

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EFEITOS TÉRMICOS E DE GRAUS DE UMIDADE
CONSTANTES NA LIBERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE
SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.)
Stapf**

**FRANCISCO NAHUM CAVALCANTE FILHO
ENGENHEIRO AGRÔNOMO**

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EFEITOS TÉRMICOS E DE GRAUS DE UMIDADE
CONSTANTES NA LIBERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE
SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.)
Stapf**

Dissertação submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola na área de concentração
de Tecnologia Pós- Colheita.

FRANCISCO NAHUM CAVALCANTE FILHO
Orientador: Prof. Dr. ROBERTO USBERTI

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

C314e Cavalcante Filho, Francisco Nahum
Efeitos térmicos e de graus de umidade constantes na
liberação da dormência de sementes de *Brachiaria
brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf / Francisco
Nahum Cavalcante Filho. --Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Roberto Usberti
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Semente - Dormência. 2. Semente -
Armazenamento. 3. Longevidade. 4. Germinação. 5.
Umidade. 6. Semente - Temperatura. I. Usberti,
Roberto. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Thermal and moisture content on storability and seed dormancy
releasing of *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf

Palavras-chave em Inglês: Seed dormancy releasing, Cultivars, Sealed storage, Seed
longevity, Germination, Moisture contents, Storage
temperatures

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: Sylvio Luís Honório, Antonio Augusto do Lago

Data da defesa: 16/02/2006

DEDICATÓRIA

À DEUS,

Aos meus pais Nahum e Salete (“in memorian”) pelo amor, incentivo e dedicação;

Aos meus irmãos Mônica, Ricardo e Verônica; sobrinhos e cunhados que sempre me apoiaram.

*“Se um dia, já homem feito e realizado, sentires que a terra cede a
teus pés, e que tuas obras desmoronaram, que não há ninguém à
tua volta para te estender a mão, esquece a tua maturidade,
passa pela tua mocidade, volta à tua infância e balbucia,
entre lágrimas e esperanças, as últimas palavras que
sempre te restarão na alma:
- Minha Mãe, Meu Pai, sou-lhes grato.”*

Ofereço

**à minha esposa Eloisa pelo incentivo e apoio, e
à minha filha Ana Luiza, o maior bem que Deus me deu.**

AGRADECIMENTOS

- À Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, pela disponibilidade de suas instalações e pelo treinamento proporcionado;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio financeiro;
- Ao Prof. Dr. Roberto Usberti, pela orientação, amizade e apoio, em todo período da realização do trabalho;
- Aos membros da Comissão Examinadora, Prof. Dr. Roberto Usberti, Prof. Dr. Sylvio Luís Honório, Dr. Antonio Augusto do Lago e Prof. Dr. João Domingos Biagi (suplente);
- Às secretárias da FEAGRI pelo suporte junto a Pós-Graduação;
- Aos funcionários e técnicos do laboratório de Pós-Colheita pela ajuda prestada;
- Aos amigos Fábio Luiz Usberti, Rosa Helena Aguiar, Antonio Carlos de Souza Dias, Lia Marchi, Marcelo Braghetta e Júlio César Augusto Pompei, pelo incentivo e colaboração;
- Ao Dr. José Alfredo Usberti, pelo apoio e colaboração;
- As colegas Fernanda Neri e Marli Harris, pela amizade e apoio;
- Ao ITAL/CETEA (Instituto de Tecnologia de Alimentos; Centro de Tecnologia de Embalagem) pela colaboração nas determinações de atividade de água das sementes;
- As empresas Matsuda Sementes e Nutrição Animal e Papalotla Sementes pelo fornecimento das sementes utilizadas no experimento;
- A todos que contribuíram para o meu aprimoramento científico.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 O gênero <i>Brachiaria</i>	2
2.2 Qualidade de sementes	2
2.3 Longevidade de sementes	2
2.4 Qualidade das sementes após o processo de secagem	4
2.5 Atividade de água (A_w).....	5
2.6 Comportamento das sementes durante o armazenamento	7
2.7 Germinação e dormência	8
2.8 Métodos para liberação da dormência	9
3. OBJETIVOS	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 Material.....	10
4.2 Métodos	10
4.2.1 Secagem e reidratação.....	10
4.2.2 Embalagem das sementes.....	11
4.2.3 Determinação do peso de mil sementes	11
4.2.4 Teste de germinação.....	11
4.2.5 Escarificação química	11
4.2.6 Teste de Tetrazólio	12
4.2.7 Velocidade de germinação	12
4.2.8 Vigor das sementes	12
4.2.9 Atividade de água (A_w)	12
4.2.10 Curvas de sobrevivência	13
4.2.11 Delineamento estatístico	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5.1 Qualidade inicial das sementes	14
5.2 Secagem.....	15
5.3 Isotermas de sorção e desorção.....	16
5.4 Peso de mil sementes	16
5.5 Curvas de sobrevivência	17
5.5.1 Curvas de sobrevivência a 40°C.....	17
5.5.2 Curvas de sobrevivência a 50°C	21
5.5.3 Curvas de sobrevivência a 65°C	23
5.6 Análise estatística para cada cultivar.....	27
5.6.1 Cultivar Marandu	27
5.6.2 Cultivar Mulato 1	29
5.6.3 Cultivar Mulato 2	30
5.7 Análise estatística entre os cultivares	32
5.7.1 Liberação de dormência a 40°C	32
5.7.2 Liberação de dormência a 50°C	33
5.7.3 Liberação de dormência a 65°C	33
6. CONCLUSÕES.....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABELAS

Nº		Página
1	Porcentagens de germinação normal, vigor (envelhecimento acelerado a 43°C), viabilidade (Tetrazólio) e escarificação química (H ₂ SO ₄ , 15 minutos) em sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2	15
2	Velocidade de germinação (T ₅₀ , dias) em teste de germinação normal, vigor (envelhecimento acelerado a 43°C) e após escarificação química (H ₂ SO ₄ , 15 minutos) em sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2	15
3	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 a 40°C, de acordo com os diferentes graus de umidade	20
4	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 a 50°C, de acordo com os diferentes graus de umidade	23
5	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 a 65°C, de acordo com os diferentes graus de umidade	27
6	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Marandu, mantendo-se fixas as umidades e variando as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C)	27
7	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Marandu, mantendo-se fixas as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C) e variando-se os graus de umidade	28
8	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 1, mantendo-se fixas as umidades e variando as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C)	29
9	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 1, mantendo-se fixas as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C) e variando-se os graus de umidade	30
10	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 2, mantendo-se fixas as umidades e variando as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C)	31
11	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 2, mantendo-se fixas as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C) e variando-se os graus de umidade	31
12	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, mantendo-se fixas a temperatura de armazenamento (40°C) e variando-se os graus de umidade	32
13	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, mantendo-se fixa a temperatura de armazenamento (50°C) e variando-se os graus de umidade.	33
14	Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, mantendo-se fixa a temperatura de armazenamento (65°C) e variando-se os graus de umidade	34

LISTA DE FIGURAS

Nº		Página
1	Secagem de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, a 25°C em sílica gel	16
2	Isotermas de sorção e desorção, a 25°C, em sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2	17
3	Número de sementes por grama de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, em função de graus de umidade	18
4	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 40°C com graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%	18
5	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 40°C com graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%	19
6	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 40°C com graus de umidade de 16,9, 19,3 e 17,8%	20
7	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 50°C com graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5%	21
8	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 50°C com graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%	22
9	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 50°C com graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%	22
10	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C com graus de umidade de 2,2, 1,9 e 2,2%	24
11	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C com graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5%	25
12	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C com graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%	25
13	Germinação de sementes de <i>Brachiaria brizantha</i> dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C com graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%	26

Efeitos térmicos e de graus de umidade constantes na liberação da dormência de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. Campinas, 2006. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).

Autor: Francisco Nahum Cavalcante Filho

Orientador: Prof. Dr. Roberto Usberti

RESUMO

As sementes do gênero *Brachiaria* apresentam um mecanismo duplo de dormência, mais pronunciado em sementes recém colhidas, conduzindo a valores abaixo dos de viabilidade obtidos pelo teste de Tetrazólio e, deste modo, dificultando a tomada de decisões para o armazenamento, comercialização e fiscalização do comércio dessas sementes. Utilizando-se a tecnologia de detecção das constantes da equação de viabilidade de sementes, baseada em altas temperaturas de armazenamento e graus de umidade constantes, foi possível neste experimento isolar o efeito das temperaturas de 40, 50 e 65°C na liberação da dormência de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 de *Brachiaria brizantha*, armazenadas com graus de umidade constantes, de 1,9 a 17,8%. As sementes apresentaram altos índices de dormência, detectada pelo teste de tetrazólio e liberada pela escarificação química e parcialmente pelo teste de envelhecimento acelerado. Não foram observadas diferenças para a velocidade de germinação (T_{50}); entretanto ocorreram diferenças quanto ao número de sementes por grama. O padrão das isotermas de sorção e desorção foi semelhante para os cultivares. Os melhores resultados para liberação de dormência a 40°C foram obtidos nos graus de umidade de 9,5 e 8,5% para os cultivares Marandu e Mulato 1, respectivamente; a 50°C foram detectadas liberações de dormência em todos os graus de umidade testados e os melhores resultados foram obtidos para o cultivar Marandu (7,6 e 10,3%) e Mulato 1 (8,3%). As liberações de dormência a 65°C não foram tão evidentes em todos os graus de umidade testados. O cultivar Marandu apresentou maior armazenabilidade durante todo o experimento.

PALAVRAS-CHAVE: liberação da dormência, cultivares, armazenamento, longevidade de sementes, germinação, umidades, temperaturas.

Thermal and moisture content effects on storability and seed dormancy releasing of *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf

ABSTRACT

Brachiaria species normally show a double seed dormancy mechanism, mainly on fresh-harvest seeds, leading to germination percentages lower than those of viability detected by Tetrazolium test, so causing problems as to storage, trading and seed inspection activities. Using the methodology to detect the constants of the viability equation (high storage temperatures and fixed moisture contents) it was feasible in this research to isolate the effects of 40, 50 and 65°C on *Brachiaria brizantha* cultivars Marandu, Mulato 1 and Mulato 2 seed dormancy releasing, after storage at moisture contents ranging from 1.9 and 17.8%. Seed samples used presented high seed dormancy levels, detected by Tetrazolium test and it was released by chemical scarification and partially by accelerated ageing test. No statistical differences were observed as to speed of germination (T_{50}); however, differences were detected as to number of seed per gram among cultivars. Sorption and desorption isotherm curves were similar for the cultivars. The best results of seed dormancy releasing at 40°C were achieved at 9.5 and 8.5% moisture content, for cultivars Marandu e Mulato 1 respectively; seed dormancy releasing results were obtained at 50°C for all moisture content studied and the best results were achieved for cultivars Marandu (7.6 e 10.3%) and Mulato 1 (8.3%). At 65°C seed dormancy releasing results were not clear. The cultivar Marandu presented higher storability than the others throughout the experiment.

KEY WORDS: seed dormancy releasing, cultivars, sealed storage, seed longevity, germination, moisture contents, storage temperatures.

1. INTRODUÇÃO

A maioria das espécies vegetais apresenta sementes ortodoxas, que podem ser secas até baixos níveis de umidade e apresentam aumento na longevidade com a redução do grau de umidade e da temperatura de armazenamento. Uma minoria de espécies, entretanto, apresenta sementes recalcitrantes, que não podem ser secas sem perda da viabilidade e também não podem ser armazenadas em temperaturas inferiores a 15°C (KING & ROBERTS, 1980).

Em sementes ortodoxas pode-se prever a porcentagem de viabilidade em qualquer tempo em várias condições ambientais e o relacionamento entre temperatura, grau de umidade e período de viabilidade apresenta-se similar ao verificado em secagem ou em armazenamento prolongado, mesmo a temperaturas abaixo de zero. Em ambos os casos o padrão de deterioração precedendo a morte mostra-se o mesmo, quer a semente sobreviva por segundos ou por décadas (ROBERTS, 1981).

Com o avanço da fronteira agrícola para o Centro Oeste do Brasil, a partir da década de 60, houve necessidade da introdução de novas espécies forrageiras adaptadas aos solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade natural da região, inicialmente com *Brachiaria decumbens* e *B. humidicola*. Entretanto, devido à baixa produção de massa verde e ao baixo valor nutritivo dessas espécies, que também são hospedeiras preferenciais da cigarrinha-das-pastagens e, deste modo, ligadas à intoxicação dos animais (fotosensibilização e diarreia em bezerros), houve necessidade da introdução comercial da *Brachiaria brizantha* em 1983, com maior potencial produtivo e relativamente tolerante à praga, mas exigindo solos de média a boa fertilidade (USBERTI-FILHO, 1993).

As sementes do gênero *Brachiaria* apresentam um mecanismo duplo de dormência, mais pronunciado em sementes recém colhidas, que mascara totalmente os resultados dos testes de germinação, conduzindo a valores abaixo dos de viabilidade obtidos pelo teste de Tetrazólio e, assim, dificultando sobremaneira a tomada de decisões para o armazenamento, comercialização e fiscalização do comércio dessas sementes.

Com a combinação da tecnologia de obtenção das constantes da equação de viabilidade de sementes proposta por ELLIS & ROBERTS (1980), consistindo basicamente na utilização de altas temperaturas de armazenamento e graus de umidade constantes, é possível verificar-se o efeito isolado dessas temperaturas na liberação da dormência de sementes de *Brachiaria brizantha*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O gênero *Brachiaria*

Dentre as 16 espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* existentes no Brasil, as de maior importância regional são: *B. decumbens* (Brasil Central); *B. humidicola* (Região Norte) e *B. brizantha* cultivar Marandu, utilizada em larga escala em ambas as regiões (CASTRO et al., 1994).

A comercialização dessas sementes é altamente competitiva e baseada principalmente no valor cultural dos lotes, que é função direta das porcentagens de pureza física e germinação. Além disso, a demanda por essas sementes apresenta-se cíclica e portanto, torna-se de fundamental importância o prévio conhecimento da viabilidade dos lotes bem como do seu potencial de armazenamento.

2.2 Qualidade de sementes

Um dos aspectos mais pesquisados nos últimos anos tem sido a qualidade fisiológica das sementes, em decorrência de estarem sujeitas a mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física após a sua maturação, que estão associadas com a redução do vigor (ALIGAZA et al., 1990). Nesse sentido, além das condições ambientais, o tipo de embalagem durante o armazenamento tem influência significativa na qualidade fisiológica das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988).

Segundo POPINIGIS (1985), a qualidade da semente é expressa pela interação de quatro componentes: genético (características intrínsecas do cultivar, no que diz respeito à produtividade, resistência a pragas e doenças, etc.); fisiológico (potencial de longevidade da semente e sua capacidade para gerar uma planta perfeita e vigorosa); físico (pureza física do lote e condição física da semente) e sanitário (efeito prejudicial provocado pelos insetos e microrganismos associados às sementes, desde o campo até o armazenamento).

2.3 Longevidade de sementes

A longevidade da semente corresponde ao período de tempo em que se mantém viável. As sementes de algumas espécies deterioram-se rapidamente, enquanto outras mantêm sua

viabilidade por longo período de tempo (CARNEIRO & AGUIAR, 1993). O verdadeiro período de longevidade das sementes de uma espécie qualquer só seria determinado se fosse possível colocá-las em condições ideais de armazenamento, o que é difícil, na prática. É possível, porém, determinar a sua viabilidade, que é o período de vida da semente em uma determinada condição ambiental (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988).

A viabilidade das sementes resulta de vários fatores: características genéticas da espécie ou cultivar, vigor das plantas progenitoras, condições climáticas predominantes durante a maturação das sementes, grau de dano mecânico e condições ambientais de armazenamento (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988). As condições ambientais de armazenamento são os fatores mais importantes para a conservação da viabilidade das sementes, especificamente a temperatura e o grau de umidade (TOLEDO & MARCOS-FILHO, 1977; DELOUCHE, 1980; ELLIS & ROBERTS, 1980).

O alto grau de umidade das sementes é uma das principais causas da perda do poder germinativo durante o armazenamento (DESAI et al., 1997), aumentando a taxa respiratória e a ação dos microorganismos. Valores acima de 20% podem promover o aquecimento da massa de sementes até uma temperatura letal (HARRINGTON, 1972).

A temperatura influencia todas as atividades biológicas, provocando o aumento da taxa respiratória da semente, de fungos e de insetos que a acompanham (POPINIGIS, 1985).

A conservação da qualidade das sementes é realizada pela redução do seu grau de umidade e da temperatura de armazenamento. De acordo com HARRINGTON (1972), o período de viabilidade da semente pode ser dobrado a cada redução de 1% no grau de umidade e a cada diminuição de 5,6°C. Deve-se ressaltar que existem sementes que não toleram a redução do grau de umidade nem temperaturas baixas (sementes recalcitrantes), o que dificulta a sua conservação no armazenamento.

A qualidade das sementes não é melhorada pelo armazenamento, mas pode ser mantida com um mínimo de deterioração possível, através de armazenamento adequado visando manter o vigor e o poder germinativo pelo maior período possível. A deterioração é irreversível, sendo mínima por ocasião da maturidade fisiológica das sementes (POPINIGIS, 1985).

As condições climáticas ocorridas durante a maturação das sementes e o grau de maturação durante a colheita são os principais fatores que afetam a sua qualidade inicial

(DELOUCHE, 1980; ELLIS & ROBERTS, 1980). A semente atinge sua maturidade fisiológica (máximo vigor e máxima germinação) quando alcança o máximo teor de matéria seca e, a partir daí, iniciam-se os processos de deterioração.

2.4 Qualidade das sementes após o processo de secagem

Dentre os fatores que contribuem para a manutenção da viabilidade de sementes durante o armazenamento, o processo de secagem é de extrema importância (RAMOS & ZANON, 1985; CARVALHO & NAKAGAWA, 1988). Para sementes passíveis de secagem, a redução do grau de umidade, associada ao armazenamento apropriado, restringe a velocidade do processo de deterioração, conferindo-lhes maior longevidade (HARRINGTON, 1972; ROBERTS, 1973).

De acordo com LEOPOLD & VERTUCCI (1989), existem na semente pelo menos três tipos de água ligada à macromoléculas, tipos esses definidos pela força com que a água se encontra ligada a elas. Os autores mostraram, em sementes de soja, que a água está no estado “água ligada” até um nível de aproximadamente 35%. Acima deste valor, as moléculas de água, em função da união com as partículas coloidais, adquirem uma configuração estrutural (espacial) diferente daquela de seu estado livre.

A água pode estar presente no material biológico sob as seguintes formas (ATHIÉ et al., 1998):

- Água livre: Pode ser removida facilmente durante o processo de secagem;
- Água solvente: É, em grande parte, retirada na secagem;
- Água pseudoligada: Está fortemente adsorvida;
- Água de constituição: Só pode ser removida em condições extremas de aquecimento utilizadas para determinação de umidade em laboratório.

Para os estudos de secagem e de armazenamento, a água que realmente interessa é a adsorvida, ou seja, aquela que, no entender de HUNT & PIXTON (1974), resultaria em teores de água na faixa de 0 a 25%.

Como todo material higroscópico, a semente cede ou absorve umidade do ar que a envolve, ficando em equilíbrio com determinada umidade relativa do ar, para uma mesma temperatura. Quando a semente e o ar que a envolve apresentam diferentes pressões de vapor, a umidade se movimenta da substância com maior pressão de vapor para aquela com menor

pressão, até atingir um ponto de equilíbrio. Neste ponto cessa o movimento da umidade (PUZZI, 1986).

A velocidade de perda de umidade da superfície da semente para o ambiente é maior do que o deslocamento de umidade do interior para a sua superfície. Em função disso, o processo de secagem deve ser lento e gradativo, possibilitando a migração de umidade de dentro para fora. A secagem drástica e rápida, como a obtida com o emprego de altas temperaturas, pode induzir à dormência secundária, como verificaram KAGEYAMA & MARQUEZ (1980) em sementes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

No entanto, a secagem não deve ser muito lenta, pois propicia o aparecimento de microorganismos, afetando a qualidade das sementes pela rápida perda de germinação e vigor. O período de secagem depende da espécie, do tipo de fruto, do estágio de maturação dos frutos, da umidade inicial das sementes, da velocidade de secagem, do aumento do fluxo de ar e do grau final de umidade desejado. Sementes da maioria das espécies perdem mais rapidamente a umidade no início do processo e mais lentamente à proporção que perdem umidade. Portanto, para se obter boa secagem, é preciso conhecer a espécie em estudo (SILVA et al., 1993).

Durante o processo de dessecação, os principais danos que acontecem nas sementes são relativos às membranas fosfolipídicas das células, à desestruturação de macromoléculas e à oxidação de lipídios (GUIMARÃES, 1999).

A tolerância à dessecação é o resultado da interação de vários fatores e a ausência ou a deficiência de um deles determina o grau de sensibilidade das sementes ao processo. Dentre estes fatores, ressaltam-se algumas características físicas intracelulares, como a quantidade e natureza das reservas insolúveis acumuladas, de diferenciação intracelular, a presença e a eficiente operação dos sistemas antioxidantes, o acúmulo de substâncias supostamente protetoras, como as proteínas LEA, sacarose e certos oligossacarídeos, desenvolvimento de certas moléculas anfipáticas e a presença da operação de reparo dos sistemas de membranas durante a reidratação (PAMMENTER & BERJAK, 1999).

2.5 Atividade de água (A_w)

A remoção de água de alimentos sólidos surgiu, inicialmente, como uma forma de redução da atividade de água inibindo o crescimento microbiano. Deste modo, pode-se reduzir

os custos de transporte, embalagem e armazenagem destes produtos, que possuem grande quantidade de água em sua composição (PARK & NOGUEIRA, 1992).

Em materiais compostos, como sementes, a água interage em vários níveis, limitados por outras moléculas. O nível para qual a água é limitado chama-se atividade de água. A atividade de água a uma dada temperatura e pressão é descrita pela isoterma de sorção.

Quando uma amostra é colocada em contato com uma atmosfera com pressão de vapor constante e se a amostra está com umidade suficiente para ter a pressão de vapor em sua superfície maior que o ar, o produto irá perder umidade para o ar. O processo continua até que um estado de equilíbrio seja alcançado. A umidade do produto nesse ponto é denominada “grau de umidade de equilíbrio”, sendo este processo conhecido como “desorção”. No entanto, se a amostra apresenta uma pressão de vapor menor que o ar, o produto irá ganhar umidade, até que o ponto de equilíbrio seja alcançado. Este processo é denominado “sorção” (FIOREZE, 1989).

É possível estabelecer uma relação entre o teor de água livre na semente e sua conservação. O teor de água livre é expresso pela atividade de água, que é dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre a semente e a pressão de vapor de água pura, à mesma temperatura (MOHSENIN, 1986). A atividade de água também pode ser entendida como a umidade relativa em equilíbrio com a semente na temperatura considerada. Portanto, a atividade de água da semente determina a quantidade da água que tende a permanecer ou sair dessa semente e, conseqüentemente, sua disponibilidade.

O grau de umidade de equilíbrio é definido como a quantidade de massa de água que a semente contém quando é submetida à determinada condição controlada de temperatura e umidade relativa do ar. Portanto, para determinadas condições de secagem (temperatura e umidade relativa do ar), existe uma umidade de equilíbrio da semente. O diferencial entre a umidade inicial da semente a ser seca e a umidade de equilíbrio ($U_o - U_e$) é definido como potencial de secagem. De outra forma, a semente só poderá ser seca até a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa preestabelecidas (CAVALCANTI-MATA, 1997).

As sementes ricas em óleo apresentam grau de umidade de equilíbrio mais baixo em relação às sementes amiláceas, quando armazenadas em condições semelhantes, pois sendo hidrófobas, absorvem bem menos água. Por exemplo, a 25°C e 70% UR, a soja tem o grau de

umidade de equilíbrio de 11,5% e o trigo de 13,9%. Assim, para um armazenamento seguro, a soja deveria ser armazenada a um grau de umidade mais baixo que o trigo e outras sementes amiláceas (BROOKER et al., 1992).

Segundo (BROOKER et al., 1992), a variação do grau de umidade de equilíbrio é causada pela variedade, maturidade e história da semente, bem como pela técnica da medição da umidade relativa e pelo método de determinação do grau de umidade de equilíbrio.

O estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção. Uma isoterma é uma curva que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes da semente e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura. Esta relação é complexa e depende da composição química das sementes (gorduras, amidos, açúcares, proteínas, etc.) (PARK & NOGUEIRA, 1992).

2.6 Comportamento das sementes durante o armazenamento

A identificação correta da categoria a que semente de uma espécie pertence é fundamental para o estabelecimento da metodologia de conservação de seu germoplasma (ROBERTS, 1973).

De acordo com HONG & ELLIS (1996), as sementes de espécies vegetais seguem basicamente três padrões quanto ao comportamento durante o armazenamento: ortodoxo, intermediário e recalcitrante.

As sementes denominadas ortodoxas são tolerantes à dessecação e a temperaturas baixas, sem que nenhum dano fisiológico ocorra, o que permite a retenção do poder germinativo por longos períodos de armazenamento (ROBERTS, 1973). Estas sementes podem ser conservadas através da técnica da criopreservação que, em longo prazo, consiste em submeter as sementes, com o teor de água reduzido, a temperaturas de -80 a -196°C em nitrogênio líquido (FAO, 1993).

Existe um outro grupo de espécies que produzem sementes sensíveis à desidratação, mesmo quando seu grau de umidade é reduzido a níveis ainda altos; embora mantidas embebidas; tais sementes perdem a viabilidade em um período de tempo relativamente curto, sendo denominadas recalcitrantes (ROBERTS, 1973).

Há ainda sementes de algumas espécies que sofrem danos pela secagem a graus de umidade próximos a 10%. Quando essas sementes são secas podem sofrer injúria de frio, portanto, não se comportando inteiramente como ortodoxas ou recalcitrantes e sendo classificadas como intermediárias. As sementes intermediárias só podem ser conservadas em médio prazo e as recalcitrantes em curto prazo (ELLIS et al.,1990; 1991).

A maioria das espécies vegetais apresenta sementes ortodoxas, isto é, o armazenamento é tanto melhor quanto mais secas e/ou frias forem as condições ambientais (ROBERTS, 1974). Nos casos em que a conservação da capacidade germinativa e das características genéticas das sementes é muito importante, como em bancos de germoplasma, procura-se controlar eficazmente esses fatores (umidade relativa e temperatura do ar), bem como dar início ao armazenamento somente após as sementes terem sido secas a graus de umidade que garantam redução significativa das atividades metabólicas, na faixa de 5 a 7% (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988).

2.7 Germinação e dormência

A qualidade inicial das sementes a serem armazenadas é de fundamental importância, pois o armazenamento pode apenas preservá-la. A deterioração caracteriza-se como um processo irreversível que não pode ser evitado mas pode ser controlado, sendo uma consequência mensurável a perda de germinação, que ocorre juntamente com outras mudanças deletérias (DELOUCHE, 1968).

O requisito principal para a semente de uma gramínea forrageira é uma germinação rápida e uniforme no campo, de modo a propiciar um controle inicial sobre as espécies silvestres. Entretanto, a dormência nessas sementes é de ocorrência geral e pode contribuir para o estabelecimento e a persistência do estande quando uma reserva de sementes dormentes preserva a oportunidade para o estabelecimento da planta no tempo. Além disso, essa dormência evita que a semente germine imediatamente após a colheita, ficando exposta a condições adversas em muitas ocasiões (HERRERA, 1994).

Níveis excessivos de dormência, entretanto, podem evitar o sucesso no estabelecimento da pastagem quando uma germinação rápida de uma grande quantidade de sementes é necessária (VOIGT & TISCHLER, 1997).

Segundo MONTÓRIO et al. (1997), existe a dormência que já se encontra instalada durante o completo desenvolvimento da semente, chamada de primária e também a dormência secundária, em que as sementes que germinam normalmente são induzidas a entrar em dormência, causada pela disponibilidade de calor, luz, água e oxigênio. As causas mais prováveis dessa dormência são a impermeabilidade do tegumento ao oxigênio e a dormência do embrião, conhecida como dormência fisiológica.

2.8 Métodos para liberação da dormência

Várias metodologias tem sido pesquisadas para a liberação da dormência dessas sementes, bem como de outra gramínea de fundamental importância na formação de pastagens, que é o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). Assim, pode-se destacar os experimentos de escarificação com ácido sulfúrico concentrado em *B. brizantha* (CASTRO et al., 1994; MONTÓRIO et al., 1997; LAGO & MARTINS, 1998; MARTINS & SILVA, 2001), em *B. decumbens* (JARK-FILHO, 1976; ATALLA & TOSELLO, 1979; WHITEMAN & MENDRA, 1982; USBERTI, 1990; HERRERA, 1994), em *B. ruziziensis* (MCLEAN & GROF, 1968) e também em *Panicum maximum* (SMITH, 1971; SMITH, 1979.)

Entretanto, a aplicação dessa escarificação química foi prejudicial para a germinação de sementes de *B. humidicola* (ATALLA & TOSELLO, 1979; RODRIGUES et al., 1986; MACEDO et al., 1994) e de *B. mutica* (MCLEAN & GROF, 1968).

Outra alternativa é o uso da escarificação mecânica (remoção dos tegumentos das sementes), que apresentou resultados positivos em *B. brizantha* (MONTÓRIO et al., 1997; VIEIRA et al., 1998), em *B. decumbens* (WHITEMAN & MENDRA, 1982) e em *Panicum maximum* (SMITH, 1971).

Mais recentemente começou a ser observado que as condições do teste de envelhecimento acelerado, envolvendo temperaturas ao redor de 43°C e 100% de umidade relativa, apresentavam efeitos benéficos na liberação da dormência dessas sementes, como relatado em *B. brizantha* (MONTÓRIO et al., 1997; LAGO & MARTINS, 1998; VIEIRA et al., 1998), em *B. decumbens* (USBERTI, 1990) e em *Panicum maximum* (USBERTI, 1982).

O pré-aquecimento a 40°C, indicado para a superação da dormência em diversas espécies de gramíneas (ISTA, 1985) foi recomendado no Brasil para *B. brizantha* e *B. ramosa*

(BRASIL, 1992) e teve a sua eficiência comprovada em *B. brizantha* por LAGO & MARTINS (1998).

A utilização de altas temperaturas para a liberação da dormência de espécies do gênero *Brachiaria* começou a ser analisada, com resultados positivos para *B. brizantha* (VIEIRA et al., 1998; MARTINS & SILVA, 2001) e sem efeitos significativos para *B. decumbens* (WHITEMAN & MENDRA, 1982). Entretanto, permanecem dúvidas quanto a quantidade de calor necessária nas diferentes espécies e, principalmente, quanto ao efeito isolado dessas temperaturas, com a manutenção do grau de umidade da semente constante, o que não foi analisado nesses experimentos.

3. OBJETIVOS

1. Analisar os efeitos isolados e combinados de altas temperaturas e graus de umidade constantes na liberação da dormência;
2. Avaliar a deterioração controlada das sementes durante o armazenamento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Foram utilizadas sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 de *Brachiaria brizantha*, provenientes de regiões produtoras do Estado de São Paulo. As sementes foram analisadas com cinco de graus de umidade (variando de 1,9% a 17,8%) e três temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C).

4.2 Métodos

4.2.1 Secagem e reidratação

Os graus de umidade das sementes foram ajustados a 25°C a partir de seu valor inicial, antes do armazenamento, por meio de reidratação sobre água (3 cm) em recipiente fechado, ou por desidratação em dessecadores com sílica gel, constantemente regenerada, até a obtenção dos valores mais baixos de umidade. Todas essas operações foram delineadas de modo a evitar uma possível injúria nas sementes causada por uma secagem rápida. Após um período de 3-5 dias para homogeneização, o grau de umidade das sementes foi determinado através do

método de estufa à $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24h, usando-se duas subamostras de 25g de sementes (BRASIL, 1992).

4.2.2 Embalagem das sementes

As sementes foram acondicionadas em embalagens de alumínio termosoldadas a 204°C e 2" de contato (mínimo de 200 sementes para cada combinação temperatura/grau de umidade). As embalagens de alumínio apresentam estrutura poliéster (PET) / alumínio (Al) / polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura total de 120 μm , por componentes 12/15/90 μm (PET /Al / PEBD). A taxa de permeabilidade ao oxigênio é de 0,32 $\text{cm}^3 \text{O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ e a taxa de permeabilidade ao vapor d'água é de 0,036g $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$. Posteriormente as sementes foram divididas em blocos de 12 subamostras e em seguida armazenadas em estufas a 40, 50 e 65°C , com controladores eletrônicos de temperatura (precisão de $0,5^{\circ}\text{C}$).

Todas as sementes com grau de umidade abaixo do inicial foram reidratadas sobre água durante dois dias a 25°C para evitar a possibilidade de injúrias durante a reidratação (ELLIS et al., 1988).

4.2.3 Determinação do peso de mil sementes

Essa determinação foi realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), usando-se oito subamostras de 100 sementes puras.

4.2.4 Teste de germinação

Após a realização da análise de pureza, quatro subamostras de 100 sementes puras para cada tratamento foram submetidas ao teste de germinação, semeadas em gerbox com uma folha de papel de filtro previamente umedecida com solução de KNO_3 a 0,2% e, em seguida, encaminhadas para germinador, em alternância de temperaturas de $20-35^{\circ}\text{C}$, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

4.2.5 Escarificação química

A escarificação química das sementes foi realizada com H_2SO_4 concentrado durante 15 minutos, antes dos testes de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

4.2.6 Teste de Tetrazólio

O teste de viabilidade (tetrazólio) foi realizado em 2 x 50 sementes puras, em solução de Tetrazolium a 0,5% e permanência de 2h em estufa a 40°C (BRASIL, 1992).

4.2.7 Velocidade de germinação

O tempo médio de germinação (T₅₀) foi calculado de acordo com a fórmula:

$$T_{50} = \frac{\sum T_i X_i}{\sum X_i}, \text{ onde } X_i = \text{número de novas sementes germinadas no tempo } T_i; \text{ o tempo usado}$$

foi o meio do intervalo desde a contagem anterior; entretanto, o fator tempo foi transformado em logaritmos decimais para normalizar a distribuição da variância (ALVARADO & BRADFORD, 1988).

4.2.8 Vigor das sementes

O vigor das sementes foi analisado através do teste de envelhecimento acelerado, durante 48, 72 e 96 horas a 43°C e 100% UR (USBERTI, 1982). A seguir, procedeu-se a avaliação das sementes através do teste padrão de germinação. (BRASIL, 1992).

4.2.9 Atividade de água (A_w)

A atividade de água foi determinada a 25±0,3°C usando-se três subamostras de sementes, colocadas em higrômetro, com a utilização da técnica do ponto de orvalho em espelho resfriado; cada vez que se forma o orvalho no espelho, o aparelho mede a temperatura e calcula a atividade de água da amostra, guardando estes valores para compará-los com valores prévios, até a reprodução das leituras (AQUALAB, 1997). A metodologia utilizada pelo Centro de Tecnologia de Embalagens (CETEA/ITAL) para determinação de atividade de água utiliza um higrômetro com resolução de 0,01 A_w. Este equipamento é acoplado a um banho termostatizado, com resolução de 0,1°C.

4.2.10 Curvas de sobrevivência

O passo seguinte foi determinar, para cada combinação umidade / temperatura, a sua curva de sobrevivência, com os valores de porcentagem de germinação obtidos durante o período de armazenamento.

4.2.11 Delineamento estatístico

Para a análise do efeito de temperaturas e de graus de umidade constantes na liberação da dormência foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial com parcela subdividida no tempo, com os seguintes fatores: época de amostragem (mínimo oito), cinco graus de umidade e três temperaturas. Para a análise estatística, os valores de porcentagem de germinação foram previamente transformados em arco seno $\sqrt{(x\%/100)}$. A análise estatística foi realizada através da análise de variância e do teste de Tukey para comparação das médias, a $p < 0,05$, através do pacote estatístico S-Plus.

Além disso, foi analisada a variável de germinação para os três cultivares, de acordo com MONTGOMERY, 1991 e SANTOS & GHEYI, 2003, através de três fases de análise para cada cultivar, a saber:

- Primeira fase: Foi analisada a influência das temperaturas na germinação com a fixação das umidades, utilizando-se o delineamento experimental desbalanceado em blocos inteiramente ao acaso (para as repetições diferentes dentro de cada temperatura) e o delineamento experimental em blocos inteiramente ao acaso (para as repetições iguais dentro de cada temperatura);
- Segunda fase: Analisou-se a influência das umidades na germinação com a fixação das temperaturas, utilizando-se o delineamento experimental desbalanceado em blocos inteiramente ao acaso;
- Terceira fase: Comparou-se os cultivares de acordo com a interação entre a temperatura e o grau de umidade, utilizando-se a seguir o delineamento experimental em blocos inteiramente ao acaso.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Qualidade inicial das sementes

A qualidade inicial das sementes utilizadas no experimento é apresentada nas Tabela 1, verificando-se que as porcentagens de viabilidade detectadas pelo teste de TZ foram estatisticamente superiores às demais. A eficiência do teste de Tetrazólio para determinar a viabilidade de sementes de gramíneas forrageiras já está comprovada na literatura, como por exemplo em *B. brizantha* (MARTINS & LAGO, 1996) e em *Panicum maximum* (USBERTI et al., 2000).

Fica assim claramente evidenciada a presença de dormência nessas sementes, que também foi comprovada pelos resultados da escarificação química com ácido sulfúrico, que se mostrou eficiente na sua liberação, o que já está bem relatado em sementes de *B. brizantha* (CASTRO et al., 1994; MONTÓRIO et al., 1997; LAGO & MARTINS, 1998; MARTINS & SILVA, 2001).

Os valores de vigor mostram que o período de 72 horas parece ser o mais eficiente para a liberação da dormência. A influência positiva da temperatura usada no teste de envelhecimento acelerado, ao redor de 43°C, na liberação da dormência em sementes de gramíneas forrageiras já foi relatada para *B. brizantha* (MONTÓRIO et al., 1997; LAGO & MARTINS, 1998; VIEIRA et al., 1998), *B. decumbens* (USBERTI, 1990) e *Panicum maximum* (USBERTI, 1982).

Os resultados de velocidade de germinação, através de T_{50} , apresentados na Tabela 2, não deixam evidente o efeito dos diferentes tratamentos (germinação normal, envelhecimento acelerado e escarificação química) nesse parâmetro de qualidade. Resultados semelhantes foram obtidos por USBERTI et al. (2005) em populações de híbridos interespecíficos de *Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*, mas foram relatadas diferenças em T_{50} após envelhecimento acelerado a 72 horas.

Tabela 1: Porcentagens de germinação normal, vigor (envelhecimento acelerado a 43°C), viabilidade (Tetrazólio) e escarificação química (H₂SO₄, 15 minutos) em sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2.

Tratamentos	Cultivares		
	Marandu	Mulato 1	Mulato 2
Germinação normal	46,0 cd	42,5 b	38,0 c
Envelhecimento acelerado - 48h	61,0 bc	36,5 b	41,0 c
Envelhecimento acelerado - 72h	53,5 c	40,0 b	55,0 ab
Envelhecimento acelerado - 96h	44,5 cd	39,0 b	36,5 c
Escarificação com H ₂ SO ₄ , 15 minutos	74,0 b	82,0 a	50,0 b
Tetrazolium	89,0 a	78,0 a	62,0 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; * a $p < 0,05$.

Tabela 2: Velocidade de germinação (T₅₀, dias) em teste de germinação normal, vigor (envelhecimento acelerado a 43°C) e após escarificação química (H₂SO₄, 15 minutos) em sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2.

Tratamentos	Cultivares		
	Marandu	Mulato 1	Mulato 2
Germinação normal	5,9	6,6	6,6
Envelhecimento acelerado - 48h	4,1	6,4	6,4
Envelhecimento acelerado - 72h	5,0	5,2	5,2
Envelhecimento acelerado - 96h	7,9	8,7	8,7
Escarificação com H ₂ SO ₄ , 15 minutos	8,5	8,6	8,4
Média	6,2	7,1	7,0

5.2 Secagem

Na Figura 1 são apresentados os resultados referentes à secagem, em sílica gel a 25°C, de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, a partir das umidades iniciais de 10,3, 9,9 e 10,8%, respectivamente. Observa-se que houve uma redução acentuada de umidade até cerca de 4,5% nos primeiros 10 dias, seguido por um período de relativa estabilidade até aproximadamente 53 dias, quando se verificou novamente um declínio nesses valores até aos 70 dias. Todos os cultivares apresentaram a mesma tendência durante a secagem, mostrando assim que este parâmetro, ligado à constituição das sementes, parece ser uma característica da espécie.

Este padrão de secagem define os tipos de água existentes nas sementes, a saber: água livre, água solvente, água pseudoligada e água de constituição (LEOPOLD & VERTUCCI, 1989; ATHIÉ et al., 1998).

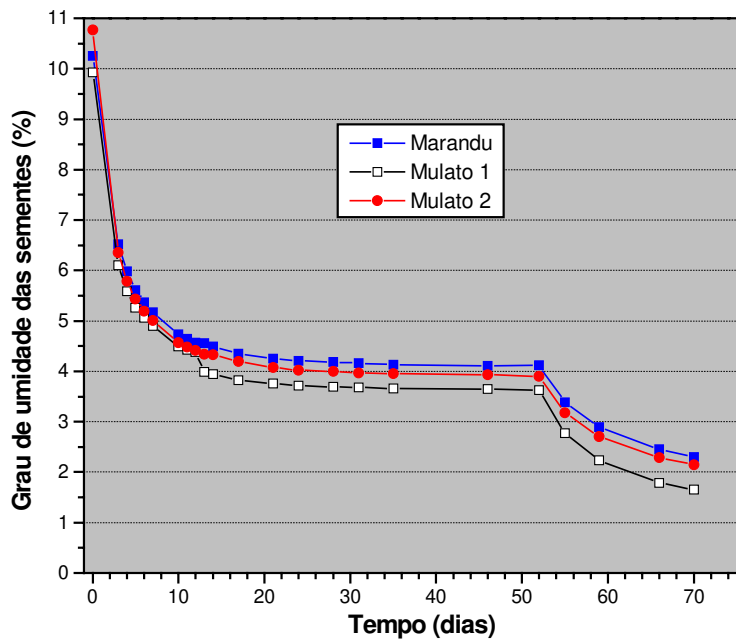


FIGURA 1. Secagem de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 em sílica gel.

5.3 Isotermas de sorção e desorção

As isotermas de sorção e desorção para os três cultivares são apresentadas na Figura 2, juntamente com os valores iniciais de grau de umidade. Verifica-se que, apesar das isotermas serem semelhantes, o cultivar Mulato 1 apresentou valores diferentes de A_w em relação aos demais cultivares, para os graus de umidade mais alto e mais baixo (ao redor de 2,5 e 17,5% respectivamente).

O conhecimento de isotermas de equilíbrio higroscópico de grãos e sementes é de essencial importância, por estarem diretamente ligadas a operações de manuseio, armazenamento, secagem e comercialização das matérias primas (ROA & ROSSI, 1977).

5.4 Peso de mil sementes

Pela Figura 3 verifica-se que os três cultivares apresentaram um maior número de sementes por grama de acordo com o aumento dos níveis de umidade, até próximo de 8%; a partir daí houve uma diminuição nesses valores em função do aumento da umidade; o cultivar

Mulato 2 apresentou maior número de sementes por grama, independente do grau de umidade, seguido dos cultivares Mulato 1 e Marandu, respectivamente.

USBERTI et al. (2005), trabalhando com dois híbridos interespecíficos de *Pennisetum purpureum* x *P. glaucum* verificaram que, com o aumento da uniformidade fenotípica, após dois ciclos de seleção recorrente, ocorreram variações no número de sementes por grama dos mesmos.

5.5 Curvas de sobrevivência

5.5.1 Curvas de sobrevivência a 40°C

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam as porcentagens de germinação das sementes dos três cultivares mantidas a 40°C, com diferentes graus de umidade. Pela Figura 4 (graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%) verifica-se que os cultivares Marandu e Mulato 1 apresentaram aumento da germinação até aproximadamente 25 dias de armazenamento, devido à liberação da dormência (com base na Tabela 1) e, a partir daí, ocorreu uma redução acentuada na germinação. O cultivar Mulato 2 apresentou um aumento de germinação ao redor de 20 dias e, a partir daí, uma redução da germinação até o final do período de armazenamento.

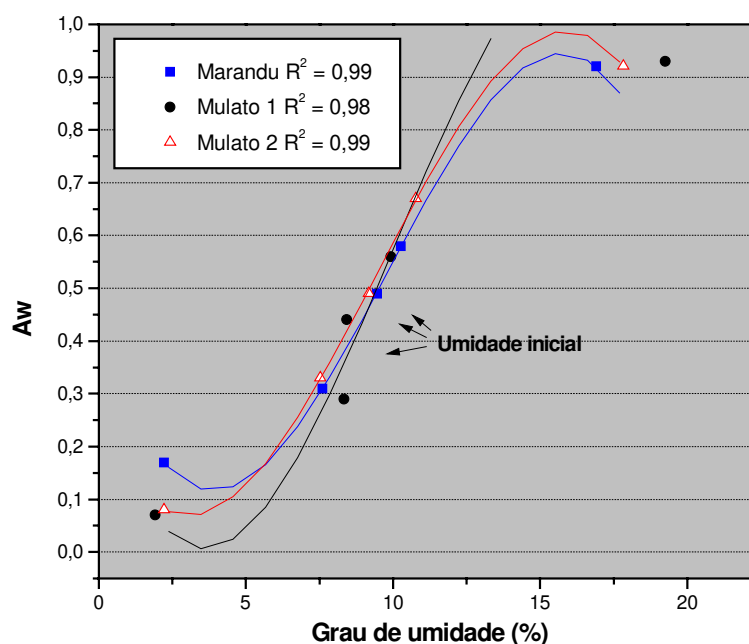


FIGURA 2. Isotermas de sorção e desorção a 25°C, em sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2.

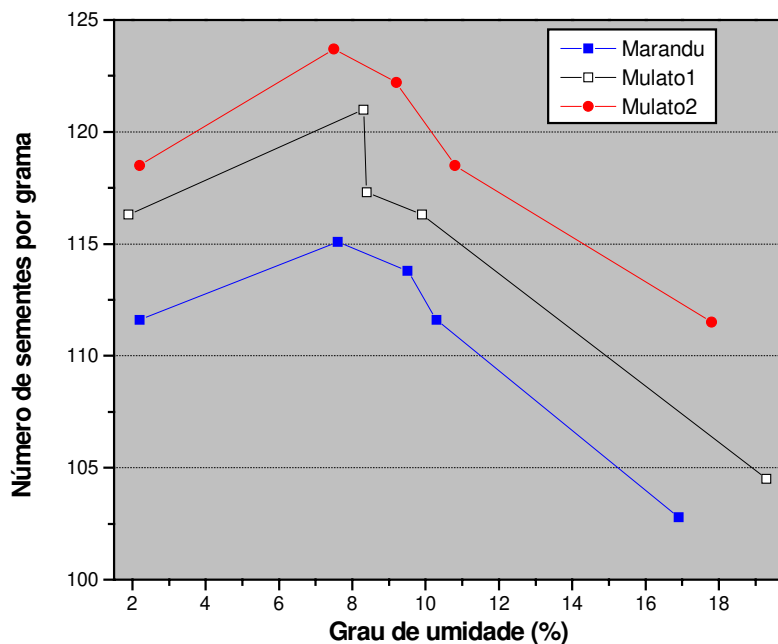


FIGURA 3. Número de sementes por grama de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, em função de graus de umidade.

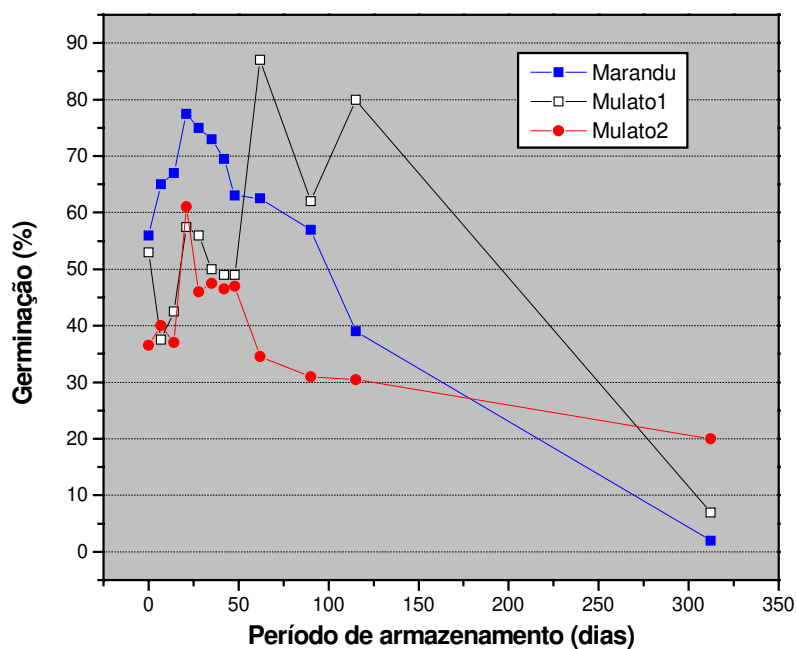


FIGURA 4. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 40°C, com graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%, respectivamente.

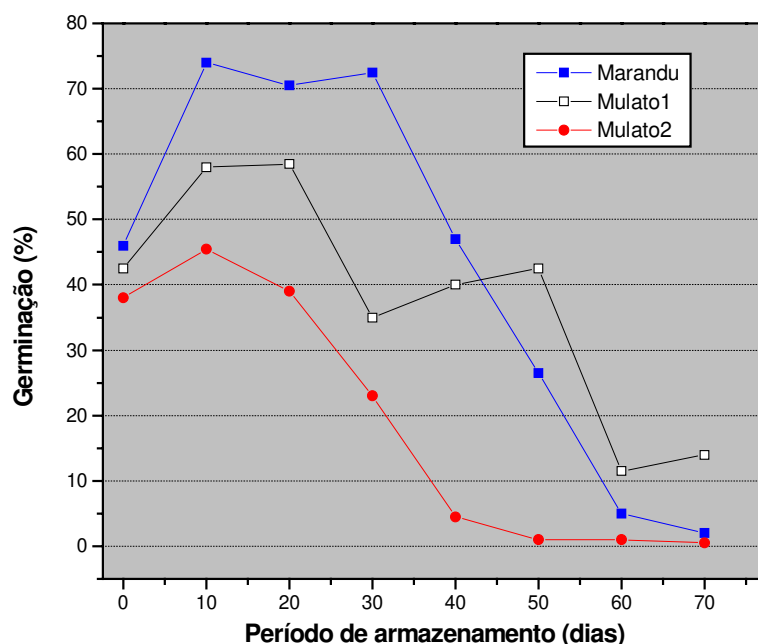


FIGURA 5. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 40°C com graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%, respectivamente.

Para os graus de umidade ao redor de 10% (Figura 5), os três cultivares apresentaram picos de germinação (liberação de dormência) aos 10, 20 e 30 dias de armazenamento. Além disso, o cultivar Mulato 1 apresenta um segundo aumento da germinação dos 30 aos 50 dias, diferentemente dos outros dois cultivares, seguido de um declínio da germinação até o final do experimento.

Para as sementes com os graus de umidade mais elevados, observa-se pela Figura 6 que, com exceção do cultivar Mulato 2, que apresenta um aumento de germinação ao redor de 3 dias de armazenamento, os outros dois cultivares mostraram uma redução crescente da germinação desde o início do experimento.

Resultados semelhantes foram obtidos por LAGO & MARTINS (1998), que relataram que o pré-aquecimento de sementes de *B. brizantha* a 40°C por sete dias, antes do teste de germinação, promoveu a liberação da dormência nessas sementes.

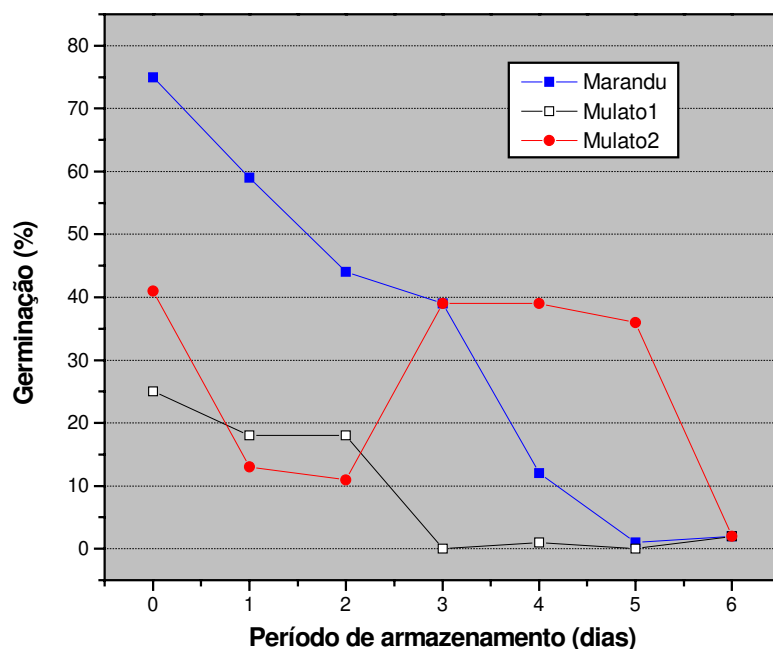


FIGURA 6. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 40°C, com graus de umidade de 16,9, 19,3 e 17,8%, respectivamente.

A análise estatística desses resultados está apresentada na Tabela 3. Verifica-se que, independentemente dos graus de umidade, o cultivar Marandu apresentou a maior porcentagem de germinação, enquanto que os outros cultivares mostraram resultados estatisticamente iguais entre si.

A temperatura tem grande influência na porcentagem e na velocidade de germinação, influenciando a sorção de água pela semente e também as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido no processo (BEWLEY & BLACK, 1994).

Tabela 3: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 a 40°C, de acordo com os diferentes graus de umidade.

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
Marandu	50,6 a	6,6	50,2	45,9	57,1	0,0084*
Mulato 1	39,4 b	7,2	39,3	31,8	45,3	
Mulato 2	30,6 b	5,8	33,8	24,4	36,3	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.5.2 Curvas de sobrevivência a 50°C

As Figuras 7, 8 e 9 apresentam as porcentagens de germinação das sementes dos três cultivares a 50°C, com diferentes graus de umidade. Pela Figura 7 verifica-se que, com os graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5% (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente), ocorreram aumentos na germinação até aproximadamente 7 dias, devido à liberação da dormência e, a partir daí, observou-se uma redução acentuada na germinação até o final do período de armazenamento.

Pela Figura 8, para os graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%, observa-se que entre 1 e 2 dias de armazenamento, as porcentagens de germinação permaneceram praticamente constantes; a partir daí os cultivares Mulato 1 e Mulato 2 apresentaram tendências semelhantes, com liberação da dormência aos 3 dias, seguido de redução acentuada na porcentagem de germinação a partir deste ponto.

Na Figura 9 são apresentadas as porcentagens de germinação para as umidades de 10,3, 9,9 e 10,8% (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente). O cultivar Marandu apresentou três picos de liberação de dormência até aos 3,5 dias, com valores próximos de 80% de germinação, com redução acentuada daí em diante. As liberações de dormência dos cultivares Mulato 2 e Mulato 1 foram observadas aos 0,5 e 1,5 dia, respectivamente.

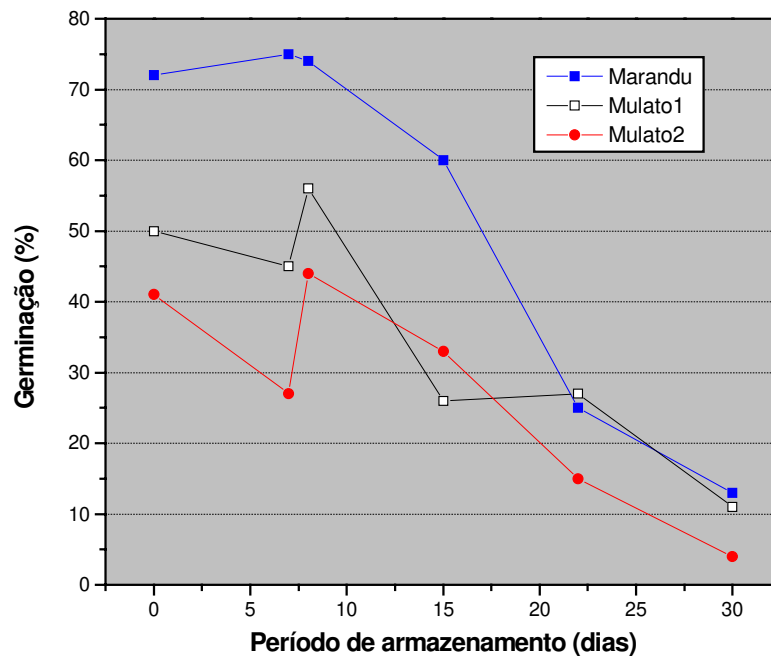


FIGURA 7. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 50° C, com graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5%, respectivamente.

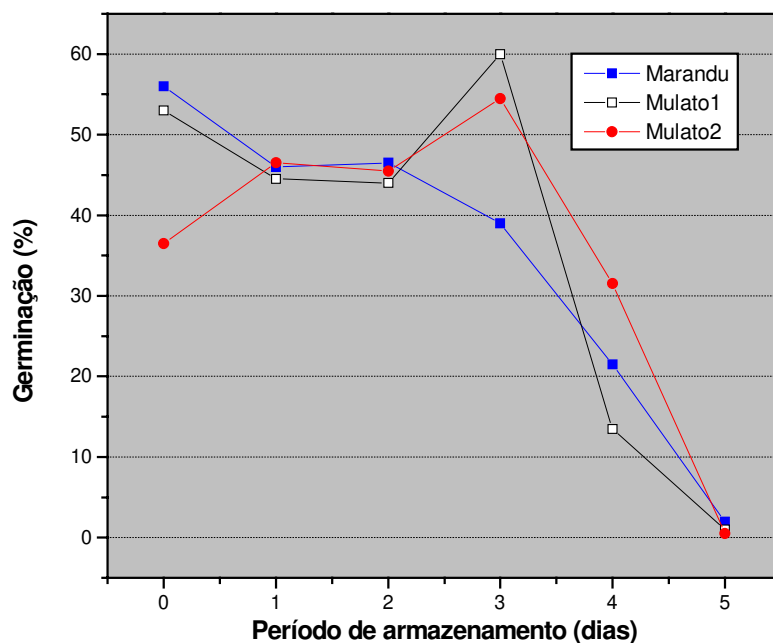


FIGURA 8. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 50°C, com graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%, respectivamente.

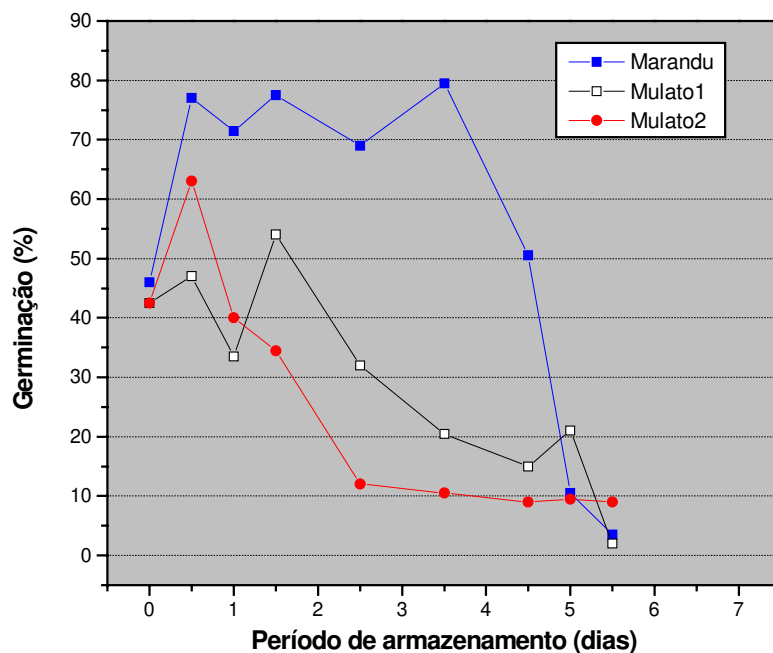


FIGURA 9. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 50° C, com graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%, respectivamente.

VIEIRA et al. (1998) acondicionaram sementes de *B. brizantha* com 12% de grau de umidade em sacos de papel e submeteu-as a 50°C durante 3 e 4 dias, verificando que esse tratamento foi eficiente na liberação da dormência. Esses resultados são semelhantes aos obtidos neste experimento, devendo-se ressaltar que não houve controle do grau de umidade naquela pesquisa. No entanto, MARTINS & SILVA (2001), trabalhando com sementes dessa espécie, relataram que o tratamento a 55°C por 10 horas não promoveu acréscimos na germinação.

A análise estatística dos resultados de germinação a 50°C é apresentada na Tabela 4. Verifica-se que, independentemente dos graus de umidade, o cultivar Marandu apresentou novamente os melhores resultados de germinação, enquanto que os outros dois cultivares tiveram comportamento semelhante entre si.

Tabela 4: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 a 50°C, de acordo com os diferentes graus de umidade.

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	57,9 a	9,2	59,6	45,3	65,4	0,0159*
Mulato 1	35,2 b	6,0	34,2	28,2	39,6	
Mulato 2	30,9 b	9,1	34,7	26,5	44,9	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.5.3 Curvas de sobrevivência a 65°C

As porcentagens de germinação das sementes dos três cultivares a 65°C, com diferentes graus de umidade, são apresentadas na Figuras 10, 11, 12 e 13. Pela Figura 10, para os graus de umidade de 2,2, 1,9 e 2,2% (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente), nota-se que o cultivar Marandu apresentou um aumento da germinação aos 10 dias de armazenamento, após decréscimo aos 2,5 a 7,5 dias, com redução acentuada a partir daí. Os outros dois cultivares não apresentaram aumentos na germinação durante o armazenamento.

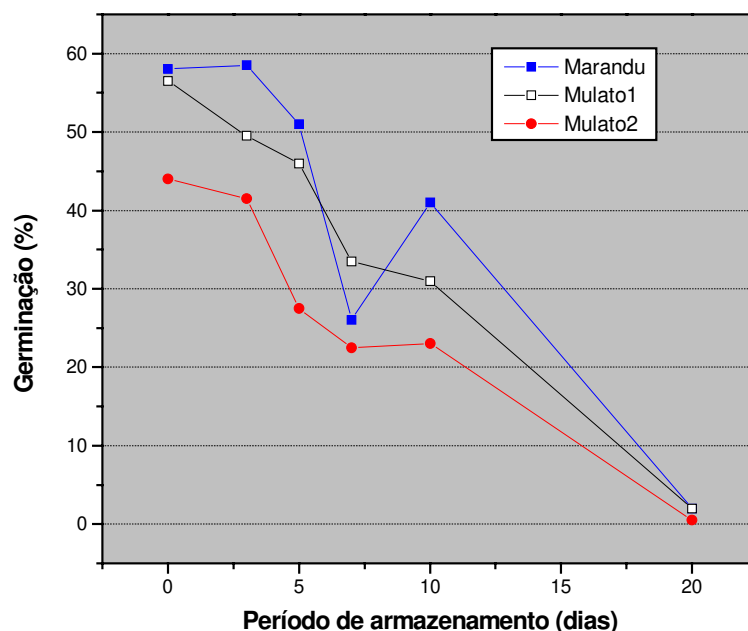


FIGURA 10. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C, com graus de umidade de 2,2, 1,9 e 2,2%, respectivamente.

A Figura 11 apresenta as porcentagens de germinação para os graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5% (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente). O cultivar Marandu apresentou uma liberação de dormência no 1º dia, enquanto que nos cultivares Mulato 1 e Mulato 2 essa tendência foi observada no período de 1-2 dias, sendo que a partir desses pontos a redução foi semelhante para esses cultivares.

Os resultados de germinação para os graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2% (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente) são mostrados na Figura 12. Os cultivares Marandu e Mulato 2 apresentaram vários aumentos e reduções na germinação entre 0,2 e 1,0 dia de armazenamento, fato não observado para o cultivar Mulato 1.

A Figura 13 apresenta os resultados de germinação para os graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8% (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente). Os cultivares Marandu e Mulato 2 apresentaram aumentos na porcentagem de germinação até 0,2 dia de armazenamento. Por outro lado, o cultivar Mulato 1 mostra um ligeiro aumento de germinação ao 0,5 dia de armazenamento.

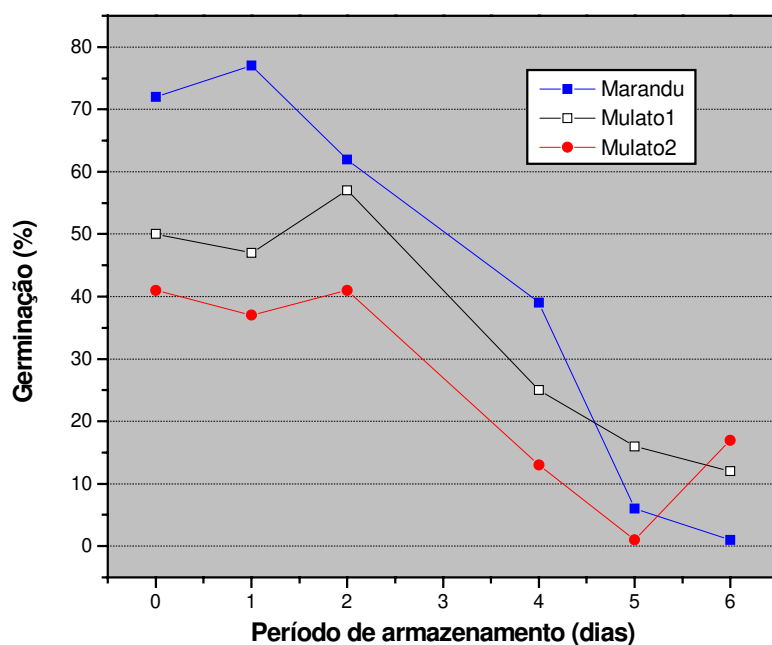


FIGURA 11. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C, com graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5%, respectivamente.

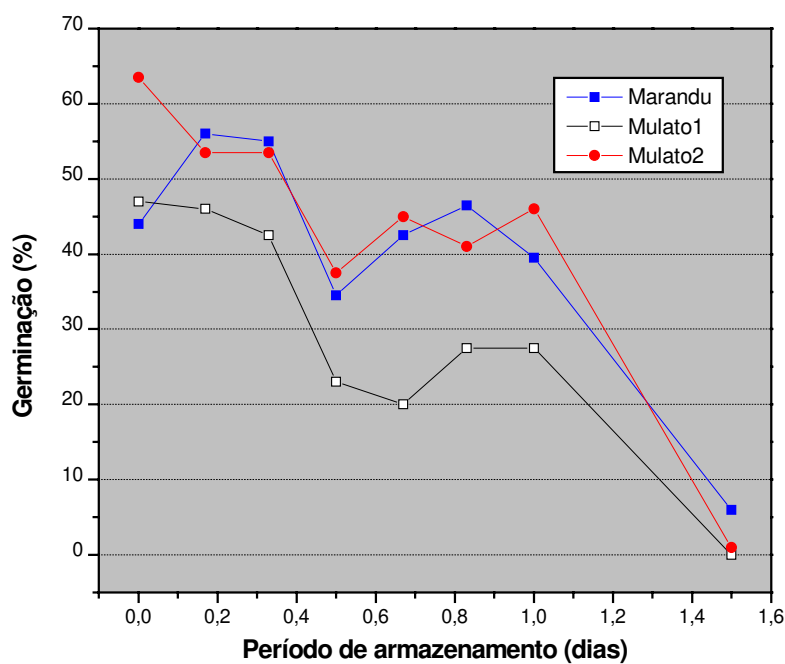


FIGURA 12. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C com graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2%, respectivamente.

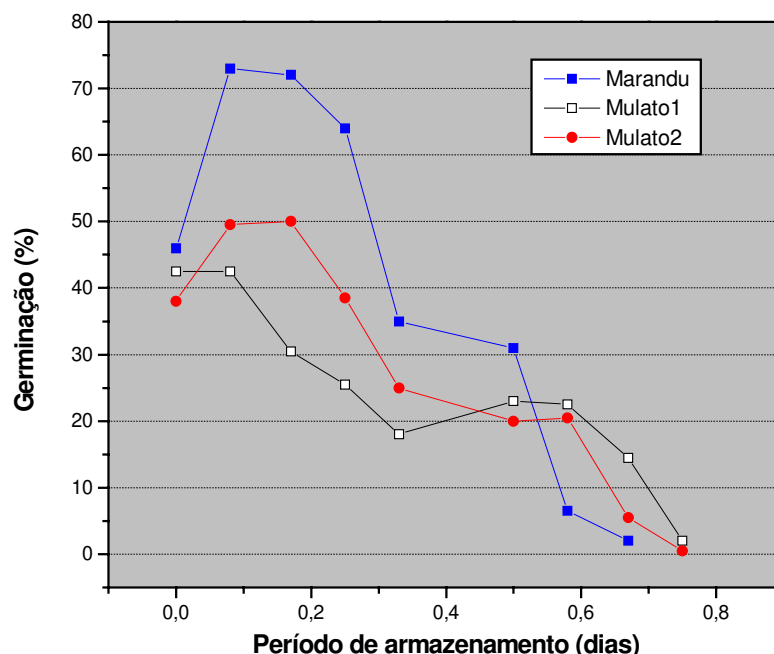


FIGURA 13. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, armazenadas a 65°C com graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%, respectivamente.

A temperatura de 65°C, comumente usada para a determinação de constantes da equação de viabilidade (ELLIS & ROBERTS, 1980) e considerada excessiva pela maioria dos pesquisadores, conduziu a liberação da dormência em vários graus de umidade para os cultivares testados. Em estudos semelhantes, VIEIRA et al. (1998) submeteram sementes da espécie a 70°C durante 10 e 15 horas e comprovaram a liberação da dormência, sem gerar deterioração fisiológica latente; o que no entanto ocorreu a 85°C. MARTINS & SILVA (2001) mostraram que a temperatura de 70°C durante 72 horas foi também eficaz em promover a germinação da maioria das sementes dormentes da espécie.

A análise estatística dos resultados de germinação a 65°C é apresentada na Tabela 5. Verifica-se novamente que, independentemente dos graus de umidade, o cultivar Marandu apresentou os melhores resultados referentes à liberação da dormência, enquanto que os outros cultivares tiveram comportamento semelhante entre si.

Tabela 5: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2 a 65°C, de acordo com os diferentes graus de umidade.

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
Marandu	39,4 a	5,3	39,3	34,0	44,9	0,0123*
Mulato 1	27,5 b	5,7	27,6	21,4	32,0	
Mulato 2	31,8 b	4,8	32,1	26,3	36,3	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.6 Análise estatística para cada cultivar

5.6.1 Cultivar Marandu

A análise estatística dos resultados de germinação para cada cultivar foi delineada de modo a considerar separadamente os efeitos de temperatura e de grau de umidade das sementes. Os resultados estatísticos concernentes aos efeitos das temperaturas de armazenamento, mantendo-se os graus de umidade fixos são apresentados na Tabela 6.

Assim, verifica-se que para os graus de umidade de 7,6 e 10,3% não foram observadas diferenças significativas para as temperaturas de armazenamento; entretanto, para o grau de umidade de 9,5% e 40°C, foi obtido o melhor resultado para a liberação da dormência, enquanto que as outras temperaturas apresentaram comportamento semelhante.

Tabela 6: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Marandu, mantendo-se fixas as umidades e variando as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C).

7,6%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
50° C	53,1	26,3	65,0	12,0	78,0	0,126
65° C	33,8	32,8	21,0	0	80,0	

9,5%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
40°C	58,7 a	21,1	62,0	0	84,0	<0,0001*
50°C	35,1 b	20,2	43,0	0	62,0	
65°C	42,0 b	16,9	44,0	4,0	64,0	

10,3%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
40°C	42,9	28,6	45,0	0	84,0	0,07
50°C	52,7	32,5	65,0	0	92,0	
65°C	35,7	31,6	33,0	0	92,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

Os resultados estatísticos concernentes aos efeitos dos graus de umidade, mantendo-se as temperaturas de armazenamento fixas são apresentados na Tabela 7.

A 40°C observou-se uma diferença significativa entre os graus de umidade, sendo que o valor de 9,5% apresentou a maior liberação da dormência, enquanto que as umidades de 10,3 e 16,9% apresentaram comportamento semelhante entre si.

Na temperatura de 50°C, os melhores resultados foram obtidos para os graus de umidade de 7,6 e 10,3%, ambos superiores aos resultados referentes à umidade de 9,5%.

Na temperatura de 65°C (2,2, 7,6, 9,5 e 10,3%) não foram observadas diferenças significativas nas porcentagens de germinação. Deve-se aqui lembrar que a temperatura testada é muito elevada e, deste modo, a liberação da dormência pode estar sendo mascarada pelo alto grau de deterioração das sementes.

Tabela 7: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Marandu, mantendo-se fixas as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C) e variando-se os graus de umidade.

40°C						
Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
9,5%	58,7 a	21,1	62,0	0	84,0	0,0012*
10,3%	42,9 ab	28,6	45,0	0	84,0	
16,9%	33,5 b	28,2	38,0	0	76,0	
50°C						
Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
7,6%	53,1 a	26,3	65,0	12,0	78,0	0,047*
9,5%	35,1 b	20,2	43,0	0	62,0	
10,3%	52,7 a	32,5	65,0	0	92,0	
65°C						
Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
2,2%	39,4	21,6	46,0	0	78,0	0,7013
7,6%	33,8	32,8	21,0	0	80,0	
9,5%	42,0	16,9	44,0	4,0	64,0	
10,3%	35,7	31,6	33,0	0	92,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.6.2 Cultivar Mulato 1

Os resultados da análise estatística referente aos efeitos das temperaturas de armazenamento, mantendo-se os graus de umidade fixos são apresentados na Tabela 8.

Para o grau de umidade de 8,3% não foram observadas diferenças significativas entre as porcentagens de germinação para as temperaturas de 50 e 65°C, no entanto ocorreu nas outras umidades testadas.

Para a umidade de 8,4%, os melhores resultados foram obtidos a 40°C, enquanto que para as outras temperaturas os resultados obtidos foram estatisticamente semelhantes.

Para a umidade de 9,9%, novamente observa-se o efeito positivo da temperatura de 40°C, que conduziu a valores de germinação estatisticamente superiores aos obtidos nas outras temperaturas.

A análise das porcentagens de germinação concernente aos efeitos dos graus de umidade, mantendo-se fixas as temperaturas é apresentada na Tabela 9. Observa-se que a 50 e 65°C não foram observadas diferenças significativas para os graus de umidade testados, a saber: 8,3, 8,5 e 9,9% e 1,9, 8,3, 8,5 e 9,9%, respectivamente. A 40°C, os melhores resultados foram obtidos a 8,5%, seguidos pelos resultados a 9,9%.

Tabela 8: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 1, mantendo-se fixas as umidades e variando as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C).

8,3%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
50° C	35,8	17,2	22,0	6,0	64,0	0,194
65° C	25,6	19,8	19,0	2,0	52,0	

8,4%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
40°C	52,5 a	21,5	50,0	0	104,0	<0,0001*
50°C	37,5 b	21,4	46,0	0	72,0	
65°C	29,9 b	17,3	30,0	0	56,0	

9,9%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
40°C	37,7 a	18,1	39,0	4,0	68,0	0,0327*
50°C	29,7 ab	22,0	24,0	0	85,0	
65°C	24,5 b	20,9	23,0	0	85,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

Tabela 9: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 1, mantendo-se fixas as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C) e variando-se os graus de umidade.

40°C						
Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
8,5%	52,5 a	21,5	50,0	0	104,0	<0,0001***
9,9%	37,7 b	18,1	39,0	4,0	68,0	
19,3%	10,5 c	13,4	2,0	0	40,0	
50°C						
Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
8,3%	35,8	17,2	33,0	6,0	64,0	0,3486
8,5%	37,5	21,4	46,0	0	72,0	
9,9%	29,7	22,0	24,0	0	85,0	
65°C						
Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
1,9%	36,4	19,9	37,0	0	72,0	0,1321
8,3%	25,6	19,8	19,0	2,0	52,0	
8,5%	29,9	17,3	30,0	0	56,0	
9,9%	24,5	20,9	23,0	0	85,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.6.3 Cultivar Mulato 2

Os efeitos das temperaturas de armazenamento, mantendo-se os graus de umidade fixos, são apresentados na Tabela 10. Para os graus de umidade de 7,5 e 9,2% não foram observadas diferenças significativas entre as porcentagens de germinação para as temperaturas de 40, 50 e 65°C. Entretanto, para a umidade de 10,8% foi detectada uma diferença significativa, sendo que os melhores resultados foram obtidos a 50°C, enquanto que para as outras temperaturas os resultados obtidos foram estatisticamente semelhantes.

A análise das porcentagens de germinação concernentes aos efeitos dos graus de umidade, mantendo-se fixas as temperaturas, é apresentada na Tabela 11. Observa-se que a 40 e 65°C foram observadas diferenças significativas para os graus de umidade testados, a saber: 9,2, 10,8 e 17,8% e 2,2, 7,5, 9,2 e 10,8%, respectivamente. O grau de umidade de 9,2% conduziu a resultados de germinação estatisticamente superiores aos demais, a 40 e 65°C, com valores praticamente semelhantes. Para a temperatura de 50°C e graus de umidade de 7,5, 9,2 e 10,8% não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 10: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 2, mantendo-se fixas as umidades e variando as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C).

7,5%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
50° C	25,6	17,7	27,0	4,0	48,0	0,9181
65° C	25,0	16,6	26,0	0	48,0	

9,2%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
40° C	39,7	14,6	40,0	0	76,0	0,6277
50° C	35,8	20,5	41,0	0	76,0	
65° C	39,2	16,7	43,0	0	64,0	

10,8%

Temperatura	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
40° C	19,0 b	19,1	15,0	0	50,0	0,0017*
50° C	37,6 a	20,7	40,0	0	45,0	
65° C	27,5 ab	22,7	28,0	0	76,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

Tabela 11: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes do cultivar Mulato 2, mantendo-se fixas as temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C) e variando-se os graus de umidade.

40°C

Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
9,2%	39,7 a	14,6	40,0	0	76,0	<0,0001*
10,8%	19,0 b	19,1	15,0	0	50,0	
17,8%	25,8 b	16,2	32,0	2,0	46,0	

50°C

Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
7,5%	25,6	14,7	27,0	4,0	48,0	0,1951
9,2%	35,8	20,5	41,0	0	76,0	
10,8%	37,6	20,7	40,0	0	85,0	

65°C

Umidade	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
2,2%	26,5 b	15,6	28,0	0	56,0	0,023*
7,5%	25,0 b	16,6	26,0	0	48,0	
9,2%	39,2 a	16,7	43,0	0	64,0	
10,8%	27,5 b	22,7	28,0	0	76,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.7 Análise estatística entre os cultivares

5.7.1 Liberação de dormência a 40°C

A análise estatística dos resultados de germinação de todos os cultivares consistiu na comparação entre eles, considerando-se a interação entre temperatura e umidade dentro de cada experimento. Os resultados para a temperatura de 40°C são apresentados na Tabela 12.

Observa-se que, para os graus de umidade de 9,5, 8,4 e 9,2 (Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, respectivamente), foram detectadas diferenças significativas de comportamento dos cultivares, sendo que o Marandu apresentou as maiores porcentagens de germinação, portanto conduzindo a uma maior liberação da dormência.

Com o aumento do nível de grau de umidade para 10,3, 9,9 e 10,8%, os cultivares Marandu e Mulato 1 apresentam as maiores porcentagens de germinação, ambas superiores ao Mulato 2. Para os graus de umidade de 16,9, 19,3 e 17,8%, as maiores porcentagens de germinação foram obtidas para Marandu, Mulato 2 e Mulato 1, respectivamente.

Comparando-se os resultados da Tabela 12 com os de escarificação química e viabilidade pelo TZ (Tabela 1), nota-se que, a 40°C, somente ocorreu a liberação da dormência para as umidades ao redor de 9%, independentemente do cultivar analisado.

Tabela 12: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, mantendo-se fixa a temperatura de armazenamento (40°C) e variando-se os graus de umidade.

9,5, 8,4 e 9,2%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	63,4 a	7,2	63,4	55,4	71,4	0,0102*
Mulato 1	57,4 b	9,0	57,5	47,2	68,9	
Mulato 2	41,1 c	7,9	48,8	31,4	49,0	

10,3, 9,9 e 10,8%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	42,5 a	6,6	42,1	36,0	49,7	0,0035*
Mulato 1	37,1 ab	7,8	36,7	29,1	45,8	
Mulato 2	16,3 b	3,9	15,9	12,5	21,0	

16,9, 19,3 e 17,8%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	38,8 a	4,5	38,8	35,6	42,0	0,0110*
Mulato 1	12,0 c	3,8	12,0	9,3	14,6	
Mulato 2	29,8 b	4,5	29,8	26,3	33,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.7.2 Liberação de dormência a 50°C

Os resultados de porcentagens de germinação de todos cultivares e graus de umidade para a temperatura de 50°C são mostrados na Tabela 13. Para os graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5%, observa-se que houve uma marcante liberação de dormência para o cultivar Marandu e uma ligeira liberação para o Mulato 1, enquanto que para o Mulato 2, esse fenômeno não foi observado (vide Tabela 1).

Com o aumento dos graus de umidade para 9,5, 8,4 e 9,2%, não foram observadas diferenças significativas entre as porcentagens de germinação dos cultivares e, também, a não ocorrência de liberação de dormência. Entretanto, para os graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%, novamente o cultivar Marandu apresentou a maior porcentagem de germinação e também uma liberação de dormência, mas não tão pronunciada como a obtida para o grau de umidade de 7,6%.

Tabela 13: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, mantendo-se fixa a temperatura de armazenamento (50°C) e variando-se os graus de umidade.

7,6, 8,3 e 7,5%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	74,7 a	4,2	73,7	70,7	76,7	0,0288*
Mulato 1	50,3 b	8,0	50,3	44,7	56,0	
Mulato 2	34,0 c	6,6	34,0	29,3	38,7	

9,5, 8,4 e 9,2%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	38,7	4,7	40,0	32,0	43,0	0,0172*
Mulato 1	33,2	3,8	33,5	29,0	37,0	
Mulato 2	33,9	10,6	33,5	23,0	46,0	

10,3, 9,9 e 10,8%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de <i>p</i>
Marandu	55,9 a	13,1	59,2	37,0	67,3	0,0089*
Mulato 1	28,2 bc	5,8	26,3	19,7	32,3	
Mulato 2	34,2 b	9,8	35,5	26,3	47,7	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

5.7.3 Liberação de dormência a 65°C

As porcentagens de germinação a 65°C são mostradas na Tabela 14. Para os graus de umidade mais baixos testados, a saber: 2,2, 1,9 e 2,2% para Marandu, Mulato 1 e Mulato 2,

respectivamente, não foi observada liberação de dormência, sendo que novamente aqui o cultivar Marandu apresentou a porcentagem de germinação mais alta. Considerando-se que esses graus de umidade estão em equilíbrio com A_w ao redor de 0,15 (Figura 2), era de se esperar um comportamento diferente dos cultivares. Uma hipótese plausível parece ser de que, apesar do baixo grau de umidade, a liberação da dormência dessas sementes esteja sendo mascarada pela elevada deterioração causada por essa temperatura de armazenamento.

Esta hipótese pode ser comprovada pelos valores obtidos para os graus de umidade de 7,6, 8,3 e 7,5% e também para 9,5, 8,4 e 9,2%, onde se observa que as porcentagens de germinação mantiveram-se praticamente constantes. Uma redução mais sensível nas porcentagens de germinação começa a ficar evidente com os resultados para os graus de umidade de 10,3, 9,9 e 10,8%. De uma maneira, nessa temperatura de armazenamento o cultivar Marandu mostra novamente maior armazenabilidade, seguido pelo cultivar Mulato 1.

Tabela 14: Delineamento experimental desbalanceado inteiramente casualizado da germinação de sementes dos cultivares Marandu, Mulato 1 e Mulato 2, mantendo-se fixa a temperatura de armazenamento (65°C) e variando-se os graus de umidade.

2,2, 1,9 e 2,2%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
Marandu	46,0 a	5,4	46,5	40,0	51,0	0,0098*
Mulato 1	38,5 b	9,1	35,5	32,0	51,0	
Mulato 2	25,2 c	5,5	26,0	18,0	31,0	

7,6, 8,3 e 7,5%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
Marandu	39,5 a	3,5	39,5	37,0	42,0	0,0243*
Mulato 1	28,2 b	4,6	28,2	25,0	31,5	
Mulato 2	34,0 ab	4,9	34,0	30,5	37,5	

9,5, 8,4 e 9,2%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
Marandu	40,1 a	5,7	40,5	33,3	46,0	0,0099*
Mulato 1	27,7 b	5,4	28,8	20,7	32,3	
Mulato 2	35,7 ab	5,0	36,2	29,7	41,0	

10,3, 9,9 e 10,8%

Cultivar	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Valor de p
Marandu	35,9 a	6,2	35,0	30,0	43,6	0,0107*
Mulato 1	22,2 c	5,8	22,6	15,2	24,4	
Mulato 2	27,9 b	4,1	28,2	35,6	32,0	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si; * significativo a $p < 0,05$.

Pela análise das curvas de deterioração (Figuras 4 a 13) e da análise estatística (Tabelas 6 a 14), fica evidente que o uso de temperaturas de armazenamento e de graus de umidade constantes permitiram identificar e isolar o efeito de cada um desses fatores na liberação da dormência de sementes da espécie, o que não foi relatado em experimentos semelhantes, com destaque para VIEIRA et al. (1998) e MARTINS & SILVA (2001).

6. CONCLUSÕES

- As sementes utilizadas apresentavam altos índices de dormência, detectados por escarificação química e pelo teste de Tetrazólio;
- O teste de envelhecimento acelerado promoveu liberação da dormência das sementes;
- A velocidade de germinação (T_{50}) não foi eficaz para diferenciar cultivares e tratamentos;
- O padrão das isotermas de sorção e desorção foi semelhante para os cultivares;
- O número de sementes por grama variou entre os cultivares;
- A liberação de dormência a 40°C foi mais evidente nos graus de umidade de 9,5 e 8,5% para os cultivares Marandu e Mulato 1;
- Houve liberação da dormência a 50°C em todos os graus de umidade;
- As liberações de dormência a 65°C não foram tão evidentes em todos os graus de umidade testados;
- As sementes do cultivar Marandu apresentaram maior armazenabilidade nas condições de armazenamento estudadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIGAZA, R.L.; MELLO, V.D.C.; SANTOS, D.S.B.; IRIGON, D.L. Avaliação de testes de vigor em sementes de feijão e suas relações com a emergência em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.12, p.44-58, 1990.

ALVARADO, N. A. & BRADFORD, K.J. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seeds. I. Effects of storage temperature on germination rate and viability. **Seed Science and Technology**, v.16, p.601-612, 1988.

AQUALAB. **Analizador de atividade de água Decagon**. BRASIL: ABRASEQ, 1997. 21p. (Manual, 01).

ATALLA, L.M.P.; TOSELLO, J. Observações sobre a dormência em 2 espécies de *Brachiaria*: *B. decumbens* e *B. humidicola* em condições de laboratório. **Científica**, v.7, p.353-355, 1979.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M.F.M.; GOMES, R.A.R.; VALENTINI, S.R.T. **Alterações nos grãos durante a estocagem**. In: ATHIÉ, I.; CASTRO, M.F.M.; GOMES, R.A. R.; VALENTINI, S.R.T. Conservação de grãos. Campinas: Fundação Cargill, 1998. p.9-18.

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

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 365p., 1992.

BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Grain equilibrium moisture content**. In: Drying and storage of grains and oilseeds. New York. 1992. p.67-86.

CARNEIRO, J.G.A.; AGUIAR, I.B. **Armazenamento de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes Florestais Tropicais. Brasília. ABRATES, 1993. 350p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 424p.

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, p.451-458, 1994.

CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M. **Secagem a nível de produtor**. In: Simpósio Armazenamento de Grãos e Sementes nas Propriedades Rurais. Campina Grande: UFPB, 1997. 291p.

DELOUCHE, J.C. **Physiology of seed storage**. Mississippi State University, State College, 1968. 8p.

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **Horticultural Science**, v.15, p.775-780, 1980.

DESAI, B.B.; KOTACHA, P.M.; SALUNKE, D.K. **Seed handbook: biology, production, processing and storage**. New York: Marcel Dekker, 1997. 627p.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v.4, p.13-30, 1980.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. **Annals of Botany**, v.61, p.405-408, 1988.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I Coffee. **Journal of Experimental Botany**, London, v.41, n.230, p.1167-1174, 1990.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, p.69-72, 1991.

FAO. **Ex situ storage of seeds, pollen and in vitro cultures of perennial woody plant species**. Rome: FAO, 1993. 83p. (FAO Forestry Paper, n.113).

FIOREZE, R. Equação para o teor de umidade de equilíbrio estático para produtos biológicos. **Revista de Tecnologia e Ciência**, v.3, p.9-11, 1989.

GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 129p. (Curso de Pós-graduação “Latu Sensu” Especialização a Distância: Produção e Tecnologia de Sementes).

HARRINGTON, J.F. **Seed storage longevity**. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed Biology**, New York: Academic Press, 1972. v.3, p.145-245.

HERRERA, J. Efecto de algunos tratamientos para interrumpir el reposo en semillas de pastos. II. *Brachiaria decumbens*. **Agronomía Costarricense**, v.18, p.75-85, 1994.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55p. (IPGRI. Technical Bulletin, 1).

HUNT, W.H.; PIXTON, S.W. Moisture - Its significance, behaviour and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grains and their products**. Amer. Assoc. Cereal Chem. Incorporated, Minnesota, USA, 1974, p.1-53.

ISTA, INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. **Seed Science & Technology**, v.13, p.299-55, 356-513, 1985.

JARK-FILHO, W. **Estudo sobre a quebra de dormência em sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf**. 1976. 63p. Dissertação de Mestrado. ESALQ, USP, Piracicaba, 1976.

KAGEYAMA, P.Y.; MARQUEZ, F.C.M. **Comportamento de sementes de curta longevidade armazenadas com diferentes graus de umidade iniciais: gênero: *Tabebuia***. In: Tropical Seed Problems, 1980.

KING, M.W.; ROBERTS, E.H. The imbibed storage of *cocoa* (*Theobroma cacao*) seeds. **Seed Science & Technology**, v.10, p.535-540, 1982.

LAGO, A.A.; MARTINS, L. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.299-204, 1998.

LEOPOLD, A.C.; VERTUCCI, C.W. **Moisture as a regulator of physiological reactions in seeds**. In: STANWOOD, P.C.; McDONALD, M.B. Seed Moisture. Crop Science Society of America, Special Publication. 1989, p.1-67.

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

MARTINS, L.; LAGO, AA. Germinação e viabilidade de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, p.262-266, 1996.

MARTINS, L.; SILVA, W.R. Comportamento da dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst.ex A.Rich) Stapf submetidas a tratamentos térmicos e químicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.997-1003, 2001.

McLEAN, D.; GROF, B. Effect of seed treatments on *Brachiaria mutica* and *B. ruziziensis*. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v.25, p.81-83, 1968.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plants and animals materials**. 2.ed. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. 3.ed. New York: John Wiley, 1991.

MONTÓRIO, G.A.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, V.R.O.; BRACCINI, M.C.L. Avaliação de métodos para superação da dormência das sementes de capim braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). **Revista Unimar**, v.19, p.797-809, 1997.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, v.9, p.13-37, 1999.

PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isothermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, v.3, p.81-6, 1992.

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

PUZZI, D. **Características dos grãos armazenados**. In: Abastecimento e armazenagem de grãos. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. p.113-132.

RAMOS, A.; ZANON, A. **Armazenamento de sementes de espécies florestais**. In: Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Sementes Florestais. Belo Horizonte, 1984. *Anais*, Belo Horizonte, 1985. p. 285-316.

ROA, G.; ROSSI, S.J. Determinação experimental de curvas de teor de umidade de equilíbrio mediante a medição da umidade relativa de equilíbrio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.2, p.17-22, 1977.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973.

ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. London, Chapman and Hall Ltd., 1974. 448p.

ROBERTS, E.H. Physiology of ageing and its application to drying and storage. **Seed Science & Technology**, v.9, p.359-372, 1981.

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 de sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt. **Científica**, v.14, p.65-72, 1986.

SANTOS, J.W; GHEYI, H.R. **Estatística experimental aplicada**. Editora Gráfica Marcone Ltda. Campina Grande. 2003. 213p.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B. **Secagem, extração e beneficiamento de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes Florestais Tropicais. Brasília. ABRATES, 1993. 350p.

SMITH, C.J. Seed dormancy in *Sabi Panicum*. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, v.36, p.81-97, 1971.

SMITH, R.L. Seed dormancy in *Panicum maximum* Jacq. **Tropical Agriculture**, v.56, p.233-239, 1979.

TOLEDO, F.F.; MARCOS-FILHO, J. **Manual de sementes; tecnologia da produção**. São Paulo: Ceres, 1977. 224p.

USBERTI-FILHO, J.A. **Capim-colonião**. In: VIEGAS, G.P.; FURLANI, A.M.C. (ed.). *Melhoramento de Plantas no Instituto Agrônômico*. p.95-109, 1993.

USBERTI, R. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de capim-colonião. **Revista Brasileira de Sementes**, v.4, p.23-30, 1982.

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

USBERTI, R; USBERTI Jr, J.A.; PATERNIANI, R.S. Flowering cycle-related seed quality characteristics of 15 guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) hybrids. **Seed Science & Technology**, v.28, p.201-207, 2000.

USBERTI, R; USBERTI Jr, J.A.; AGUIAR, R.H.; CARNEIRO, L.M.T.A.; FANTINATI, J.B.; FRANCISCO, F.G. Effects of a recurrent selection scheme, applied to an interspecific hybrid *Pennisetum purpureum* Schum. (elephantgrass) x *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Stuntz (pearl millet), on several seed quality parameters. **Proceedings of the XX International Grassland Congress**, Dublin, Irlanda. v.1, p.62. 2005.

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

VOIGT, P.W.; TISCHLER, C.R. Effect of seed treatment on germination and emergence of 3 warm-season grasses. **Journal of Range Management**, v.50, p.170-174, 1997.

WHITEMAN, P.C.; MENDRA, K. Effects of storage and seed treatments on germination of *Brachiaria decumbens*. **Seed Science & Technology**, v.10, p.233-242, 1982.