

# Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial<sup>1</sup>

## Physiological and performance in overcoming dormancy in seeds *Brachiaria brizantha* under artificial chemical treatment and aging

Eliana Duarte Cardoso<sup>2\*</sup>; Marco Eustáquio de Sá<sup>3</sup>;  
Kuniko Iwamoto Haga<sup>3</sup>; Flávio Ferreira da Silva Binotti<sup>2</sup>;  
Débora Cristiane Nogueira<sup>4</sup>; Walter Veriano Valério Filho<sup>3</sup>

### Resumo

A utilização de sementes de *B. brizantha* tem aumentado, porém, a qualidade fisiológica das sementes colocadas à disposição do produtor é ainda um fator limitante para um bom desempenho da cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos causados pela escarificação química, diferentes períodos de envelhecimento artificial e condicionamento fisiológico sobre a qualidade fisiológica e superação de dormência das sementes de *B. brizantha* cv. MG-5 Vitória. As sementes foram submetidas à escarificação química – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (presença e ausência), períodos de envelhecimento artificial (zero, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas) à 41°C e condicionamento fisiológico utilizando-se KNO<sub>3</sub> a 0,2% (presença e ausência) por duas horas à 25°C, constituindo um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x8x2, com quatro repetições. As sementes foram avaliadas por meio de testes de germinação e vigor. A escarificação química é um método eficaz para superação de dormência, porém reduz o potencial fisiológico das sementes. Superação de dormência das sementes de *B. brizantha* ocorre com o emprego do envelhecimento artificial para sementes não escarificadas e escarificadas. O condicionamento fisiológico de modo geral não tem efeito sobre a qualidade fisiológica e superação de dormência das sementes de *B. brizantha*, todavia, o mesmo propicia menor perda de constituintes celulares.

**Palavras-chave:** cv. MG-5, escarificação química, envelhecimento acelerado, condicionamento fisiológico e qualidade fisiológica

### Abstract

The use of seeds of *B. brizantha* has increased, however, the physiological quality of seeds available to the producer is still a limiting factor for a good performance culture. The objective of this study was to evaluate the effects caused by chemical scarification, different periods of aging and priming on physiological quality and overcoming seed dormancy *B. brizantha* cv. MG-5 Victory. The seeds were subjected to chemical scarification – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (presence and absence), artificial aging periods (zero, 24, 48, 72, 96, 120, 144 and 168 hours) at 41 °C and priming using the 0,2 KNO<sub>3</sub> % (presence and absence) for

<sup>1</sup> Parte integrante da Tese de Doutorado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Profs. da Unidade Universitária de Cassilândia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Cassilândia, MS. E-mail: elianaduarte@uems.br; binotti@uems.br

<sup>3</sup> Profs. da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP. E-mail: marcosa@agr.feis.unesp.br; kuniko@bio.feis.unesp.br; wvfvf@mat.feis.unesp.br

<sup>4</sup> Dr<sup>a</sup> Agronomia, UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP. E-mail: debora\_nogueira11@yahoo.com.br

\* Autor para correspondência

two hours at 25 ° C, creating a completely randomized design in factorial 2x8x2, with four repetitions. The seeds were evaluated by testing germination and vigor. Chemical scarification is an effective method for breaking dormancy, but decreases the physiological seed. Overcoming seed dormancy *B. brizantha* occurs with the use of artificial aging for non-scarified and scarified seeds. Priming generally has no effect on the physiological quality and overcoming seed dormancy *B. brizantha*, however, it provides less loss of cellular constituents.

**Key words:** cv. MG-5, chemical scarification, accelerated aging, priming and fisiological quality seeds

## Introdução

A expansão das áreas de pastagens cultivadas com espécies do gênero *Brachiaria* tem aumentado no Brasil, quando comparada com outras forrageiras, e vem ganhando espaço, principalmente por ser rústica, permitindo adaptação as mais variadas condições, tanto de clima quanto de solo. Atualmente, o país exporta semente com valor cultural em torno de 80% para cerca de 40 países, sendo o maior produtor e exportador de sementes forrageiras tropicais do mundo.

Para a formação de pastagens de excelente qualidade não basta somente manejo adequado, mas também a utilização de sementes com alto poder germinativo e vigor. Um dos principais obstáculos que algumas espécies vêm apresentando é a dormência das sementes, como é o caso da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Carvalho e Nakagawa (2000) destacam que sementes dormentes são aquelas que, embora viáveis, não germinam mesmo em condições apropriadas, com fornecimento de temperatura favorável e adequado suprimento de água e oxigênio. O estado de dormência da semente afeta a velocidade de emergência das plantas em campo, levando a desuniformidade do estande, o que retarda a formação da pastagem e favorece o aparecimento de plantas invasoras (ARAUJO et al., 1996).

A maioria de trabalhos realizados para a superação de dormência de sementes de *Brachiaria* menciona o tratamento com ácido sulfúrico. Segundo Marcos Filho (2005), o mesmo é utilizado por promover a permeabilidade do tegumento a água e as trocas gasosas. A escarificação química é um método utilizado nos lotes de sementes de

*B. brizantha* comercializados, todavia, apresenta riscos aos trabalhadores e ao meio ambiente e, além disso, pode promover danos às sementes.

Em *B. brizantha*, a expressão da dormência se associa a causas físicas, provavelmente relacionadas a restrições impostas pela cobertura da semente (lema, pálea, pericarpo e tegumento) à entrada de oxigênio e causas fisiológicas presentes em sementes recém-colhidas, progressivamente suprimidas durante o armazenamento. Assim, o envelhecimento artificial pode ser um método capaz de superar a dormência. Conforme Meschede et al. (2004) o envelhecimento artificial é um tecnologia eficiente para superação de dormência de sementes de capim-braquiária cultivar Marandu, contudo o período de exposição pode variar com a qualidade inicial do lote.

Alguns procedimentos de pré-tratamento não estão diretamente relacionados com a dormência das sementes, mas são realizados com o objetivo de acelerar o processo de germinação ou promover o estabelecimento das plântulas. Vários hormônios e compostos nitrogenados podem ajudar na superação da dormência em certas condições. No condicionamento, as sementes são tratadas de maneira que se inicie o processo de germinação, sem que ocorra a protrusão da radícula (LARS, 2000). Respostas variadas e atuação do  $KNO_3$  no condicionamento fisiológico das sementes são encontradas, como as citadas por Bonome et al. (2006), que relataram que o sal de baixo peso molecular  $KNO_3$ , pode ter penetrado nos tecidos das sementes de braquiária causando fitotoxidez e Lopes et al. (2011), que afirmaram que a porcentagem do teste padrão de germinação das sementes de cenoura

e pimentão submetidas ao condicionamento, foram significativamente superiores a da testemunha e do condicionamento com água. Estudos sobre a prática do condicionamento com o  $\text{KNO}_3$  em sementes ainda são necessários, principalmente para aumentar o conhecimento sobre esta prática, que em muitos trabalhos tem se mostrado promissora.

A dormência pode variar em função da espécie cultivada, sistema de produção, condições edafoclimáticas, processamento da semente e condições de armazenamento, sendo que o mecanismo de dormência apresenta particularidades, tornando difícil qualquer generalização sobre suas causas (pode ocorrer independentemente ou combinadas), como acontece para a maioria das sementes de *B. brizantha*. A escolha de tratamentos eficientes para a superação da dormência varia pelos fatores mencionados anteriormente. Assim, são vários os métodos que podem ser empregados para a superação da mesma, porém os mais utilizados são tratamentos químicos, térmicos e mecânicos. A eficiência da formação de uma

pastagem está intimamente ligada com a utilização de sementes com alta qualidade e, pesquisas para a melhoria da qualidade fisiológica das sementes e superação da dormência é de extrema importância para a sustentabilidade do sistema de produção. É necessário, portanto, conhecer a natureza, intensidade e persistência da dormência, sendo essas ainda não suficientemente esclarecidas.

O objetivo neste trabalho foi avaliar os efeitos da escarificação química, diferentes períodos de envelhecimento artificial e do condicionamento fisiológico na qualidade fisiológica e superação de dormência de sementes de *B. brizantha* cv. MG-5 Vitória.

## Material e Métodos

Foram utilizadas sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, proveniente de campos de produção de sementes da safra 2007/2008. A caracterização física e fisiológica inicial das sementes está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Teor de água, massa de 1000 sementes e qualidade fisiológica inicial de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Teor de água	Massa de 1000 sementes	Tetrazólio	1ª contagem de germinação	Germinação	IVG <sup>1</sup>	1ª contagem de emergência	Emergência	IVE <sup>2</sup>	Condutividade elétrica
---%---	---g---		-----%-----			-----%-----			--- $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ---
10,39	11,08	80	14	20	0,86	6	24	1,05	37,5

<sup>1</sup>Índice de velocidade de germinação; <sup>2</sup>Índice de velocidade de emergência.

**Fonte:** Elaboração pelos autores.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados (DIC) em esquema fatorial  $2 \times 8 \times 2$ , sendo constituídas pela combinação de escarificação química –  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (presença e ausência), períodos de envelhecimento artificial (zero, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas) e condicionamento fisiológico  $\text{KNO}_3$  0,2% (presença e ausência), com quatro repetições.

A escarificação química das sementes foi conduzida aplicando-se ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos. Logo após, as sementes foram lavadas em água corrente e deionizada, colocadas para secar em papel toalha e a sombra por 24 horas. O envelhecimento artificial das sementes escarificadas e não escarificadas foi realizado segundo método do gerbox descrito por Marcos Filho (1999). Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas

ao germinador regulado à temperatura de 41°C ( $\pm 0,3^\circ\text{C}$ ) onde permaneceram de acordo com os tratamentos utilizados, sendo: zero, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 horas. Posteriormente as sementes foram secas em bancada e a sombra, por 24 horas. O condicionamento fisiológico foi realizado, após as sementes serem submetidas ao envelhecimento artificial, por imersão destas sementes em copos de 200 mL contendo 100 mL da solução nitrato de potássio (0,2%), por 2 horas a temperatura de 25°C, sem aeração. Posteriormente as sementes foram secas a 32 °C ( $\pm 0,3^\circ\text{C}$ ) em estufa de circulação forçada de ar, até a retomada da massa inicial, obtendo-se ao final 20 gramas de sementes, para cada tratamento.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

**Teor de água das sementes** – Foi determinado pelo método da estufa, a  $105(\pm 3 \text{ }^\circ\text{C})$  durante 24 horas, conforme a metodologia indicada pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), antes e após a realização dos tratamentos.

**Primeira contagem de germinação e emergência** – Realizada juntamente com o teste de germinação e emergência. O registro da porcentagem de plântulas normais foi verificado 7 dias após a instalação do teste (NAKAGAWA, 1999).

**Teste de germinação** – Foi realizado em caixas de plástico transparente (11 x 11 x 3,5 cm), com quatro repetições de 50 sementes, sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, as quais foram mantidas em câmara de germinação (BOD), sob fotoperíodo de 12 horas e temperatura alternada de 20-30°C. As avaliações foram realizadas aos 7 e 21 dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas normais, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

**Índices de velocidade de germinação e emergência** – Foi realizado em conjunto com o teste de germinação e emergência, onde o índice

de velocidade para cada tratamento foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$VG(E) = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn \text{ onde;}$$

VG(E) = velocidade de germinação/emergência;

N1, N2, ..., Nn = número de plântulas germinadas/emergidas a 1, 2, ..., n dias após a semeadura, respectivamente;

D1, D2, ..., Dn = número de dias após a implantação do teste.

**Viabilidade das sementes remanescente do teste de germinação** – Foi realizado através do teste de tetrazólio, utilizando as sementes remanescentes do teste de germinação. As sementes foram submetidas a um corte manual em sentido longitudinal, com o auxílio de um bisturi, e a imersão de uma das partes em solução de 2,3,5 trifetil cloreto de tetrazólio 0,1% (DELOUCHE, et al.; 1962; citados por MARTINS; SILVA, 2001), por aproximadamente 2 horas à temperatura de 30°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ). Posteriormente as sementes foram lavadas em água corrente e foi realizada a avaliação dos embriões para a identificação e contagem das sementes vivas e mortas remanescentes do teste de germinação.

**Teste de emergência** – Foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes em vaso de 50x17x14cm, mantendo-se a temperatura ambiente. O substrato utilizado (plantimax®) foi umedecido com água destilada. As contagens foram realizadas aos 7 e 21 dias após a semeadura.

**Condutividade elétrica** – Quatro sub-amostras de 25 sementes foram pesadas com precisão de três casas decimais e, posteriormente, colocadas em copo de plástico contendo 75 mL de água deionizada e, em seguida, levada à incubadora BOD a 25°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) por 24 horas. Após esse período foram realizadas as leituras da condutividade elétrica da solução de embebição. Os dados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  (VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999).

### Determinação de K, Zn, Cu, Fe, Mn, Ca e Mg no exsudato no teste da condutividade elétrica

– A determinação dos nutrientes foi realizada sem prévia de digestão. Após a leitura da condutividade, a solução sem os grãos foi vertida em recipiente de vidro, dos quais eram removidos alíquotas para a determinação de K através da fotometria de chama (PRETE, 1992) e Zn, Cu, Fe, Mn, Ca e Mg através de espectrofotômetro de absorção atômica (ALVES et al., 2004). Os dados foram expressos em  $\mu\text{g}$  para cada 1 g de semente utilizada no teste de condutividade elétrica (75 mL de solução de embebição).

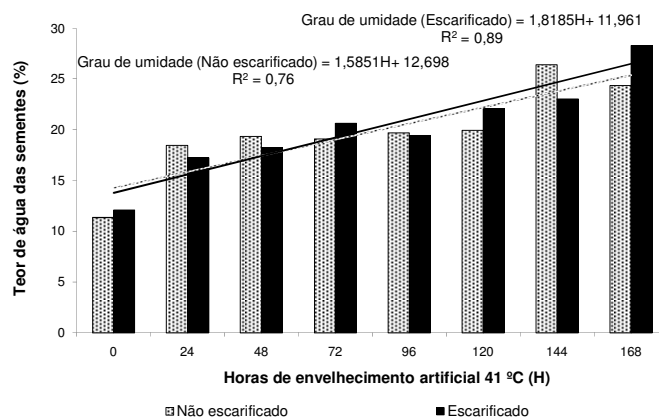
Todos os dados foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F, assim como verificado se houve ajuste à regressão polinomial para o fator período do envelhecimento artificial. Foi utilizado o programa SANEST, Sistema de análise Estatística para microcomputadores (ZONTA;

MACHADO, 1986). Para os dados de teores de Fe e Mn, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes foi realizada a transformação através do arco seno de raiz ( $x/100$ ).

### Resultados e Discussão

O teor de água das sementes, escarificadas e não escarificadas, envelhecidas artificialmente aumentou com o avanço no período de exposição das mesmas a esta condição (Figura 1). As sementes, durante o envelhecimento artificial, foram influenciadas pela alta umidade relativa e temperatura elevada, fatores que levam a uma maior deterioração. Isto acelera o processo de degradação e provoca uma menor integridade do seu sistema de membranas e/ou menor seletividade, permitindo assim a entrada de água mais rapidamente nas células e elevação no teor de água; resultados estes que concordam com os obtidos por Binotti et al. (2008).

**Figura 1.** Teor de água das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 escarificada e não escarificada em função dos períodos de envelhecimento artificial.



Fonte: Elaboração pelos autores.

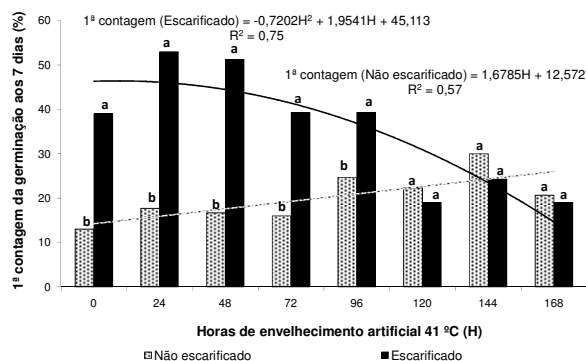
Na avaliação da primeira contagem de germinação de sementes de *B. brizantha* verificou-se a ocorrência de interação entre escarificação e horas de envelhecimento artificial (Figura 2). Nos tratamentos que passaram pelo envelhecimento artificial com 0, 24, 48, 72 e 96 horas, as sementes

escarificadas apresentaram valores maiores de primeira contagem de germinação (7 dias) em comparação ao tratamento sem escarificação, porém, a partir de 120 horas o fator escarificação não teve efeito sobre essa avaliação. Nas sementes não escarificadas o envelhecimento artificial teve

efeito linear crescente para primeira contagem de germinação no período avaliado (0 a 168 horas), todavia, nas sementes escarificadas houve incremento na porcentagem em período curto de exposição ao envelhecimento, posteriormente

redução nos seus valores. As interações com o fator condicionamento não foram significativas, e assim, apresentou-se o efeito simples do fator (Tabela 2), onde o mesmo não teve efeito sobre a primeira contagem de germinação.

**Figura 2.** Primeira contagem de germinação de sementes de *Brachiaria brizantha*, cv. MG-5, escarificadas e não escarificadas em função dos períodos de envelhecimento artificial. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração pelos autores.

**Tabela 2.** Primeira contagem da germinação (7 dias), índice de velocidade de germinação (IVG), teste de germinação e sementes mortas remanescentes do teste de germinação em função do condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Tratamentos	1ª contagem da germinação -----%-----	IVG	Teste de germinação -----%-----	Sementes mortas remanescentes -----%-----
<b>Condicionamento fisiológico (<math>\text{KNO}_3</math> 0,2%)</b>				
Sem condicionamento (Testemunha)	28	2,2	32	64
Condicionada	27	2,1	32	63
<b>C.V. (%)</b>	<b>31,2</b>	<b>30,1</b>	<b>30,4</b>	<b>3,1</b>

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração pelos autores.

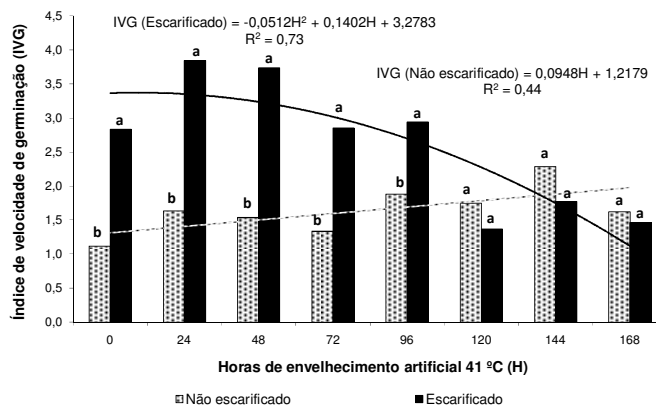
Interação entre escarificação e horas de envelhecimento artificial ocorreu para índice de velocidade de germinação (Figura 3), com resultados semelhantes da primeira contagem da germinação, com efeito até às 96 horas das sementes escarificadas e a partir de então sem o efeito da escarificação química. As sementes escarificadas apresentaram maiores índices de velocidade de germinação em comparação a testemunha (sem

escarificação), nos tratamentos com envelhecimento artificial com 0, 24, 48, 72 e 96 horas. Entretanto, a partir de 120 horas não houve diferença. Aumento no IVG foi proporcionado com exposição breve ao envelhecimento artificial, com efeitos prejudiciais após esse tempo nas sementes escarificadas, consequentemente menor foi a capacidade das sementes em estabelecer uma população de plântulas rápida, uniforme e adequadamente. Já

nas sementes não escarificadas o envelhecimento propiciou aumento linear do índice de velocidade de germinação. As interações duplas e triplas com

o fator condicionamento não foram significativas e, assim, apresentaram-se o efeito simples do fator (Tabela 2), onde o mesmo não teve efeito sobre o índice de velocidade de germinação.

**Figura 3.** Desdobramento da interação significativa referente ao índice de velocidade de germinação em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

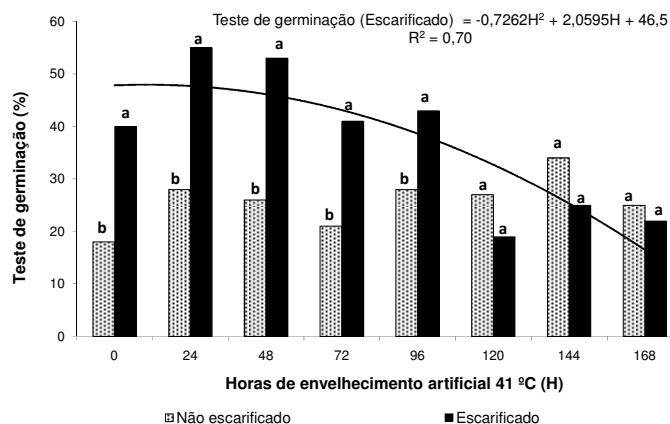


Fonte: Elaboração pelos autores.

Na avaliação do teste de germinação de sementes de *B. brizantha* cv. MG-5 verificou-se a ocorrência de interação entre escarificação e horas de envelhecimento artificial (Figura 4). No período entre 0 e 96 horas o uso da escarificação química propiciou maior germinação em comparação as não escarificadas, posteriormente a esse período

não ocorreu diferença com relação ao fator escarificação. Nas sementes não escarificadas o envelhecimento acelerado não teve efeito sobre a germinação, ao contrário das sementes escarificadas que teve aumento na germinação em período curto de exposição ao envelhecimento e redução no percentual após esse período.

**Figura 4.** Desdobramento da interação significativa referente ao teste de germinação em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



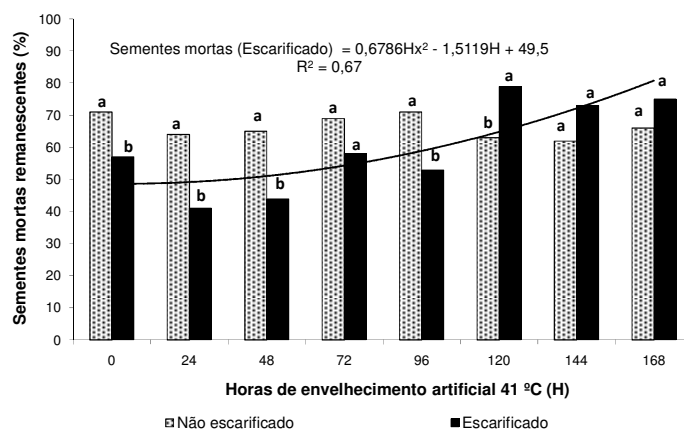
Fonte: Elaboração pelos autores.

O condicionamento não teve efeito sobre o teste de germinação (Tabela 2). Oliveira e Gomes-Filho (2010) também verificaram em sementes de sorgo envelhecidas ou não que o condicionamento fisiológico (PEG-6000) não teve efeito sobre a primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e teste de germinação.

Interação entre escarificação e horas de envelhecimento artificial ocorreu na avaliação das sementes remanescentes mortas do teste de germinação (Figura 5). As sementes não escarificadas não apresentaram alteração em função dos períodos de envelhecimento acelerado, já os

dados das sementes escarificadas se ajustaram a uma função quadrática, com um mínimo de sementes remanescentes mortas às 1,1 horas de envelhecimento (Figura 5). Nos períodos de envelhecimentos ocorreram respostas diferentes a escarificação química. O condicionamento fisiológico não teve influencia no percentual de sementes mortas remanescentes do teste de germinação (Tabela 2). Com relação às sementes viáveis remanescentes do teste de germinação (Tabela 3) verificou-se que a escarificação química proporcionou menores valores para esse parâmetro, ou seja, propiciou superação da dormência.

**Figura 5.** Desdobramento da interação significativa referente às sementes remanescentes mortas do teste de germinação em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração pelos autores.

**Tabela 3.** Sementes viáveis remanescentes do teste de germinação em função da escarificação química e condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Tratamentos	Sementes viáveis remanescentes
	----- % -----
<b>Escarificação química <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math></b>	
Não escarificada (Testemunha)	7 a
Escarificada	2 b
<b>Condicionamento fisiológico (<math>\text{KNO}_3</math> 0,2%)</b>	
Sem condicionamento (Testemunha)	4
Condicionada	5
<b>C.V. (%)</b>	<b>2,5</b>

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

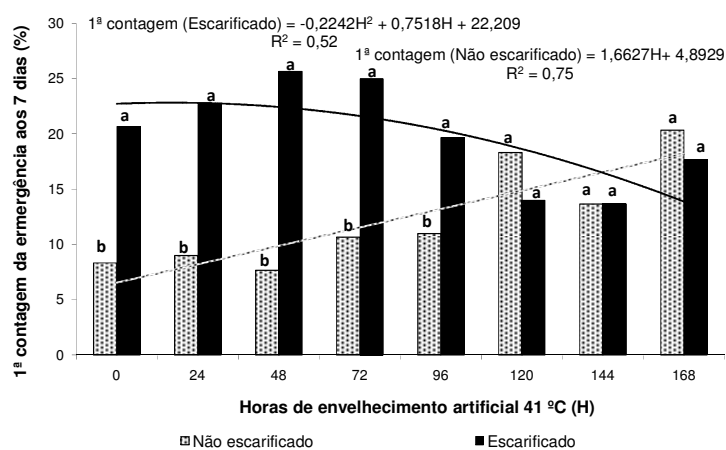
Fonte: Elaboração pelos autores.



Na primeira contagem de emergência verificou-se a ocorrência de interação entre escarificação e períodos de envelhecimento artificial (Figura 6). Nos tratamentos com envelhecimento artificial por 0, 24, 48, 72 e 96 horas, as sementes escarificadas apresentaram valores maiores de primeira contagem de emergência (7 dias) em comparação ao tratamento sem escarificação, porém, a partir de 120 horas de

envelhecimento o fator escarificação não teve efeito sobre essa avaliação. Nas sementes escarificadas o envelhecimento artificial teve efeito linear positivo, todavia, ocorreu incremento na porcentagem de emergência em período curto de exposição ao envelhecimento, posteriormente redução nos seus valores. Esses resultados foram semelhantes ao ocorrido na primeira contagem de germinação e na germinação.

**Figura 6.** Desdobramento da interação significativa referente à primeira contagem da emergência em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



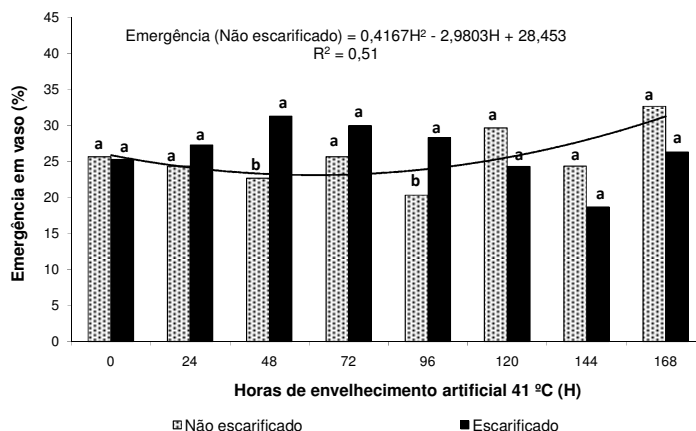
Fonte: Elaboração pelos autores.

A interação entre escarificação e períodos de envelhecimento artificial ocorreu na avaliação de emergência de plântulas (Figura 7). As sementes escarificadas não apresentaram efeito dos períodos de envelhecimento acelerado, enquanto as sementes não escarificadas se ajustaram a uma função quadrática, com um mínimo de plântulas emergidas alcançado às 3,6 horas de envelhecimento.

Efeitos semelhantes ocorrido na primeira contagem de germinação, IVG, teste de germinação e primeira contagem de emergência ocorreu com

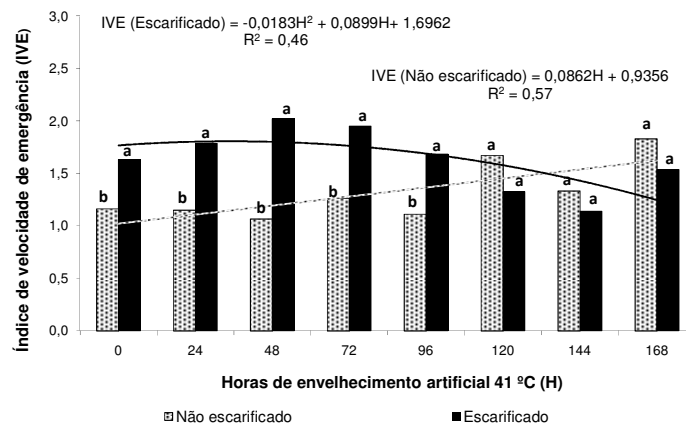
o índice de velocidade de emergência (Figura 8 e Tabela 4) e verificou-se, para este índice, a ocorrência de interação entre escarificação e períodos de envelhecimento artificial. Nos tratamentos com envelhecimento artificial por 0, 24, 48, 72 e 96 horas, as sementes escarificadas apresentaram valores maiores em comparação ao tratamento sem escarificação. No entanto, a partir de 120 horas de envelhecimento o fator escarificação não teve efeito sobre essa avaliação. Nas sementes não escarificadas o envelhecimento artificial teve efeito linear positivo.

**Figura 7.** Desdobramento da interação significativa referente à emergência em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração pelos autores.

**Figura 8.** Desdobramento da interação significativa referente ao índice de velocidade de emergência em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração pelos autores.

**Tabela 4.** Primeira contagem de emergência (7 dias), emergência (21 dias), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa fresca de plântulas em função do condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

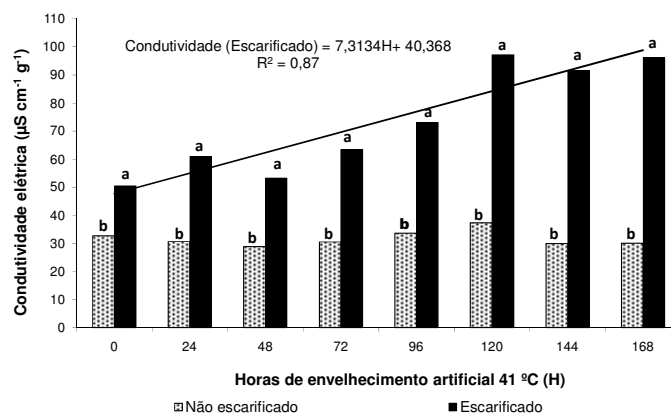
Tratamentos	1ª contagem	Emergência em	IVE	Massa fresca de plântulas --mg plântula <sup>-1</sup> --
	emergência	vaso		
	-----%-----			
<b>Condicionamento fisiológico (<math>\text{KNO}_3</math> 0,2%)</b>				
Sem condicionamento (Testemunha)	17	25	1,6	30,05 a
Condicionada	15	27	1,4	27,46 b
<b>C.V. (%)</b>	<b>34,9</b>	<b>23,2</b>	<b>26,10</b>	<b>15,9</b>

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração pelos autores.

Em relação à análise de condutividade elétrica ocorreu interação entre escarificação e períodos de envelhecimento (Figura 9) e interação entre escarificação e condicionamento fisiológico (Tabela 5). Na Figura 9 independentemente das horas de envelhecimento acelerado verificou-se que a escarificação química proporcionou maior condutividade elétrica. Observa-se que nas sementes escarificadas o aumento no período de

envelhecimento acelerado elevou a condutividade elétrica (parâmetro que avalia a permeabilidade das membranas), indicando aumento de exsudados na solução da condutividade, devido à maior exposição das sementes a condições adversas de umidade e temperatura, que levam à perda da integridade das membranas celulares, de constituintes celulares e menor capacidade de reparação aos danos causados à semente.

**Figura 9.** Desdobramento da interação significativa referente à condutividade elétrica em função da escarificação química e períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração pelos autores.

**Tabela 5.** Desdobramento da interação significativa referente à condutividade elétrica em função da escarificação química e condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$ 0,2%)	Escarificação química $\text{H}_2\text{SO}_4$	
	Não escarificada	Escarificada
	Condutividade elétrica	
	----- $\mu\text{S cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ -----	
Sem condicionamento (Testemunha)	37,45 aB	75,69 aA
Condicionada	25,88 bB	70,86 bA

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração pelos autores.

No desdobramento da interação entre escarificação e condicionamento fisiológico, verificou-se que nas sementes escarificadas ou não, menor condutividade elétrica foi obtida nas sementes condicionadas, dados que concordam com os obtidos por Oliveira e Gomes-Filho (2010) que verificaram em sementes de sorgo envelhecidas ou não que o condicionamento fisiológico (PEG-6000) proporciona menor condutividade elétrica. É possível que o condicionamento com  $\text{KNO}_3$  0,2% tenha proporcionado às sementes maior capacidade para reorganizar as membranas celulares, proporcionando uma menor perda de constituintes celulares, com maior capacidade de reparação aos danos causados à semente, além, de rapidez na reestruturação das membranas, proporcionando assim, menores condutividades em comparação às sementes não condicionadas. Com resultados concordantes com obtidos anteriormente, tanto nas sementes com condicionamento como as não condicionadas o uso da escarificação química teve influência negativa no vigor das sementes, pois, maiores leituras na condutividade foram obtidas com nas sementes escarificadas.

Pode-se salientar nos resultados obtidos anteriormente (primeira contagem, IVG, teste de germinação, primeira contagem de emergência e condutividade elétrica) que as sementes escarificadas apresentaram maior suscetibilidade ao processo de deterioração com o envelhecimento artificial do que as sementes não escarificadas, evidenciando assim, que o vigor das mesmas tem diminuição

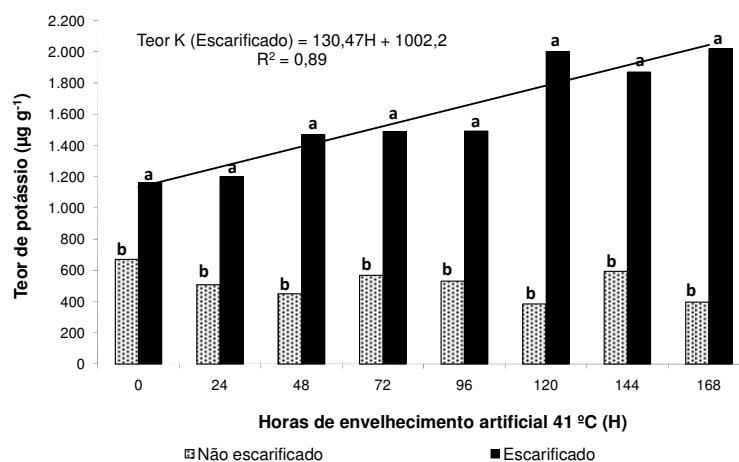
em períodos mais curtos de armazenamento em comparação às sementes não escarificadas. Foram obtidas maiores porcentagens da primeira contagem de germinação, IVG, teste de germinação e primeira contagem de emergência pela associação da escarificação química e um período de exposição curto ao envelhecimento, porém, após esse tempo de exposição ao envelhecimento artificial a germinação e vigor das sementes escarificadas foram afetadas negativamente. Na prática, se o objetivo for manter as sementes armazenadas por um longo período, não é interessante a realização da escarificação química prévia com ácido sulfúrico e sim a escarificação o mais próximo possível do momento da sementeira, pois as sementes escarificadas têm uma maior suscetibilidade aos processos que levam a deterioração. Outro aspecto importante a ser abordado é que em sementes recém-colhidas, a utilização da escarificação química seguida de um período de exposição curto a alta temperatura e umidade, pode ser eficaz para o aumento da germinação, expressão do vigor e superação de dormência dessas sementes. Assim, a prática da escarificação química pode proporcionar eliminação do impedimento físico, melhorando a entrada de água e gases nas sementes e, o envelhecimento artificial, por um período curto de exposição, promoveu aceleração no metabolismo germinativo das sementes.

Em relação à lixiviação de potássio no exsudato do teste da condutividade elétrica (Figura 10), verificou-se que o uso da escarificação química

proporcionou maior leitura em comparação às sementes que não foram escarificadas, seguindo a mesma tendência do teste de condutividade elétrica. As sementes sem escarificação não tiveram efeito do período de exposição ao envelhecimento artificial, todavia, as escarificadas tiveram efeito positivo linear nos lixiviados de potássio na água de

embebição do teste de condutividade elétrica. Estes resultados evidenciam que o teste de lixiviado de potássio é um teste eficaz para avaliação rápida do vigor das sementes. Oliveira e Gomes-Filho (2010) verificaram em sementes de sorgo envelhecidas ou não que o condicionamento fisiológico (PEG-6000) proporcionou menor lixiviados de potássio.

**Figura 10.** Desdobramento da interação significativa referente ao teor de potássio ( $\mu\text{g}$ ) lixiviados no exsudato da condutividade elétrica, em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração pelos autores.

As sementes condicionadas apresentaram menores lixiviados de zinco no teste da condutividade elétrica em relação às sementes não condicionadas (Tabela 6). No desdobramento da interação entre escarificação e envelhecimento artificial (Figura 11), observou-se que independentemente dos períodos de envelhecimento acelerado a escarificação química proporcionou maior leitura nos lixiviados de zinco. As sementes não escarificadas, não apresentaram efeito dos períodos de envelhecimento acelerado,

já as sementes escarificadas se ajustaram a uma função quadrática, com um máximo teor de zinco encontrado ao submeter às sementes a 4,9 horas de envelhecimento acelerado (Figura 11). O íon de cobre não foi constatado no exsudato do teste da condutividade nos diferentes tratamentos utilizados. Os resultados de lixiviados para o teor de ferro no teste da condutividade não tiveram efeito dos diferentes tratamentos (Tabela 7).

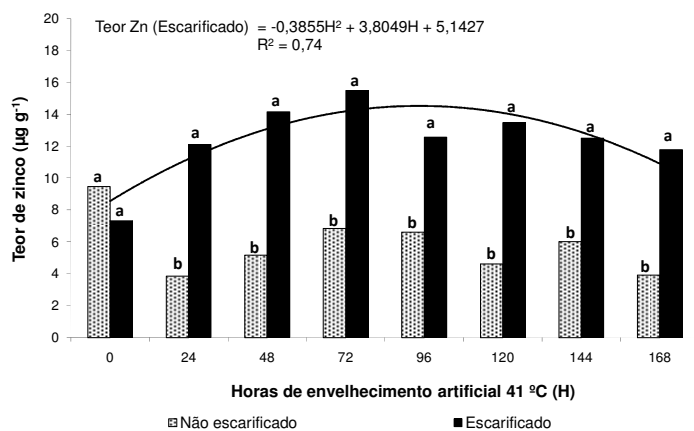
**Tabela 6.** Teores de potássio e zinco lixiviados no exsudato da condutividade elétrica, em função da escarificação química, períodos de envelhecimento artificial e condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Tratamentos	Teores de nutrientes	
	Potássio	Zinco
	----- $\mu\text{g } 75\text{mL}^{-1} \text{ g}^{-1}$ -----	
<b>Condicionamento fisiológico (<math>\text{KNO}_3</math> 0,2%)</b>		
Sem condicionamento (Testemunha)	1074,18	11,53 a
Condicionada	1028,18	6,71 b
<b>C.V. (%)</b>	24,41	33,96

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração pelos autores.

**Figura 11.** Desdobramento da interação significativa referente ao teor de zinco ( $\mu\text{g}$ ) lixiviados no exsudato da condutividade elétrica, em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaboração pelos autores.

**Tabela 7.** Teores de ferro, magnésio, cálcio e manganês lixiviados no exsudato da condutividade elétrica, em função da escarificação química e condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Tratamentos	Teores de nutrientes		
	Ferro (7dias)	Magnésio (14 dias)	Cálcio
	----- $\mu\text{g } 75\text{mL}^{-1} \text{ g}^{-1}$ -----		
<b>Escarificação química <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math></b>			
Não escarificador (Testemunha)	3,70	171,94 b	169,58
Escarificado	4,26	266,84 a	160,04
<b>Condicionamento fisiológico (<math>\text{KNO}_3</math> 0,2%)</b>			
Sem condicionamento (Testemunha)	4,09	264,88 a	202,33 a
Condicionada	3,87	173,89 b	127,29 b
<b>C.V. (%)</b>	1,78	31,58	72,21

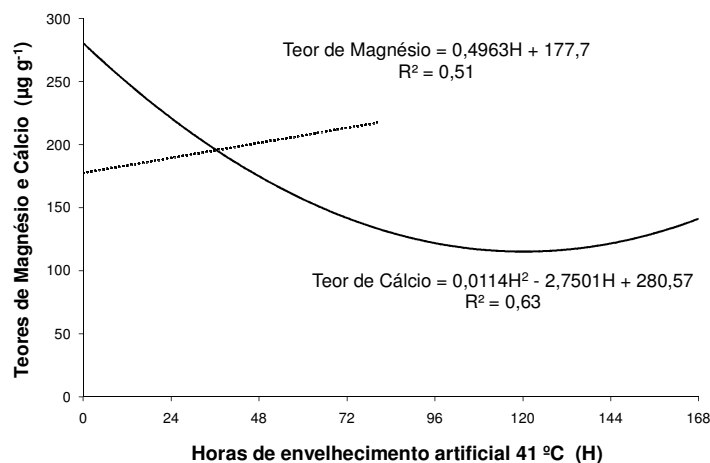
Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração pelos autores.

O uso da escarificação química proporcionou maior leitura de lixiviados de magnésio em comparação às sementes não escarificadas (Tabela 7). Os períodos de envelhecimento tiveram efeito linear positivo para os lixiviados de magnésio na solução de embebição do teste de condutividade (Figura 12), e o condicionamento fisiológico propiciou menores lixiviados de magnésio. Os lixiviados de cálcio não foram afetados com a escarificação (Tabela 7). Em relação ao envelhecimento acelerado os dados se ajustaram a uma função quadrática (Figura 12), com

um mínimo teor de cálcio quando as sementes foram submetidas a 120,61 horas de envelhecimento. O condicionamento fisiológico propiciou menores lixiviados de cálcio. No desdobramento da interação entre escarificação e condicionamento fisiológico (Tabela 8), observou-se que nas sementes escarificadas, uma menor leitura de lixiviado de manganês foi obtida com o uso do condicionamento fisiológico. Tanto nas sementes condicionadas ou não, o uso da escarificação química proporcionou maior leitura dos lixiviados de manganês.

**Figura 12.** Teores de magnésio e cálcio ( $\mu\text{g}$ ) lixiviados no exsudato da condutividade elétrica, em função dos períodos de envelhecimento artificial em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.



Fonte: Elaboração pelos autores.

**Tabela 8.** Desdobramento da interação significativa referente ao teor de manganês lixiviados no exsudato da condutividade elétrica (75 mL de água) para cada 1g de semente utilizado no teste, em função da escarificação química e o condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$  0,2%) em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

Condicionamento fisiológico ( $\text{KNO}_3$ 0,2%)	Escarificação química $\text{H}_2\text{SO}_4$	
	Não escarificada	Escarificada
	Lixiviados de Manganês	
	----- $\mu\text{g } 75\text{mL}^{-1} \text{ g}^{-1}$ -----	
Sem condicionamento (Testemunha)	2,28 B	13,25 a A
Condicionada	1,31 B	7,06 b A

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração pelos autores.

Pode-se salientar que o envelhecimento artificial é um método capaz de superar a dormência de sementes de *B. brizantha*, contudo o período de exposição pode variar com a qualidade inicial, dados que concordam com obtidos por Meschede et al. (2004), que chegaram a mesma conclusão em seu trabalho. A escarificação química, mesmo sendo um método eficaz para superação da dormência das sementes de *Brachiaria brizantha* MG-5, proporcionou a semente menor capacidade de resistir a condições desfavoráveis como alta umidade relativa e temperatura, fatores envolvidos com a deterioração das sementes. As sementes escarificadas se tornam propícias aos processos que levam a deterioração das sementes, como evidenciado na leitura da condutividade elétrica e lixiviados de potássio (Figuras 9 e 10), refletindo em uma menor germinação (Figura 4) e vigor em longos períodos de envelhecimento (Figura 2, 3, 6 e 8). O condicionamento fisiológico aplicado após a escarificação e os períodos de envelhecimento artificial não propiciaram efeito na germinação e vigor da semente de *B. brizantha* (exceção massa fresca), porém proporcionou menores condutividades elétrica e de modo geral menores lixiviados de zinco, magnésio, cálcio e manganês, decorrente a maior capacidade de reparação aos danos causados à semente naquelas que foram condicionadas, conseqüentemente menor perda de constituintes celulares.

Almeida e Silva (2004) concluíram que o uso do calor e do ácido sulfúrico constituem-se em alternativas para a redução da dormência das sementes braquiária e conseqüente favorecimento do desempenho agrônômico. Contudo, particularmente em relação à temperatura, a deterioração pode ser acelerada durante o armazenamento. A quantificação do íon de potássio na solução de embebição das sementes pode ser utilizado como um método rápido para avaliar indiretamente o vigor das sementes escarificadas de *B. brizantha* MG-5,

pois o aumento deste íon no exsudato do teste da condutividade elétrica (Figura 10) confrontado com o teste germinação (Figura 4) e vigor (Figuras 2, 3, 6 e 8) das sementes, permitiu inferir que uma maior concentração de potássio na solução de embebição das sementes está relacionado a uma menor germinação e vigor.

## Conclusões

A escarificação química com ácido sulfúrico é um método eficaz para superação de dormência de sementes de *B. brizantha*, porém, as mesmas ficam mais suscetíveis aos processos que levam a deterioração.

O envelhecimento artificial supera a dormência e favorece a germinação das sementes não escarificadas de *B. brizantha*. O mesmo acontece para as sementes escarificadas, porém com período curto de exposição.

O condicionamento fisiológico propicia menor perda de constituintes celulares na solução de embebição do teste da condutividade elétrica de sementes de *B. brizantha*.

## Referências

- ALMEIDA, C. R.; SILVA, W. R. Comportamento da dormência em sementes de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero submetidas às ações do calor e do ácido sulfúrico. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 26, n. 1, p. 44-49, 2004.
- ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M. R.; SOUZA, F. L. G.; CORRÊA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e de proteínas solúveis em sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.
- ARAUJO, E. F.; ARAUJO, C. F.; ARAUJO, R. F.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, R. F. Efeito da escarificação das sementes e dos frutos de *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. na germinação. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 73-76, 1996.



- BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.
- BONOME, L. T. S.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; ANDRADE, V. C.; CABRA, 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. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- LARS, S. *Guide to handling of tropical and subtropical forest seeds*. Dinamarca: Borch Tryc A/S, 2000. 532 p.
- LOPES, H. M.; MENEZES, B. R. S.; SILVA, E. R. S.; RODRIGUES, D. L. Condicionamento fisiológico de sementes de cenoura e pimentão. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 296-302, 2011.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 3.1-3.24.
- \_\_\_\_\_. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.
- MARTINS, L.; DA SILVA, W. R. Comportamento da dormência em sementes de braquiária submetidas a tratamentos térmicos e químicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 7, p. 997-1003, 2001.
- MESCHEDE, D. K.; SALES, J. G. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; SCHUAB, S. R. P. Tratamentos para superação da dormência das sementes de capim-braquiária cultivar Marandu. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 76-81, 2004.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24.
- OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 32, n. 3, p. 25-34, 2010.
- PRETE, C. E. C. *Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (Coffea arabica L.) e sua relação com a qualidade da bebida*. 1992. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/3235/101376f.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 abr. 2013.
- VIEIRA, R. D.; KRYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 4, p. 4.1-4.26.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. *Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST*. Pelotas: UFPel, Instituto de Física e Matemática, 1986. 150 p.

