são de cultivares de *Brachiaria* (VALLE; JANK; RESENDE, 2009), evidenciando a inegável contribuição desse gênero na produção animal nacional.

Para Souza (2001), um importante aspecto condicionante da obtenção de níveis satisfatórios de produtividade de sementes de forrageiras é o grau de adaptação regional da espécie ou variedade cujas sementes se pretendem produzir, sendo que, tal adaptação é consequência da interação de inúmeros fatores bióticos e edafo-climáticos.

Nos últimos 20 anos, sementes de plantas forrageiras apresentaram importantes avanços quanto à qualidade, como a adoção de padrões mais rigorosos de pureza física e germinação, apesar de existirem ainda diversos problemas a serem resolvidos (FRANÇA NETO, 2009). Bonone et al. (2006) citaram que as espécies do gênero *Brachiaria* possuem características que dificultam a obtenção de altas produções de sementes de boa qualidade, como por exemplo, a desuniformidade na emissão das inflorescências nos perfilhos, florescimento irregular dentro das panículas, baixo número de sementes férteis, elevada degrana natural, além de dormência de suas sementes.

Souza (2001) cita que a ampla variação do estágio de desenvolvimento das sementes de *Brachiaria* em qualquer momento do ciclo reprodutivo da planta está relacionada com o precário sincronismo de emergência das inflorescências e o prolongado período de antese nas inflorescências individuais.

Quase a totalidade das espécies desse gênero se reproduz por apomixia, ou seja, o embrião desenvolve-se a partir de divisões mitóticas de uma célula somática (VALLE; SAVIDAN, 1996), originando sementes férteis sem haver a união da oosfera com o núcleo reprodutivo do grão de pólen, como na reprodução sexual. No entanto, para Reusch (1961), esse processo, com frequência, apresenta irregularidades, resultando em grande número de flósculos inférteis.

Assim, a produção comercial de sementes de forrageiras ainda é um desafio, pois elas mantêm características selvagens que representam empecilhos como a incapacidade de reter por muito tempo as sementes maduras conectadas às inflorescências, ou seja, degrana natural (SOUZA, 2001). Essa ruptura acontece logo após as sementes terem alcançado a maturidade ou na presença de estresses causados por alguns fatores como ventos fortes, chuvas excessivas e deficiências que podem ser nutricionais, hídricas ou luminosas (SOUZA, 2001).

Dentre as espécies do gênero *Brachiaria*, a *Brachiaria humidicola* é a única espécie com aptidão para ser cultivada em solos mal drenados (EUCLIDES et al., 2010). Apesar de produtiva, ela apresenta limitações passíveis de melhoramento genético para caracteres como produção, valor nutritivo e dormência de sementes (EUCLIDES et al., 2010).

Segundo Peres et al. (2012) a espécie *Brachiaria humidicola* é uma gramínea tropical perene, com hábito de crescimento estolonífero-rizomatoso, muito persistente, bem aceita tanto por bovinos quanto por equinos e apresenta alta

capacidade de suporte. O fato de ser tolerante a algumas espécies de cigarrinha-das-pastagens e pouco exigente em fertilidade de solo também contribui bastante para sua popularidade (PERES et al., 2012).

De acordo com José (2011) a produção de sementes das cultivares desta espécie tem ampla importância econômica no contexto nacional e sua utilização está em plena expansão nas regiões tropicais úmidas sul-americanas por atender as demandas para a formação de pastagens nas regiões pantaneiras e em outros ambientes em que predominam a ausência de drenagem do solo e inundações periódicas.

A produção comercial de sementes de *Brachiaria humidicola* é mais complexa do que na maioria das espécies de gramíneas forrageiras utilizadas como pastagem, por esta razão sua produção ainda é baixa, apesar da crescente demanda (JOSÉ, 2011).

Segundo Souza (1991), a total cobertura do solo, resultante de crescimento estolonífero-rizomatoso das plantas dessa espécie, inviabiliza a colheita de suas sementes pelo método de varredura. Assim, o método mais utilizado no caso é o da colhedora automotriz, pelo qual as sementes são colhidas diretamente das inflorescências, antes da degrana natural das sementes.

Peres et al. (2012) ressaltam que o período ideal à colheita das sementes é curto em função do sincronismo da emergência das inflorescências ser alto nessa espécie e curto o período em que as sementes maduras permanecem conectadas às inflorescências. Por estas razões, mesmo apresentando um potencial de produção de sementes puras que pode alcançar 400 kg. ha⁻¹, as produtividades comerciais são muito mais baixas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na área da Fazenda Experimental Lageado e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (DPMV) pertencentes à UNESP, Campus de Botucatu-SP, durante o ano agrícola de 2012/2013.

3.1. Instalação e condução do experimento no campo

Sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi foram multiplicadas em campo. A localização da área experimental está definida pelas coordenadas geográficas 22° 51' Latitude Sul e 48° 26' Longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 740 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994). Na Figura 2 estão contidos os dados de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Setor de Climatologia, durante o período de condução do experimento nos anos de 2012 e 2013.

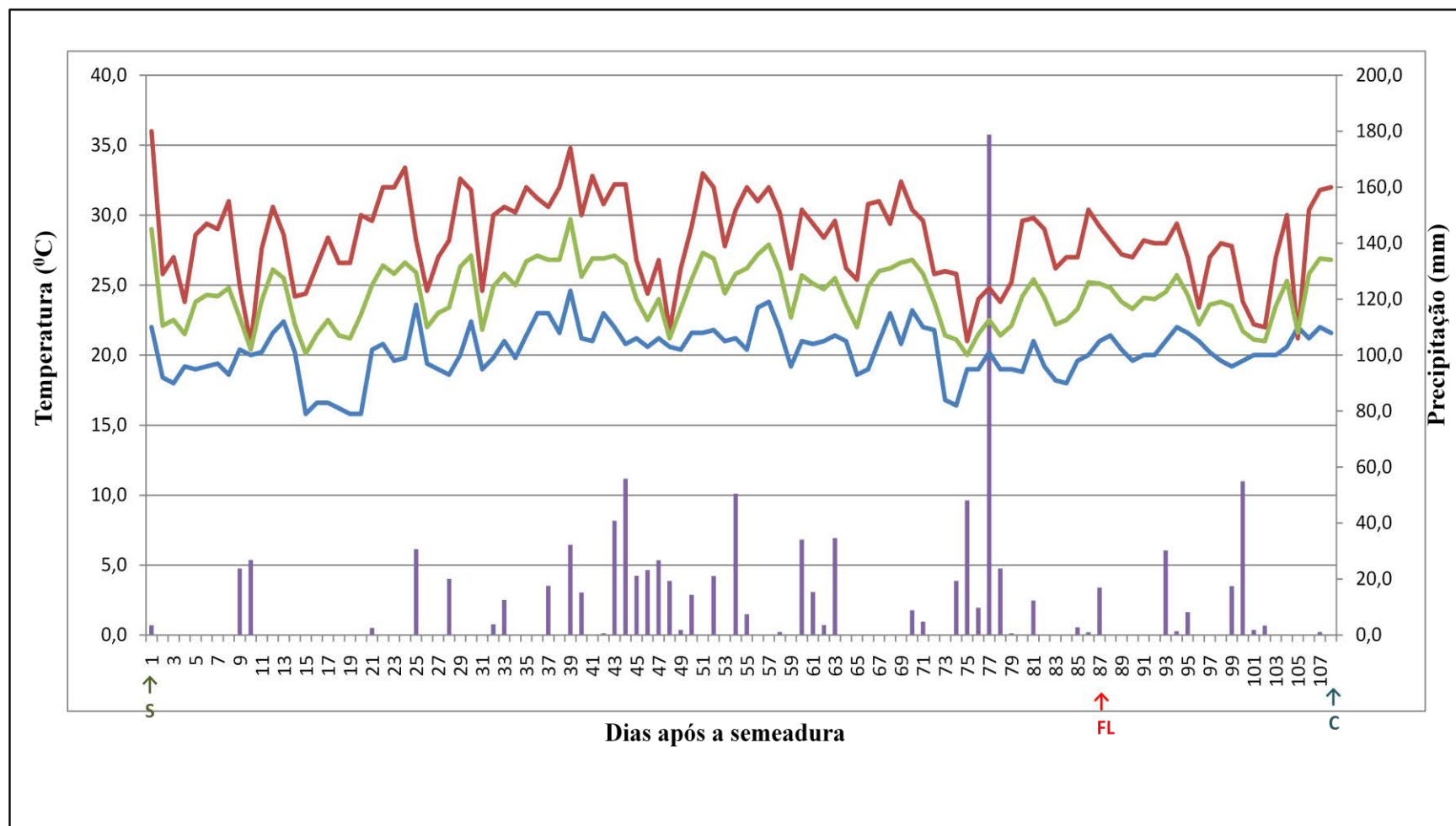


Figura 2. Ciclo da cultura (dias após a semeadura). Dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas de 31/10/2012 a 15/02/2013. (S= semeadura, FL= florescimento e C= colheita).

Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, para a análise química conforme Raij et al. (2001), cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da Análise química do solo da área experimental. Botucatu-SP, 2012/2013.

pH	MO	P _{resina}	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----		mmol _c dm ⁻³	-----			%
5,02	26,3	27,4	38,48	2,87	17,11	8,72	28,70	67,18	43

A adubação de semeadura foi realizada de acordo com os resultados da análise química do solo (RAIJ et al., 2001), e constou da aplicação de 20 kg. ha⁻¹ de P₂O₅.

A instalação do experimento ocorreu em 31 de outubro de 2012. A semeadura foi realizada utilizando 5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (500 pontos de VC/ha) oriundas dos Campos de Produção da Embrapa Gado de Corte, da safra 2010, cujo valor cultural foi de 57,4%. A sulcagem do solo e a semeadura foram realizadas manualmente em espaçamento entre linhas de 0,30 m, com 40 linhas de 14 m de comprimento, totalizando em uma área útil de 168 m².

O fechamento dos sulcos e a compactação sobre as sementes também foram realizados manualmente. A emergência das plântulas ocorreu em nove de novembro de 2012. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi realizada em 19 de dezembro de 2012, utilizando-se 40 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais. O florescimento iniciou em 25 de janeiro de 2013. A colheita foi realizada em área total pelo corte das inflorescências por meio de tesouras a 30 cm do solo em 15 de fevereiro de 2013, aproximadamente, 21 dias após o florescimento.

3.2. Secagem

Após a colheita e beneficiamento através de soprador, foi avaliado o teor de água das sementes, empregando-se duas repetições de 100 sementes pelo método da estufa, sem ventilação forçada, a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009) onde foi verificado teor de água nas sementes de 28,92%. Posteriormente, as sementes foram submetidas à secagem em condições de ambiente natural em camada única até que atingiram entre 11% e 12% de umidade.

3.3. Armazenamento

As sementes inteiras (com glumas, lemas e páleas) foram armazenadas em saco de polipropileno trançado e mantidas em condições de armazém não controladas durante diferentes períodos referentes aos momentos das avaliações (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Esta condição de armazenamento se assemelha a realizada pelo sistema brasileiro de produção de sementes de *Brachiaria*.

3.4. Avaliações em laboratório durante o armazenamento

3.4.1. Teste de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento

As sementes foram previamente desinfestadas com hipoclorito de sódio a 2% durante dez minutos, lavadas em água corrente, por um minuto, e secas superficialmente em ambiente de laboratório. O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, dispostas em papel mata borrão umedecido com água desionizada, em quantidade equivalente, em mililitros, a 2,5 vezes o peso seco do papel, acondicionadas em caixas plásticas transparentes (gerbox), mantidas em câmara de germinação tipo BOD com temperaturas alternadas $20\text{--}35^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de oito horas por 21 dias. Os substratos foram trocados a cada sete dias para manter a sanidade das sementes.

Realizou-se contagem de germinação diária, considerando sementes germinadas, aquelas com raiz primária maior ou igual a 2 mm e, aos sete e 21 dias, foram computadas as porcentagens de plântulas normais segundo as Regras para

Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A avaliação foi feita por meio da porcentagem de germinação, plântulas normais e índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962).

3.4.2. Curva de embebição durante o armazenamento

Após a determinação inicial do teor de água das sementes foi realizada a pesagem de quatro repetições de 50 sementes. A seguir, as sementes foram colocadas para embeber em caixas plásticas transparentes (gerbox), tendo como substrato duas folhas de papel mata borrão umedecidas com a quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. As amostras foram mantidas em câmara de germinação tipo BOD com temperaturas alternadas 20-35°C e fotoperíodo de oito horas. Após 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas as sementes foram removidas das caixas plásticas e pesadas em balança com precisão de 0,0001g. Com os valores das pesagens consecutivas foi calculada a percentagem de ganho de água em relação ao peso inicial das sementes, a fim de se estabelecer as curvas de embebição.

3.4.3. Teor de água das partes das sementes (embrião e endosperma) durante a embebição ao longo do armazenamento

O teor de água das partes das sementes (embrião e endosperma) foi avaliado durante a embebição (Fase I e II) conforme descrito no item 3.4.2.. Para tanto, as sementes secas e as embebidas durante 24 e 48 horas foram seccionadas ao meio com o auxílio de uma lâmina e foram determinados os teores de água das partes das sementes empregando-se duas repetições de 50 sementes pelo método da estufa, sem ventilação forçada, a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009).

3.4.4. Potencial de crescimento do embrião de cariopses nuas recém-colhidas e armazenadas por 12 meses submetidas à restrição hídrica

Para esta avaliação, todas as estruturas de cobertura (glumas, lemas e páleas) das sementes recém-colhidas e as armazenadas por 12 meses foram retiradas com o auxílio de uma lâmina, permanecendo apenas as cariopses nuas (Figura 1).

O potencial de crescimento do embrião das cariopses nuas foi avaliado em situação de restrição hídrica com o objetivo de simular uma situação de estresse. Para isso, quatro repetições de 25 cariopses nuas foram colocadas sobre duas folhas de papel germitest em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, umedecidas com 5 mL de solução de PEG 6000 nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa (VILLELA et al., 1991). Para manter constante o potencial osmótico do meio germinativo, o substrato (papel germitest e a solução de PEG) foi trocado duas vezes por semana. O crescimento da raiz primária das cariopses nuas de sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi foi avaliado aos sete dias de embebição nas diferentes soluções de PEG com um paquímetro digital.

Realizou-se contagem de germinação diária, considerando cariopses nuas germinadas, aquelas com raiz primária maior ou igual a 2 mm durante 21 dias após a semeadura. A avaliação foi feita por meio da porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962).

3.4.5. Teste de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) durante o armazenamento

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, dispostas em papel mata borrão umedecido com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) (Sigma Aldrich®) na concentração de 0, 100 e 1000 µM, em quantidades equivalentes, em mililitros, a 2,5 vezes o peso seco do papel, acondicionadas em caixas plásticas transparentes (gerbox). A solução de ácido giberélico foi obtida diluindo em KOH 1N e ajustada a pH 7,0 com HCl 1N (SILVA et al., 2007). As amostras foram mantidas em câmara de germinação tipo BOD com temperaturas alternadas 20-35°C e fotoperíodo de oito horas por 21 dias.

Realizou-se contagem de germinação diária, considerando sementes germinadas, aquelas com raiz primária maior ou igual a 2 mm e, aos sete e 21 dias, foram computadas as porcentagens de plântulas normais segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A avaliação foi feita por meio da porcentagem de germinação, plântulas normais e índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962).

3.4.6. Teste de germinação de cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) durante o armazenamento

As cariopses nuas foram obtidas com a retirada de todas as estruturas de cobertura das sementes (glumas, lemas e páleas) através do auxílio de uma lâmina (Figura 1). O teste de germinação de cariopses nuas em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) foi realizado com quatro repetições de 25 cariopses nuas e seguindo a mesma metodologia descrita no item 3.4.5..

3.4.7. Teste de germinação de sementes escarificadas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento

As sementes foram submetidas à escarificação química empregando-se ácido sulfúrico (H₂SO₄) 98% durante 10 minutos (BRASIL, 2009). Após a escarificação, as sementes foram lavadas em água corrente, por 3 minutos, e secas superficialmente em ambiente de laboratório (BRASIL, 2009). O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes escarificadas, dispostas em papel mata borrão umedecido com água destilada em quantidades equivalentes, em mililitros, a 2,5 vezes o peso seco do papel, acondicionadas em caixas plásticas transparentes (gerbox). As amostras foram mantidas em câmara de germinação tipo BOD com temperaturas alternadas 20-35°C e fotoperíodo de oito horas por 21 dias.

Realizou-se contagem de germinação diária, considerando sementes germinadas, aquelas com raiz primária maior ou igual a 2 mm e, aos 7 e 21 dias, foram computadas as porcentagens de plântulas normais segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A avaliação foi feita por meio da porcentagem de germinação, plântulas normais e índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962).

3.5. Análise dos dados

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes inteiras ou 25 cariopses nuas, sendo os resultados representados pela média dessas repetições. Os dados percentuais foram submetidos ao

teste de normalidade de Shapiro Wilk e se constatada ausência de normalidade ($p > 0,05$) os mesmos foram convertidos ao arco seno da $\sqrt{x/100}$.

Dados normais (ou normalizados) foram analisados através da análise de variância e quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, foi realizado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ou análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento

A superação da dormência durante o armazenamento foi avaliada em sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi através das variáveis porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação.

O armazenamento em condições não controladas influenciou de forma positiva no processo germinativo de sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi (Figura 3). A ocorrência da protrusão da radícula foi observada aos três meses de armazenamento, e ao longo do tempo, os resultados de porcentagem de germinação foram crescentes chegando a 18% após 12 meses. O mesmo ocorreu quando o índice de velocidade de germinação (Figura 4) e a porcentagem de plântulas normais (Figura 5) foram avaliados.

Muitos resultados confirmam que o armazenamento foi determinante para a superação da dormência em sementes de *Brachiaria*, como foi constatado por Renard e Capelle (1976) em *B. ruziziensis*, Martins et al. (1998), Vieira et al. (1998) e Câmara e Seraphin (2002) em *B. brizantha* cv. Marandu e Costa et al. (2011) em *B. humidicola*.

A pós-maturação é um método comum usado para superação da dormência em sementes recém-colhidas e consiste em um período de vários meses de armazenamento seco em temperatura ambiente (METZGER, 2003). No entanto, os

mecanismos do processo de pós-maturação associados com o comportamento das sementes ainda é um fenômeno mal compreendido, apesar de várias publicações recentes terem começado a revelar novas informações importantes sobre este processo (CADMAN et al., 2006; CHIBANI et al., 2006; ORACZ et al., 2007; CARRERA et al., 2008).

Trabalhos com sementes de *Arabidopsis thaliana* indicam que a dormência pode ser superada através do processo de pós maturação e depende de um equilíbrio entre biossíntese e catabolismo de GA e ABA intrínsecos, que determina o domínio de um dos hormônios (CADMAN et al., 2006; CARRERA et al., 2008).

Visto que os mecanismos moleculares que regulam a capacidade de dormência ou germinação através da pós-maturação são desconhecidos, Carrera et al. (2008) analisaram o genoma de sementes de *A. thaliana* mutantes deficientes na síntese de ABA para entender a relação entre ABA e o processo de pós-maturação. Mudanças na expressão gênica global das sementes mutantes e selvagens foram encontradas, através de conjuntos de genes que codificam a repressão ou ativação da função do ABA sugerindo, assim, um mecanismo pelo qual a pós-maturação pode modular o potencial de germinação das sementes (CARRERA et al., 2008).

Cadman et al. (2006) verificaram genes diferencialmente expressos em sementes dormentes e não dormentes de *A. thaliana* durante o processo de pós-maturação, onde genes altamente expressos em estado de dormência foram relacionadas a altas concentrações de ABA e baixas concentrações de GA, e, o oposto foi encontrado após o processo de pós-maturação. O controle da dormência em *A. thaliana* resultou do efeito antagônico de ABA e GA na germinação das sementes (CADMAN et al., 2006).

Estudos comparativos realizados por Chibani et al. (2006), revelam que existe um acúmulo diferencial de 32 proteínas em sementes dormentes (recém colhidas) e não dormentes (armazenadas por até 12 meses) de *A. thaliana* e que as proteínas associadas às funções metabólicas potencialmente envolvidas na germinação podem ser acumuladas durante a pós-maturação no estado seco, levando à superação da dormência.

Oracz et al. (2007) enfocaram o papel de espécies reativas de oxigênio (ROS) durante o processo de pós-maturação em sementes recém-colhidas de *Helianthus annuus* L. que são incapazes de germinar em temperaturas abaixo de 15°C e verificaram que a pós-maturação e a superação da dormência implicaram em acúmulo

progressivo de ROS, ou seja, ânions superóxido e peróxido de hidrogênio, em células de eixos embrionários. Os autores afirmaram que esse acúmulo foi investigado no nível celular e ocorreu concomitantemente com a peroxidação lipídica e oxidação de proteínas específicas do embrião.

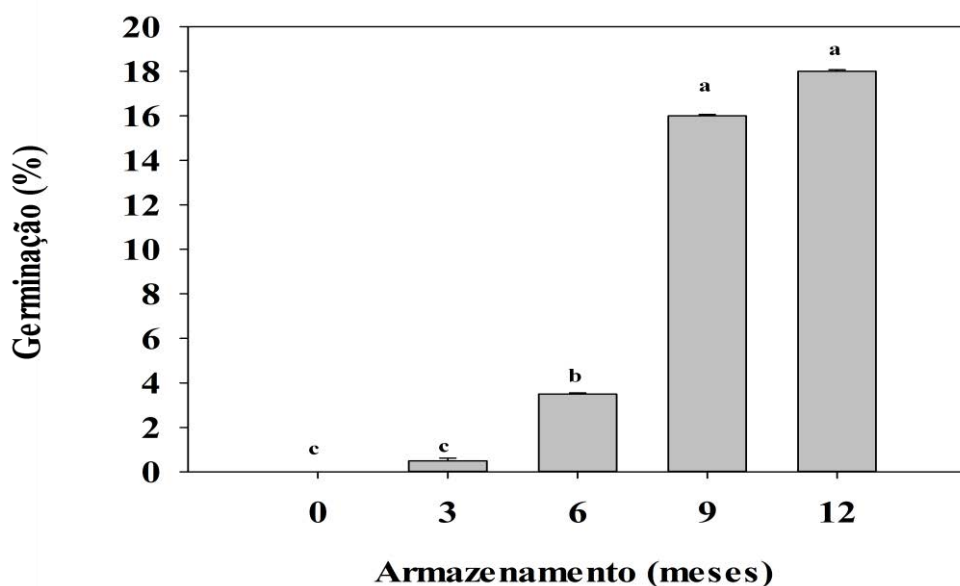


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento de 0, 3, 6, 9 e 12 meses. As barras de erro representam os desvios padrão. *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

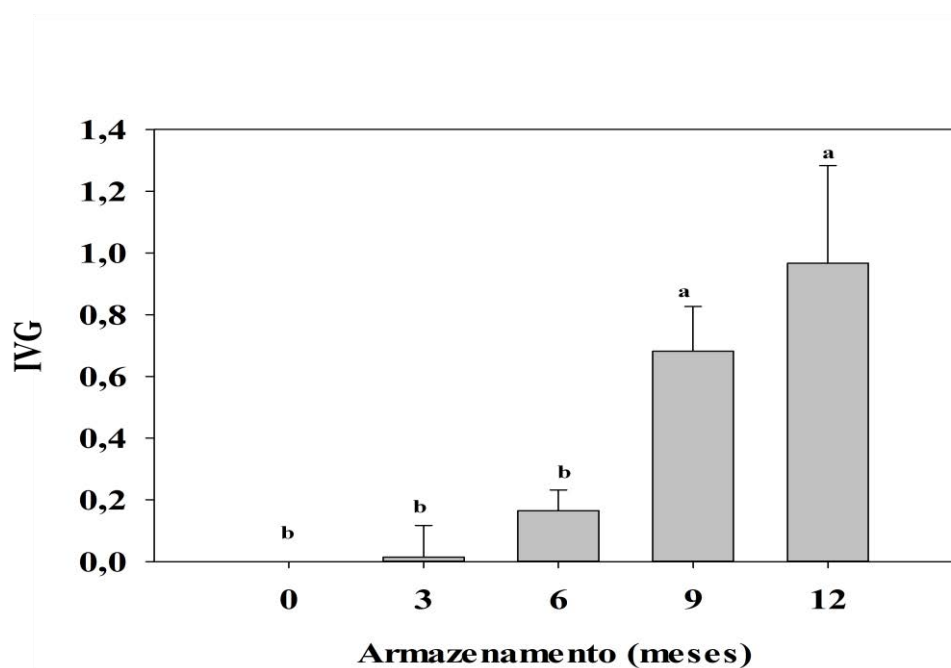


Figura 4. Índice de velocidade germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento de 0, 3, 6, 9 e 12 meses. As barras de erro representam os desvios padrão. *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

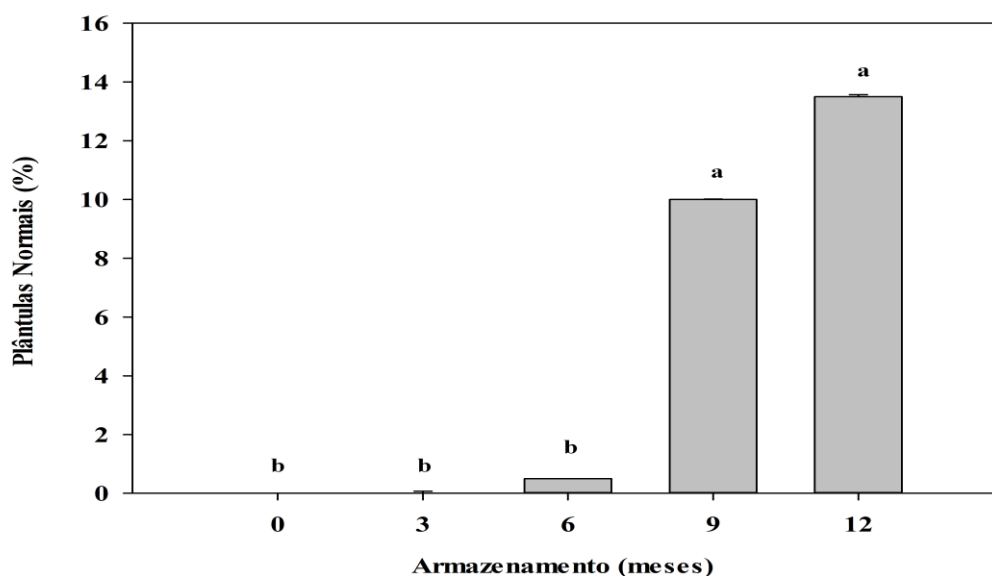


Figura 5. Porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento de 0, 3, 6, 9 e 12 meses. As barras de erro representam os desvios padrão. *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2. Curva de embebição durante o armazenamento

O padrão de embebição e a permeabilidade das sementes à água foram avaliados durante o armazenamento através de curvas de embebição como pode ser observado na Figura 6. Em todos os períodos de armazenamento, verificou-se elevação nos teores de água das sementes até, aproximadamente, a 30^a hora (fase I). Posteriormente, após as 48 horas iniciais, de modo geral, os teores de água se mantiveram constantes até o final das curvas de embebição (fase II), fato que possui relação com a ausência de germinação durante o período de avaliação de 96 horas.

Os valores médios dos teores de água das sementes reduziram 3,2% durante o armazenamento (Figura 7). No final da avaliação (96 horas de embebição), os valores médios dos teores de água foram superiores, resultado este que demonstra embebição de água pelas sementes de até 42,8% como foi verificado aos 9 meses de armazenamento.

A ocorrência de dormência física, termo usado para denotar ausência de germinação como o resultado da impermeabilidade do tegumento à água

(BEWLEY et al., 2012), pode ser excluída em sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi, visto que, os resultados obtidos confirmam que o movimento de entrada da água não é impedido nos períodos em que as sementes foram armazenadas.

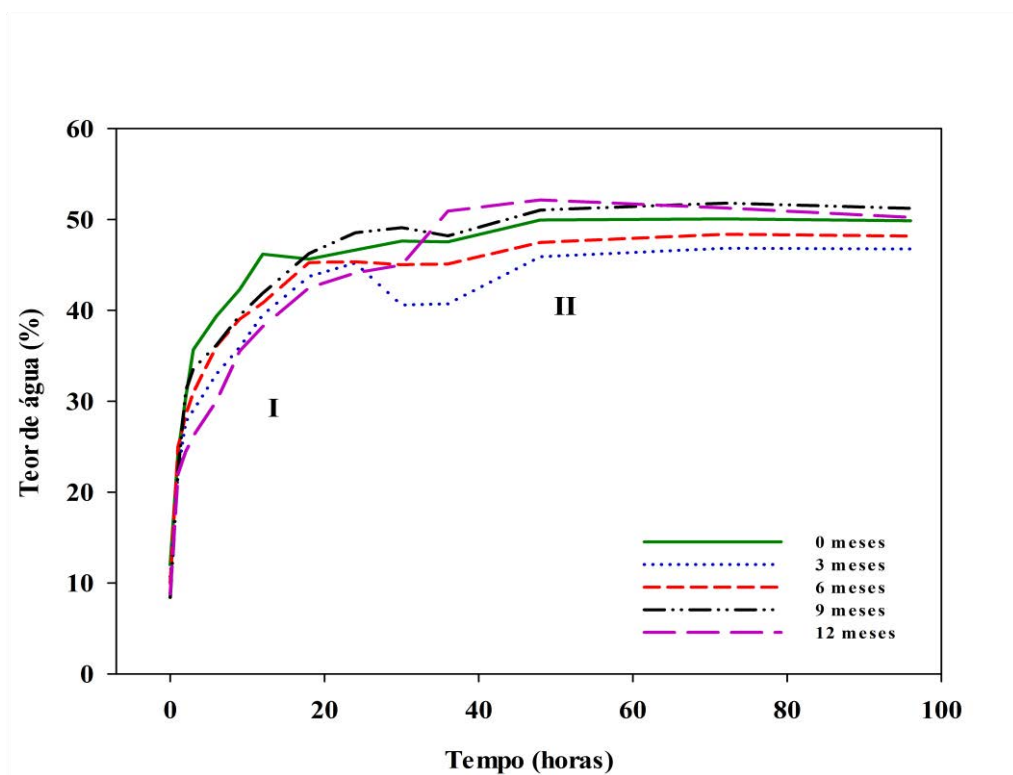


Figura 6. Curva de embebição de sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi sob temperatura de 20-35°C e fotoperíodo de oito horas, durante o armazenamento. (I= fase I de embebição e II= fase II de embebição).

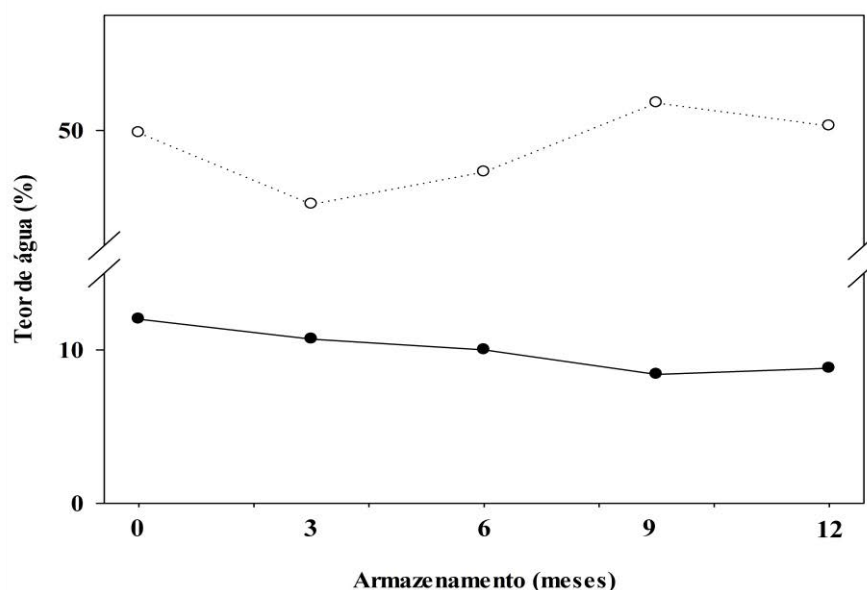


Figura 7. Valores médios dos teores de água de sementes secas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi (●) e ao final das curvas de embebição (○) sob temperatura de 20-35°C e fotoperíodo de oito horas durante 96 horas, durante o armazenamento.

4.3. Teor de água das partes da semente (embrião e endosperma) durante a embebição ao longo do armazenamento

Os teores de água do embrião e endosperma foram avaliados durante a embebição por até 48 horas ao longo do armazenamento. Os resultados demonstram que, assim como em sementes inteiras (Figura 7), os teores de água das partes da semente antes da embebição, reduziram durante o armazenamento (Figura 8 e 9), passando de 8,3% para 7,2% no embrião e de 9,1% para 7,5% no endosperma após 12 meses de armazenamento. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012) por serem altamente higroscópicas, as sementes estão constantemente, num processo dinâmico de troca com o ar circundante, ganhando ou perdendo água.

Ao avaliar o desempenho das sementes durante a embebição por 24 e 48 horas (Figura 8 e 9) verifica-se que os teores de água das partes da semente aumentaram progressivamente durante o armazenamento, tanto no embrião quanto endosperma. Diferenças significativas foram verificadas na embebição por 48 horas

chegando a um aumento de 14,1% no embrião e 15,5% no endosperma após 12 meses de armazenamento.

Sabe-se que diferentes partes de uma semente podem passar pelas fases do processo de embebição com velocidades diferentes (BEWLEY et al., 2012) e esse fato pode haver relação com a expressão da dormência nas sementes. A embebição nas diferentes partes das sementes avaliadas aumentou de forma semelhante durante o armazenamento nos diferentes períodos de embebição (Figura 8 e 9).

O aumento nos teores de água das partes da semente durante a embebição ao longo do armazenamento pode ter relação com o aumento da porcentagem de germinação e, conseqüente, superação da dormência em sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi (Figura 3), visto que a absorção de água pelas sementes está associada com o aumento na expansão celular e alongamento do eixo embrionário (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Um aumento na captação de água (fase III) ocorre apenas quando a germinação é concluída, já que alonga o eixo embrionário e rompe as estruturas de cobertura (MANZ et al., 2005).

Sementes de várias espécies apresentam diminuição no conteúdo de ABA durante o processo de pós-maturação (BEWLEY et al., 2012), este fato possui grande influência no comportamento de embebição de água pelas sementes, e conseqüente, expansão celular e alongamento do eixo embrionário. Isso foi verificado em sementes de *Nicotiana plumbaginifolia*, que após 10 meses de armazenamento apresentaram redução de 40% no teor de ABA das sementes e redução no tempo de atraso de germinação com embebição subsequente (GRAPPIN et al., 2000) e em sementes de *Nicotiana tabacum* recém-colhidas e armazenadas por 12 meses onde o ABA inibiu a ocorrência da germinação e, dessa forma, influenciou na absorção de água pelas sementes (MANZ et al., 2005). Em sementes de *Brassica napus* L. o crescimento do embrião foi impedido através da aplicação de ABA, de forma que a absorção de água, oxigênio e a acumulação de ATP foram alterados (SCHOPFER; PLACHY, 1984).

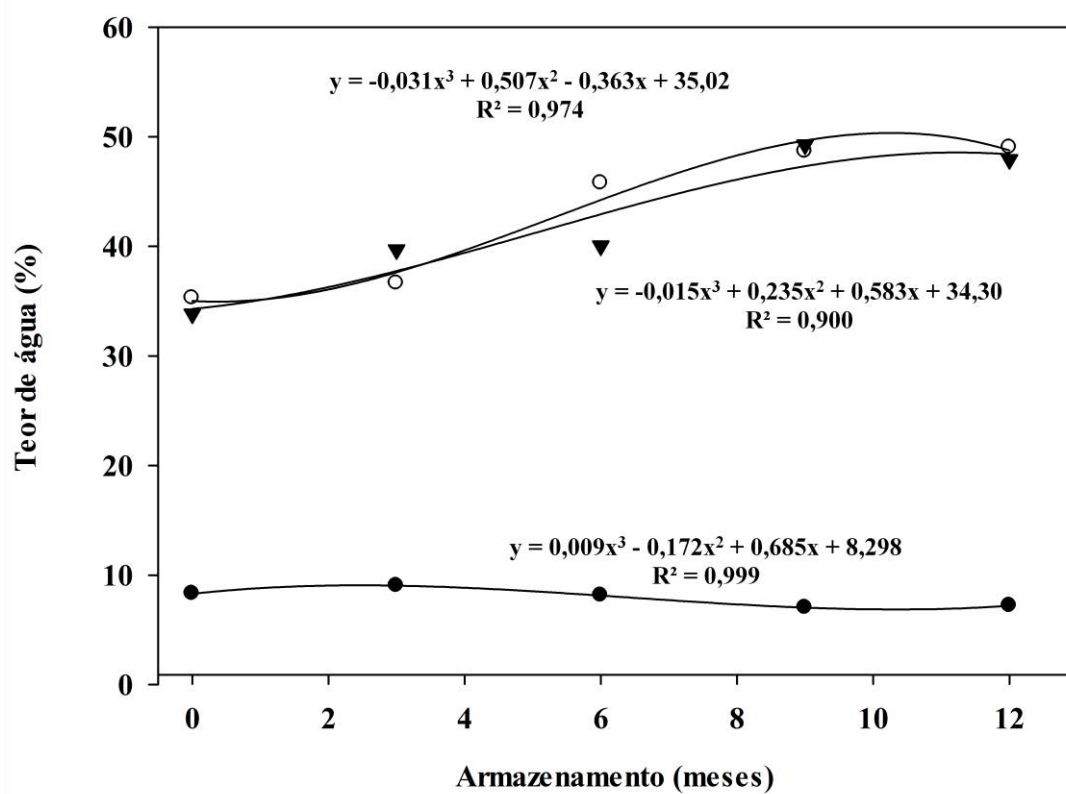


Figura 8. Valores médios dos teores de água do embrião de sementes secas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi (●) e após 24 (○) e 48 horas de embebição (▼) sob temperatura de 20-35°C e fotoperíodo de oito horas, durante o armazenamento.

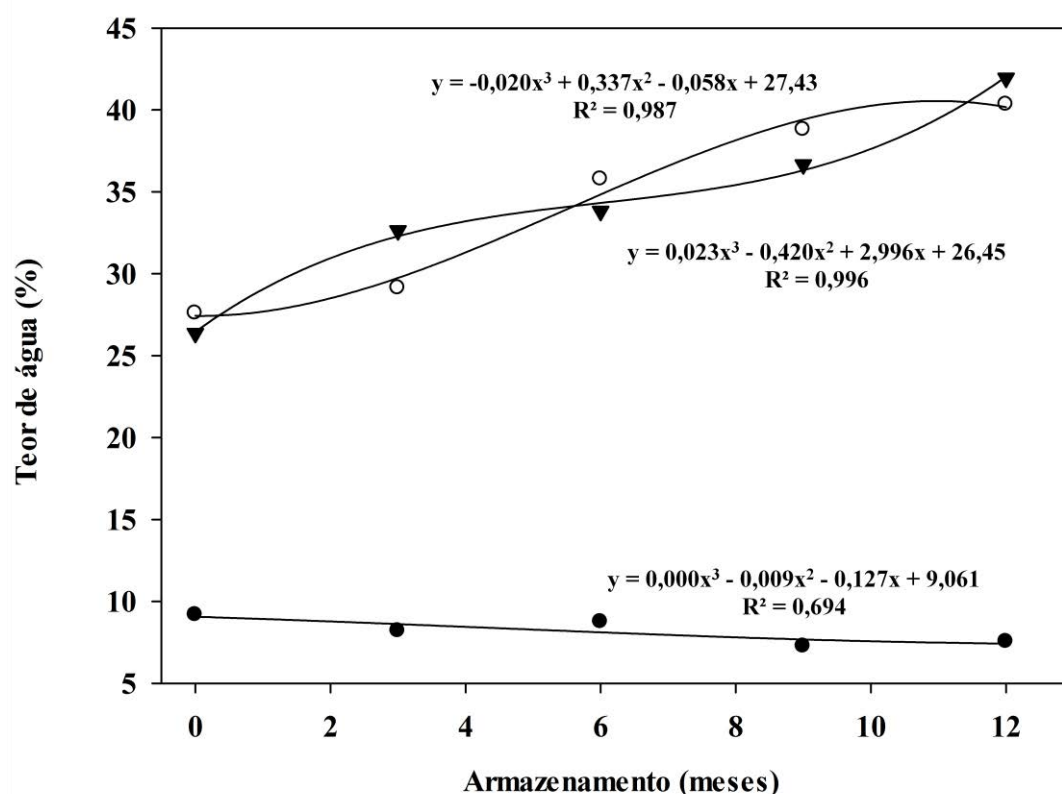


Figura 9. Valores médios dos teores de água do endosperma de sementes secas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi (●) e após 24 (○) e 48 horas de embebição (▼) sob temperatura de 20-35°C e fotoperíodo de oito horas, durante o armazenamento.

4.4. Potencial de crescimento do embrião de cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi recém-colhidas e armazenadas durante 12 meses submetidas à restrição hídrica

As cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi foram submetidas à restrição hídrica através de embebição em diferentes potenciais osmóticos de PEG 6000 com o objetivo de avaliar o potencial de crescimento do embrião durante o armazenamento e a relação com a dormência presente em sementes recém-colhidas.

Cariopses nuas recém-colhidas e armazenadas durante 12 meses foram embebidas em diferentes potenciais osmóticos de PEG 6000 (0,0, -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa) e o resumo da análise de variância (Tabela 2) mostra que houve interação significativa entre o armazenamento e as diferentes concentrações de PEG empregadas

para as variáveis comprimento da radícula, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para o comprimento da radícula, germinação e índice de velocidade de germinação de cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi recém-colhidas e armazenadas durante 12 meses submetidas à germinação em PEG 6000 (0,0, -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 Mpa).

Fonte de Variação	Comprimento da radícula (mm)	Germinação (%)	IVG
Armazenamento (A)	34,261**	0,669**	23,834**
Potencial (P)	32,940**	0,107*	4,134**
A x P	17,351**	0,090*	2,643**
CV (%)	58,68	14,96	40,87

ns, **, * não significativo, 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quando as coberturas da semente foram retiradas após 12 meses de armazenamento, as cariopses nuas apresentaram maior comprimento da radícula quando foram submetidas à embebição nos potenciais de 0,0 e -0,2 MPa, sendo que a maior diferença observada foi no potencial -0,2 MPa, onde a radícula aumentou 5,37 vezes o seu comprimento após o referido período de armazenamento. A redução do potencial osmótico da solução não influenciou no comprimento da radícula das cariopses nuas recém-colhidas. No entanto, após o armazenamento, os potenciais -0,4, -0,6 e -0,8 MPa apresentaram redução nessa variável (Tabela 3).

O potencial de crescimento do embrião das cariopses nuas em situação de estresse aumentou durante o armazenamento das sementes. A diferença no desempenho germinativo das cariopses nuas durante o armazenamento inicia-se a partir do momento em que o potencial osmótico do meio diminui, caracterizando uma situação de restrição hídrica. A porcentagem de germinação das cariopses nuas recém-colhidas foi inferior em todos os potenciais hídricos avaliados, com exceção do potencial 0,0 MPa (Tabela 3). A redução do potencial osmótico alterou o padrão de germinação apenas das cariopses nuas recém-colhidas, sendo que, o menor potencial (-0,8 MPa) ofereceu a menor porcentagem de germinação.

Analisando os resultados apresentados anteriormente (Item 4.1.) verificou-se que as sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi superaram a dormência fisiológica durante o processo de pós-maturação (armazenamento) e, que, este fato pode

ter relação com a maior concentração ou sensibilidade ao GA nas sementes. O aumento do potencial de crescimento do embrião em condições de restrição hídrica das cariopses nuas submetidas ao armazenamento também pode ter sido influenciado pela presença de GA endógeno. Segundo Bewley et al. (2012) o potencial de crescimento do embrião é maior pela presença de GA nas sementes e este é necessário também para superar a restrição mecânica conferida pelas camadas de revestimento de semente.

Silva et al. (2007) trabalharam com sementes de *Annona crassiflora* e concluíram que o GA exógeno pode superar a dormência fisiológica e que este fato coincidiu com o aumento comprimento do embrião dentro das sementes antes da protrusão radicular.

Segundo Debeaujon e Koornneef (2000), a germinação e o potencial de crescimento do embrião estão relacionados com a presença de GA endógeno e ausência de ABA embrionário em sementes de *A. thaliana*. Em sementes de café, também foi verificado a ação do ABA no controle da germinação e inibição do potencial de desenvolvimento do embrião, e posteriormente, inibição do enfraquecimento do endosperma (SILVA et al., 2004).

O IVG diferiu durante o armazenamento para cariopses nuas submetidas aos potenciais osmóticos de 0,0, -0,2 e -0,4 MPa, sendo que, as recém-colhidas apresentaram menor desempenho. Esse resultado mostra que o armazenamento promoveu efeitos positivos no vigor das cariopses nuas em situação de restrição hídrica. A redução do potencial osmótico não influenciou no IVG das cariopses nuas recém-colhidas, mas reduziu o índice após o armazenamento nos potenciais -0,6 e -0,8 MPa (Tabela 3).

Os resultados analisados indicam que, durante o armazenamento, o embrião apresenta aumento no potencial de crescimento, suficiente para superar a condição de restrição hídrica imposta e, assim, permite a ocorrência da protrusão radicular, desenvolvimento da raiz primária e maior velocidade de germinação.

Tabela 3. Resultados de comprimento da radícula, germinação e índice de velocidade de germinação de cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi recém-colhidas e armazenadas durante 12 meses submetidas à germinação em PEG 6000 (0,0, -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa).

Potencial (MPa)	Armazenamento (meses)								
	Comprimento da radícula (mm)			Germinação (%)			IVG		
	0	12	Média	0	12	Média	0	12	Média
0	3,94 Ab	7,47 ABa	5,70	46,66 Aa	35,55 Aa	41,11	1,01 Ab	2,52 ABa	1,77
-0,2	1,72 Ab	9,24 Aa	5,48	26,66 ABb	62,22 Aa	44,44	0,50 Ab	3,88 Aa	2,19
-0,4	2,90 Aa	2,95 BCa	2,92	26,66 ABb	73,33 Aa	50,00	0,53 Ab	3,43 Aa	1,98
-0,6	2,46 Aa	2,88 Ca	2,67	28,89 ABb	57,77 Aa	43,33	0,45 Aa	1,33 BCa	0,89
-0,8	2,00 Aa	2,00 Ca	0,00	8,89 Bb	35,55 Aa	22,22	0,10 Aa	0,34 Ca	0,22
Média	2,29	4,42		27,55	52,88		0,52	2,30	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.5. Teste de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) durante o armazenamento

Para as variáveis germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação houve efeito altamente significativo, a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, para o armazenamento (A), sendo que para o ácido giberélico (GA) o mesmo foi verificado apenas para o índice de velocidade de germinação. A interação armazenamento e GA apresentou efeito significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para a germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de sementes inteiras em diferentes concentrações de ácido giberélico durante o armazenamento.

Fonte de Variação	Germinação (%)	IVG	Plântulas normais (%)
Armazenamento (A)	0,330**	0,223**	0,267**
GA (G)	0,008 ^{ns}	1,123**	0,009 ^{ns}
A x G	0,014**	0,177**	0,035**
CV (%)	9,71	53,11	11,24

ns, **, * não significativo, 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Umas das características da superação da dormência durante o processo de pós-maturação é a diminuição na concentração e sensibilidade ao ABA e o aumento na concentração e sensibilidade ao GA (FINCH-SAVAGE; METZGER, 2006). As giberelinas atuam na ativação do crescimento vegetativo do embrião, no enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe seu crescimento, assim como na mobilização das reservas energéticas do endosperma (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os mecanismos de ação do GA na germinação de sementes têm sido muito estudados em cevada e outros cereais (JACOBSEN; GLUBER; CHANDLER, 1995). O GA estimula a produção de α -amilase e outras hidrolases que degradam o amido e outras substâncias menores presentes no endosperma, sendo que, os solutos resultantes dessa degradação são transportados para o embrião em crescimento.

A utilização de GA exógeno em sementes de *Brachiaria* tem demonstrado resultados positivos como foi verificado por Vieira et al. (1998) e Câmara e Stacciarini-Seraphin (2002).

No presente trabalho, a utilização de diferentes concentrações de GA exógeno foi eficaz na superação da dormência em sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi aos 6 meses de armazenamento (Tabela 5), onde a concentração de 1000 μM ofereceu aumento significativo na germinação de 8,5% quando comparada com a embebição em água (0 μM) e a concentração de 100 μM não diferiu estatisticamente das demais. Padrão semelhante foi verificado quando a porcentagem de plântulas normais foi avaliada, esta também foi favorecida aos 6 meses de armazenamento quando as sementes foram embebidas nas concentrações de 100 μM e 1000 μM , sendo que, a embebição em água não ofereceu incremento algum nesta variável.

A porcentagem de germinação e de plântulas normais nas diferentes concentrações de GA foi crescente com o decorrer do período de armazenamento (Tabela 5). Em embebição nas concentrações de 100 μM e 1000 μM o aumento significativo na porcentagem de germinação e de plântulas normais foi verificado aos 6 meses de armazenamento.

Um declínio no conteúdo ABA, diminuição da sensibilidade ao ABA e aumento da sensibilidade ao GA estão associados com a superação da dormência durante o processo de pós-maturação em muitas espécies (GRAPPIN et al., 2000; DEBEAUJON; KOORNNEEF, 2000). Debeaujon e Koornneef (2000) concluíram que a dormência e germinação são o resultado de um equilíbrio entre muitos fatores promotores e inibidores, incluindo GA e ABA, que possuem o embrião e as coberturas como alvos. Além disso, a necessidade de GA para a germinação de sementes de *A. thaliana* é determinada por características da cobertura e do potencial de crescimento embrionário (DEBEAUJON; KOORNNEEF, 2000).

Ali-Rachedi et al. (2004) avaliaram diversos tratamentos na superação da dormência em sementes de *A. thaliana* e verificaram o que o armazenamento após 12 meses foi o tratamento mais eficaz na redução da produção de ABA em sementes embebidas quando comparado com o emprego de fluridona, GA, nitrato e estratificação. O tratamento das sementes dormentes com GA causou aumento transitório da concentração de ABA, sugerindo que, em sementes dormentes um mecanismo de resposta mantém um elevado nível de ABA na proporção ABA/GA,

assim, o resultado final do estado de dormência é caracterizado pelo aumento da biossíntese de ABA e degradação de GA (ALI-RACHEDI et al., 2004).

Em sementes dormentes de *Panicum virgatum* L. cv. Cave-in-Rock o emprego de 1 e 2 mM de GA₃ não ofereceu efeito sobre a germinação final das sementes em temperaturas constantes e alternadas (30°C e 15-30°C), no entanto para outras cultivares como Trailblazer, Kanlow e Alamo o tratamento empregado aumentou a germinação em temperaturas constantes de 30°C (DUCLOS; ALTOBELLO; TAYLOR, 2014).

Ao analisar os resultados para o índice de velocidade de germinação (Tabela 5), verifica-se que a embebição em GA ofereceu influência positiva em todos os períodos de armazenamento, com exceção das sementes recém-colhidas. Quando as sementes foram armazenadas por 3 e 6 meses a embebição na concentração de 1000 µM favoreceu a velocidade de germinação das sementes, e, posteriormente (9 e 12 meses) ambas as concentrações (100 µM e 1000 µM) foram superiores quando comparadas a embebição em água. Verifica-se que a utilização de diferentes concentrações de GA exógeno influenciou de forma positiva na velocidade de germinação das sementes armazenadas.

O IVG na concentração de 1000 µM foi maior aos 6 meses de armazenamento, fato este que tem relação com o aumento da porcentagem de germinação e plântulas normais verificados com uso desta concentração nesse período de avaliação. Grappin et al. (2000) demonstraram que sementes recém-colhidas de *N. plumbaginifolia* possuem maior conteúdo e sensibilidade a ABA e o tratamento com giberelinas impediu a biossíntese de ABA e acelerou a velocidade de germinação das sementes tratadas.

Tabela 5. Resultados da germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de sementes inteiras de *B. humidicola* cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) (0 µM, 100 µM e 1000 µM) durante o armazenamento.

Armazenamento (meses)	Germinação (%)				IVG				Plântulas normais (%)			
	GA ₄ (µM)				GA ₄ (µM)				GA ₄ (µM)			
	0	100	1000	Médias	0	100	1000	Médias	0	100	1000	Médias
0	0,0 Ca	0,0 Ba	0,0 Ca	0,0	0,0 Aa	0,08 Ba	0,20 Ca	0,09	0,0 Ba	0,0 Ba	0,0 Ba	0,0
3	0,5 Ca	2,0 Ba	3,0 Ba	1,83	0,0 Ab	0,16 Bab	0,30 BCa	0,15	0,5 Ba	0,0 Ba	1,0 Ba	0,50
6	3,5 Bb	9,0 Aab	12,0 Aa	8,83	0,0 Ab	0,17 Bb	0,96 Aa	0,38	0,0 Bb	8,0 Aa	11,0 Aa	6,33
9	13,5 Aa	9,0 Aa	12,0 Aa	11,50	0,0 Ab	0,28 Ba	0,47 Ba	0,25	13,5 Aa	8,0 Aa	10,0 Aa	10,50
12	18,0 Aa	14,0 Aa	14,0 Aa	14,66	0,04 Ab	0,69 Aa	0,48 Ba	0,40	10,0 Aa	12,0 Aa	7,0 Aa	9,66
Média	6,8	7,1	8,2		0,01	0,28	0,48		4,8	5,6	5,8	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.5. Teste de germinação de cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) durante o armazenamento

Na Tabela 6 estão dispostos os resultados da análise de variância (Teste F) dos dados concernentes a germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais de cariopses nuas, em função da embebição em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA) durante o armazenamento (A).

Tabela 6. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para a germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de cariopses nuas em diferentes concentrações de ácido giberélico durante o armazenamento.

Fonte de Variação	Germinação (%)	IVG	Plântulas Normais (%)
Armazenamento (A)	0,173**	368,911**	0,092**
GA (G)	0,061*	30,488**	0,081*
A x G	0,045**	6,947 ^{ns}	0,042*
CV (%)	9,07	22,60	12,94

ns, **, * não significativo, 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Foi detectada interação significativa entre armazenamento e GA para a variável germinação, a nível de 1% de probabilidade, e de porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de cariopses nuas, a nível de 5% de probabilidade. Ausência de efeitos da interação foi verificada para a variável índice de velocidade de germinação.

Avaliando os resultados da Tabela 7 verifica-se que a porcentagem de germinação e de plântulas normais das cariopses nuas recém-colhidas apresentou aumento significativo quando embebidas em concentração de 100 µM. Após 6 meses de armazenamento, quando as cariopses foram retiradas do interior da semente, a concentração de 1000 µM ofereceu o maior resultado para estas variáveis.

Durante o armazenamento verifica-se que a porcentagem de germinação aumentou em todas as concentrações de GA utilizadas. No entanto, a porcentagem de plântulas normais não apresentou diferenças significativas durante o armazenamento, com exceção da embebição em água que foi maior aos 9 e 12 meses de armazenamento.

Câmara e Stacciarini-Seraphin (2002), avaliaram a aplicação de GA₃ em sementes inteiras e cariopses de nuas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu aos 4 e 16 meses de armazenamento e concluíram que a concentração efetiva de GA₃ para a promoção da germinação torna-se menor à medida que aumenta o período de armazenamento das sementes, o que sugere um aumento da sensibilidade da semente ao hormônio.

Trabalhos realizados com sementes inteiras e cariopses nuas de diferentes cultivares dormentes de *Panicum virgatum* L. mostram que a cultivar Alamo ofereceu aumento de 16 pontos percentuais quando foi embebida em GA₃, no entanto, a resposta a sensibilidade do embrião foi mais significativa quando as mesmas foram embebidas em ABA com decréscimo de 39 pontos percentuais na germinação (DUCLOS; ALTOBELLO; TAYLOR, 2014).

Ao comparar sementes inteiras e cariopses nuas embebidas em água e em concentração de 100 µM (Figura 10), verifica-se que quando as coberturas da semente foram retiradas a porcentagem de germinação aumentou consideravelmente em todos os períodos de armazenamento. Em embebição em água a porcentagem de germinação passou de zero para 27% e de zero para 60% em concentração de 100 µM com a retirada das coberturas de sementes recém-colhidas. Esses resultados indicam que a ausência de germinação pode ter relação com impedimentos mecânicos causados pelas estruturas de coberturas (glumas, lemas e páleas) como é verificado em espécies selvagens de *Sorghum halepense*, onde as glumas bloqueiam a emissão da raiz primária e a germinação ocorre apenas quando estas são retiradas (MARBACH; MAYER, 1979).

Aliado a isso, ocorre aumento do potencial de crescimento do embrião das cariopses durante o armazenamento, como foi verificado anteriormente (Item 4.4.), e, dessa forma, o embrião adquire força necessária para superar a barreira acima imposta. Segundo Kucera (2005) o GA pode agir durante a germinação aumentando o potencial de crescimento do embrião ou superando a contenção mecânica conferida pelas camadas de revestimento das sementes. Esse aumento na sensibilidade à giberelina pode estar associado aos níveis endógenos de inibidores do crescimento, cujos teores provavelmente sejam reduzidos gradualmente com a idade (BEWLEY; BLACK 1994).

Dormência e germinação são traços complexos controlados por um grande número de genes, os quais são afetados por fatores ambientais e de desenvolvimento (KOORNNEEF; BENTSINK; HILHORST, 2002). A dormência e a

germinação dependem de estruturas da semente, especialmente daquelas em torno do embrião, e de fatores que afetam o potencial de crescimento do embrião (KOORNNEEF; BENTSINK; HILHORST, 2002).

Tabela 7. Resultados da germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de cariopses nuas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₄) (0 µM, 100 µM e 1000 µM) durante o armazenamento.

Armazenamento (meses)	Germinação (%)				IVG				Plântulas Normais (%)			
	GA ₄ (µM)				GA ₄ (µM)				GA ₄ (µM)			
	0	100	1000	Médias	0	100	1000	Médias	0	100	1000	Médias
0	27,0 Bb	60,0 ABa	41,0 Bab	42,66	0,76	5,61	3,69	3,35 D	12,0 Bb	34,0 Aa	21,0 Aab	22,33
3	42,0 Ba	47,0 Ba	60,0 ABa	49,66	2,13	5,20	7,01	4,78 D	17,0 ABa	28,0 Aa	32,0 Aa	25,66
6	43,0 Bb	49,0 ABab	68,0 Aa	53,33	6,61	7,29	9,28	7,73 C	10,0 Bb	24,0 Aab	32,0 Aa	22,00
9	72,0 Aa	70,0 Aa	73,0 Aa	71,66	16,36	16,87	17,75	16,99 A	39,0 Aa	37,0 Aa	26,0 Aa	34,00
12	68,0 Aa	59,0 ABa	61,0 ABa	62,66	11,75	12,16	11,45	11,79 B	39,0 Aa	40,0 Aa	33,0 Aa	37,33
Média	50,4	57,0	60,6		7,52 b	9,43 a	9,83 a		23,4	32,6	28,8	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

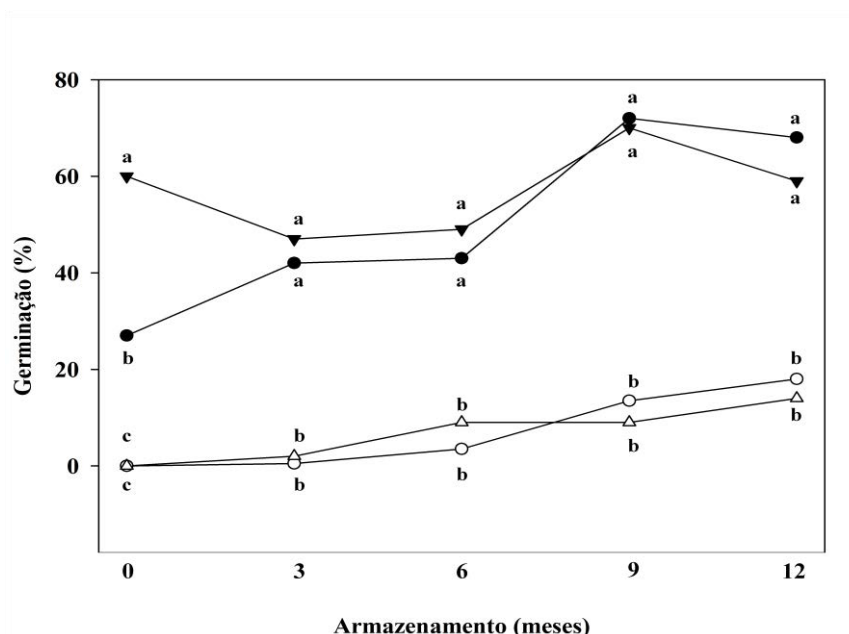


Figura 10. Porcentagem de germinação de sementes inteiras (○) e cariopses nuas (●) de *B. humidicola* cv. BRS Tupi embebidas em água e sementes inteiras (△) e cariopses nuas (▼) embebidas em concentração de GA₄ (100 μM) durante o armazenamento de 0, 3, 6, 9 e 12 meses. *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, dentro de cada período de armazenamento, a 5% de probabilidade.

4.7. Teste de germinação de sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi escarificadas durante o armazenamento

Segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) a escarificação química com ácido sulfúrico é um método de superação de dormência indicado para sementes de *Brachiaria*. No entanto, resultados contraditórios têm sido encontrados com relação ao desempenho de sementes de *B. humidicola* submetidas ao tratamento com ácido sulfúrico. Para alguns autores (ATALLA; TOSELLO, 1979; RODRIGUES et al. 1986; MACEDO et al. 1994; USBERTI; MARTINS, 2007) a escarificação ácida não é recomendada para sementes armazenadas pois prejudica a qualidade fisiológica das mesmas. No entanto, Oliveira e Mastrocola (1983) concluíram que a escarificação ácida em sementes recém-colhidas auxilia na redução da intensidade da dormência causada pelo envoltório.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e os dados relativos à germinação, índice de velocidade de

germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi escarificadas durante o armazenamento. A escarificação apresenta ausência de efeitos dos fatores isolados estudados e em interação com o armazenamento apresenta ausência de efeitos para a porcentagem de germinação.

Tabela 8. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para a germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais do teste de germinação de sementes escarificadas de *B. humidicola* cv. BRS Tupi durante o armazenamento.

Fonte de Variação	Germinação (%)	IVG	Plântulas normais (%)
Armazenamento (A)	0,309**	1,891**	0,214*
Escarificação (E)	0,009 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
A x E	0,010 ^{ns}	0,162**	0,030*
CV (%)	10,59	56,09	11,94
Média	0,696	0,357	0,641

ns, **, * não significativo, 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F.

A porcentagem de germinação (Tabela 9) não foi influenciada pelos fatores em interação estudados. Os valores médios verificados foram de 6,5% para sementes escarificadas e 7,6% para não escarificadas. Durante o armazenamento de 0, 3, 6, 9 e 12 meses os valores médios da porcentagem de germinação entre sementes escarificadas e não escarificadas foi de 0%, 0,5%, 3,25%, 11,5% e 20%, respectivamente.

Houve interação significativa entre a escarificação e o armazenamento para o IVG. Verifica-se que a escarificação foi positiva aos 12 meses de armazenamento aumentando o índice de 0,96 para 1,35 e, o oposto ocorreu aos 9 meses de armazenamento, quando a escarificação reduziu o índice de 0,68 para 0,26.

A escarificação favoreceu a porcentagem de plântulas normais aos 6 meses de armazenamento e prejudicou aos 9 meses. Durante o armazenamento a porcentagem de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação aumentaram tanto para escarificadas quanto não escarificadas, no entanto, a escarificação ofereceu os maiores valores apenas aos 12 meses e as não escarificadas aos 9 meses.

Costa et al. (2011) também concluíram que o armazenamento das sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick por 21 meses foi mais efetivo para a superação da dormência das sementes do que escarificação ácida,

aplicação de nitrato e potássio, ácido giberélico ou peróxido de hidrogênio. Da mesma forma, Usbert e Martins (2007) também concluíram que a escarificação ácida por 10 minutos em sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick ofereceu efeitos prejudiciais na germinação das sementes avaliadas.

Os efeitos da escarificação química com ácido sulfúrico não foram evidentes como os efeitos do armazenamento na superação da dormência de *B. humidicola* cv. BRS Tupi.

Tabela 9. Resultados do teste de germinação, índice de velocidade de germinação e plântulas normais do teste de germinação de sementes de *B. humidicola* cv. BRS Tupi submetidas à escarificação química durante o armazenamento.

Armazenamento (meses)	Germinação (%)			IVG			Plântulas normais (%)		
	Esc.	N. Esc.	Média	Esc.	N. Esc.	Média	Esc.	N. Esc.	Média
0	0,00	0,00	0,00 D	0,00 Ba	0,00 Ba	0,00	0,00 Ca	0,00 Ba	0,00 B
3	0,50	0,50	0,50 D	0,01 Ba	0,01 Ba	0,01	0,00 Ca	0,50 Ba	0,25
6	3,00	3,50	3,25 C	0,11 Ba	0,16 Ba	0,14	2,50 BCa	0,00 Bb	1,25
9	7,00	16,00	11,50 B	0,26 Bb	0,68 Aa	0,47	4,00 Bb	13,50 Aa	8,75
12	22,00	18,00	20,00 A	1,35 Aa	0,96 Ab	1,15	16,00 Aa	10,00 Aa	13,00
Média	6,50 a	7,60 a		0,34	0,36		4,50	4,80	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

O armazenamento favorece o aumento do teor de água das partes da semente (embrião e endosperma) durante a embebição.

A superação da dormência ocorre com a retirada das estruturas de cobertura da semente indicando possíveis impedimentos mecânicos que são superados durante o armazenamento devido ao aumento no potencial de crescimento do embrião, provavelmente relacionado à ação de GA endógeno nas sementes.

A escarificação química não foi eficiente na superação da dormência durante o armazenamento.

6. REFERÊNCIAS

ALI-RACHEDI, S.; BOUINOT, D.; WAGNER, M. H.; BONNET, M.; SOTTA, B.; GRAPPIN, P.; JULLIEN, M. Changes in endogenous abscisic acid levels during dormancy release and maintenance of mature seeds: studies with the Cape Verde Islands ecotype, the dormant model of *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, Berlin, v. 219, p. 479-488, 2004.

ATALLA, L. M. P.; TOSELLO, J. Observações sobre dormência em duas espécies de *Brachiaria*: *B. decumbens* e *B. humidicola*, em condições de laboratório. **Científica**, São Paulo, SP, v. 7, n. 3, p. 353-355, 1979.

BARBOSA, R. A. **BRS Tupi: *Brachiaria humidicola***. Brasília: UNIPASTO - Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 1 folder. Disponível em: <http://www.unipasto.com.br/noticia_individual.php?id=36>. Acesso em: 26 set. 2012.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds - Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998. 668 p.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C.C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 1-16, 2004.

BEWLEY J. D., BRADFORD K. J., HILHORST H. W. M., NONOGAKI H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3rd Edition, Berlin: Springer, 2012. 395p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2ed, London: Plenum Press, 1994. 455p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Development, germination and growth**. v.1, Berlim: Springer Verlag, 1978. 306p.

BONONE, L. T. S.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; ANDRADE, V. C.; CABRAL, P. S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 422-428, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Embrapa lança sua primeira cultivar de *Brachiaria humidicola*: BRS Tupi surge como mais uma opção para áreas úmidas de baixa e média fertilidades**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2012/07/embrapa-lanca-sua-primeira-cultivar-de-brachiaria-humidicola>>. Acesso em: 26 set. 2012.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395p.

CADMAN, C. S. C., TOOROP, P. E., HILHORST, H. W. M., FINCH-SAVAGE, W. E. Gene expression profiles of *Arabidopsis* Cvi seeds during dormancy cycling indicate a common underlying dormancy control mechanism. **Plant Journal**, Oxford, v. 46, p. 805-822, 2006.

CÂMARA, H. H. L. L.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes períodos de armazenamento e

tratamento hormonal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 21-28, 2002.

CARDOSO, V. J. M. Dormência: estabelecimento do processo. In: A. G. FERREIRA; F. BORGHETTI. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: ARTMED, 2004. p. 95-108.

CARRERA, E.; HOLMAN, T.; MEDHURST, A.; DIETRICH, D.; FOOTITT, S.; THEODOULOU, F. L.; HOLDSWORTH, M. J. Seed after-ripening is a discrete developmental pathway associated with specific gene networks in Arabidopsis. **Plant Journal**, Oxford, v. 53, p. 214-224, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas UNESP**, Botucatu, n. 1, 1983. 95p.

CHIBANI, K.; ALI-RACHEDI, S.; JOB, C.; JOB, D.; JULLIEN, M.; GRAPPIN, P. Proteomic analysis of seed dormancy in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.142, p. 1493-1510. 2006.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principle of seed science and technology**. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.

COSTA, C. J.; ARAÚJO, R. B.; VILLAS BÔAS H. D. C. Tratamentos para a superação de dormência em sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 519-524, 2011.

DEBEAUJON, I.; KOORNNEEF, M. Gibberellin requirement for Arabidopsis seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 122, 415-424, 2000.

DONOHUE, K. Seeds and seasons: interpreting germination timing in the field. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 15, p. 175-187, 2005.

DUCLOS, D. V.; ALTOBELLO, C. O.; TAYLOR, A. G. Investigating seed dormancy in switchgrass (*Panicum virgatum* L.): Elucidating the effect of temperature regimes and plant hormones on embryo dormancy. **Industrial Crops and Products**, Wageningen, v.58, p 148-159, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 151-168, 2010. (Special supplement).

FERNANDES, C. D.; MARCHI, C. E.; JERBA, V. F.; BORGES, M. de F. Patógenos associados às sementes de forrageiras tropicais e estratégias de controle. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes, qualidade fitossanitária**. Viçosa: UFV, 2005. p. 183-213.

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

FINCH-SAVAGE, W. E., METZGER, G. L. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist** Cambridge, v. 171, p. 501-523, 2006.

FINCH-SAVAGE, W. E.; CADMAN, C. S. C.; TOOROP, P. E.; LYNN, J. R.; HILHORST, H. W. M. Seed dormancy release in *Arabidopsis Cvi* by dry after-ripening, low temperature, nitrate and light shows common quantitative patterns of gene expression directed by environmentally specific sensing. **Plant Journal**, Oxford, v. 51, p. 60-78, 2007.

FRANÇA-NETO, J.B. Evolução do conceito de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 76-80, 2009.

GRAHAM, I. A. Seed storage oil mobilization. **Annual Review of Plant Physiology**, Minneapolis, v. 59, p. 115-142, 2008.

GRAPPIN, P.; BOUINOT, D.; SOTTA, B.; MIGINIAC, E.; JULLIEN, M. Control of seed dormancy in *Nicotiana plumbaginifolia*: a post-imbibition abscisic acid synthesis imposes dormancy maintenance. **Planta**, Berlin, v. 210, p. 279-285, 2000.

HILHORST, H. W. M. Definitions and hypotheses of seed dormancy. In: K. J. Bradford; H. Nonogaki. **Seed Development, Dormancy and Germination**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. 367p.

JACOBSEN, J. V.; GUBLER, F.; CHANDLER, P. M. Gibberellin and abscisic acid in germinating cereals. In: P. J. DAVIES (Ed.). **Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. Kluwer: Boston, p. 246-271, 1995.

JOSÉ, M. R. **Brachiaria humidicola: uma abordagem**. Brasília, DF: UNIPASTO; ABRASEM, 2011. Anuário. Disponível em: http://www.unipasto.com.br/noticia_individual.php?id=36>. Acesso em: 26 maio 2014.

KIMURA, M.; NAMBARA, E. Stored and neosynthesized mRNA in Arabidopsis seeds: Effects of cycloheximide and controlled deterioration treatment on the resumption of transcription during imbibition. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 73, p. 119-129, 2010.

KOORNNEEF, M.; BENTSINK, L.; HILHORST, H. Seed dormancy and germination. **Current Opinion in Plant Biology**, Pompano Beach, v. 5, p. 33-36, 2002.

KUCERA, B., COHN, M. A.; METZGER, G. L. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 15, p. 281-307, 2005.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.

MACEDO, E. C.; GROTH, D.; LAGO, A. A. Efeito de escarificação com ácido sulfúrico na germinação de sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 455-460, 1994.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MANZ, B.; MÜLLER K.; KUCERA, B.; VOLKE F.; METZGERG. L. Water Uptake and Distribution in Germinating Tobacco Seeds Investigated in Vivo by Nuclear Magnetic Resonance Imaging. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 138, n. 3, p. 1538-1551, 2005.

MARBACH, I.; MAYER, A. M. Germination, utilization of storage materials and potential for cyanide release in cultivated and wild sorghum. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 47, p.100-104, 1979.

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

MARTINS, L.; LAGO, A. A. do; GROTH, D. Valor cultural de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. rich) Stapf durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 60-64, 1998.

METZGER, G. L. Functions and regulation of β -1,3-glucanase during seed germination, dormancy release and after-ripening. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 13, p. 17-34, 2003.

NAKABAYASHI, K.; OKAMOTO, M.; KOSHIBA, T.; KAMIYA, Y.; NAMBARA, E. Genome-wide profiling of stored mRNA in *Arabidopsis thaliana* seed germination: Epigenetic and genetic regulation of transcription in seed. **Plant Journal**, Oxford, v. 41, p. 697-709, 2005.

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

ORACZ, K.; BOUTEAU, H. E. M.; FARRANT, J. M.; COOPER, K.; BELGHAZI, M.; JOB, C.; JOB, D.; CORBINEAU, F.; BAILLY, C. ROS production and protein oxidation as a novel mechanism for seed dormancy alleviation. **Plant Journal**, Oxford, v. 50, p. 452-465, 2007.

PERES, R. M.; SOUZA, F. H. D. de; JUSTO, C. L.; FILHO, J. L. V. C. Produção de sementes do capim *Brachiaria humidicola*: Uma alternativa para a agricultura familiar. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, 2012.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAJJO, L.; GALLARDO, K.; DEBEAUJON, I.; VANDEKERCKHOVE, J.; JOB, C.; JOB, D. The effect of alpha-amanitin on the *Arabidopsis* seed proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination. **New Phytologist**, Cambridge, v. 134, p. 1598–1613, 2004.

RENARD, C.; CAPELLE, P. Seed germination in Ruzizi grass (*Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard). **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 24, n. 4, p. 437-446, 1976.

REUSCH, J. D. H. The relationship between reproductive factors and seed set in *Paspalum dilatatum*. **South African Journal of Agricultural Sciences**, Pretoria, v. 4,

p. 513-530, 1961.

ROBERTS, E. H. Oxidative processes and the control of seed germination. In: HEYDECKER, W. **Seed ecology**. Pennsylvania: Pennsylvania State University Press, 1972. 189-218 p.

RODRIGUES, J. D.; DELACHIAVE, M. H. A.; RODRIGUES, S. D.; PEDRAS, J. F.; GAETI, O. B. N. Efeitos de diferentes métodos para a quebra da dormência em sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickardt. **Científica**, São Paulo, v. 14, n. 1-2, p. 65-72, 1986.

SCHOPFER, P.; PLACHY, C. Control of seed germination by abscisic acid: effect on embryo water uptake in *Brassica napus* L. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 76, p.155-160, 1984.

SILVA, E. A. A.; DE MELO, D. L. B.; DAVIDE, A. C.; DE BODE, N.; ABREU, G. B.; FARIA, J. M. R.; HILHORST, H. W. M. Germination Ecophysiology of *Annona crassiflora* Seeds. **Annals of Botany**, New York, v. 99, p. 823-830, 2007.

SILVA, E. A. A.; TOOROP, P. E.; AELST, A. C. V.; HILHORST, H. W. M. Absciscic acid controls embryo growth potential and endosperm cap weakening during coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination. **Planta**, Berlin, v. 220, p.251-261, 2004.

SIMPSON, G. M. **Seed dormancy in grasses**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 297p.

SOUZA, F. H. D de. **Produção de sementes de gramíneas forrageiras tropicais**. São Carlos: Embrapa Sudeste, 2001. 43p. (Documento, 30).

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

USBERTI, R.; MARTINS, L. Sulphuric acid scarification effects on *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola* and *Panicum maximum* seed dormancy release. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 143-147, 2007.

VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VALLE, C. B. do; SAVIDAN, Y. H. Genetics, cytogenetics, and reproductive biology of *Brachiaria*. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.). **Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement**. Colombia: Cati, 1996. p. 147-163.

VIEIRA, H. D.; SILVA, R. F. da; BARROS, R. S. Efeito de diferentes temperaturas sobre a dormência fisiológica de sementes de brachiarão (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 322-326, 1998.

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

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11-12, p. 1957-1968, 1991.