

LUCIANO DIAS CABRAL NETO

CULTIVARES DE SOJA COM POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE  
ELEVADA QUALIDADE FISIOLÓGICA E TOLERÂNCIA AO  
ARMAZENAMENTO

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.**

---

C117c Cabral Neto, Luciano Dias, 1992-  
2020 Cultivares de soja com potencial de produção de sementes de elevada  
qualidade fisiológica e tolerância ao armazenamento [recurso eletrônico]  
/ Luciano Dias Cabral Neto. - 2020.

Orientador: Everson Reis Carvalho.  
Coorientador: Gabriel Mascarenhas Maciel.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.3024>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Carvalho, Everson Reis, 1986-, (Orient.). II. Maciel,  
Gabriel Mascarenhas, 1982-, (Coorient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

---

Rejâne Maria da Silva – CRB6/1925



## **ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia			
Defesa de:	Dissertação de Mestrado , 003/2020 PPGAGRO			
Data:	Sete de fevereiro de dois mil e vinte	Hora de início:	09:30	Hora de encerramento: [12:30]
Matrícula do Discente:	11812AGR015			
Nome do Discente:	Luciano Dias Cabral Neto			
Título do Trabalho:	Genótipos de soja com potencial de produção de sementes de elevada qualidade fisiológica e tolerância ao armazenamento.			
Área de concentração:	Fitotecnia			
Linha de pesquisa:	Produção vegetal em Áreas de Cerrado			

Reuniu-se no Anfiteatro do bloco 1BCG, Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU; Hugo César Rodrigues Moreira Catão - UFU; Franciele Caixeta - General Mills Alimentos Brasil LTDA; Everson Reis Carvalho - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Everson Reis Carvalho, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Mascarenhas Maciel, Professor(a) do**

07/02/2020

SEI/UFU - 1798445 - Ata de Defesa - Pós-Graduação



§ 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Everson Reis Carvalho, Usuário Externo**, em 07/02/2020, às 12:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/02/2020, às 12:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Franciele Caixeta, Usuário Externo**, em 07/02/2020, às 12:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1798445** e o código CRC **991F1F13**.

Referência: Processo nº 23117.001031/2020-28

SEI nº 1798445

LUCIANO DIAS CABRAL NETO

CULTIVARES DE SOJA COM POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE  
ELEVADA QUALIDADE FISIOLÓGICA E TOLERÂNCIA AO  
ARMAZENAMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho

Coorientador

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2020

LUCIANO DIAS CABRAL NETO

CULTIVARES DE SOJA COM POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE  
ELEVADA QUALIDADE FISIOLÓGICA E TOLERÂNCIA AO  
ARMAZENAMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 07 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel  
(coorientador)

UFU

Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão

UFU

Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Franciele Caixeta

General Mills Alimentos Brasil LTDA

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
UFLA  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2020

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais,  
Belchior dos Reis Gonçalves e Patrícia de Oliveira Dias,  
Aos meus irmãos,  
Matheus Felipe de Oliveira Gonçalves e Layane Carolina de Oliveira Gonçalves,  
À minha esposa,  
Joice Cabral da Silva,  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela graça da Sua presença, pela vida, e por me restaurar a cada dia, pois, sem o renovo e refrigério de Deus eu nada seria.

À Universidade Federal de Uberlândia-UFU, nos *campi* de Uberlândia e Monte Carmelo e ao Instituto de Ciências Agrárias-ICIAG, que me proporcionaram a realização do experimento, aulas e demais atividades da pós-graduação.

Agradeço aos meus pais, Belchior e Patrícia, aos meus irmãos, Matheus e Layane, e à minha esposa, Joice. Estas são pessoas que me impulsionam a cada dia. Neles encontro confiança, verdade e amor, para desfrutar os melhores momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Everson Reis Carvalho, e coorientador Gabriel Mascarenhas Maciel que, com sabedoria e paciência me auxiliaram na construção e conclusão dessa fase. São profissionais de excelência, competentes e fazem parte da construção do conhecimento.

À professora Dr<sup>a</sup> Heloísa Oliveira dos Santos e ao doutorando Pedro pelo auxílio na realização das análises enzimáticas.

Aos professores engenheiros agrônomos Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão, Dr. Edson Aparecido dos Santos e à Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Franciele Caixeta por aceitarem o convite de participação na banca de defesa do mestrado, e pelos auxílios durante o período do mestrado.

À todos os professores do programa de pós graduação, e os demais que compõem o quadro de professores da UFU, que nos proporcionaram a aquisição do conhecimento através dos seus ensinamentos.

À minha irmã Layane Carolina, minha esposa Joice, aos meus colegas Neiliane Aparecida, Luciano Mateus, Júlia Camargos, Danilo Ferreira, Diesiele Mota, Neidiele Maria, Gabriel Bernardes, Paulo Victor e Debora Rocha, por me auxiliarem em diversas etapas de condução do experimento.

Aos demais amigos, professores e funcionários, que, de alguma forma, direta ou indiretamente me auxiliaram na condução e conclusão de todas as etapas do mestrado.

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 A cultura da soja .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Produção e qualidade de sementes de soja .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Armazenamento de sementes .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Expressão isoenzimática em sementes.....</b>	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Potencial de cultivares de soja para produção de sementes de elevada qualidade tolerância ao armazenamento.....</b>	<b>19</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 2 – Cultivares de soja e o uso de expressões isoenzimáticas na avaliação de tolerância ao armazenamento de sementes.....</b>	<b>43</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO I

<b>FIGURA 1</b>	Média de pluviosidade (mm) e temperatura (°C) mensais, durante a condução do experimento nos anos agrícolas 2017/18 e 2018/19.	23
<b>FIGURA 2</b>	Porcentagem de plântulas normais em primeira contagem de germinação em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).	29
<b>FIGURA 3</b>	Porcentagem de germinação em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).	32
<b>FIGURA 4</b>	Porcentagem de germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).	35
<b>FIGURA 5</b>	Porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).	38

### CAPÍTULO II

<b>FIGURA 1</b>	Média de pluviosidade (mm) e temperatura (°C) mensais, durante a condução do experimento no ano agrícola 2018/19.	47
<b>FIGURA 2</b>	Porcentagens de plântulas normais na germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias de armazenamento.	54
<b>FIGURA 3</b>	Porcentagens de plântulas normais após envelhecimento acelerado de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias de armazenamento.	55
<b>FIGURA 4</b>	Expressão isoenzimática da álcool-desidrogenase (ADH), em sementes de soja das cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF (BMX), RK 6813 RR (RK), M 6210 IPRO (M), NS 7709 IPRO (NS) e SYN 15640 IPRO (SYN), nos períodos de armazenamento (0, 50 e 100 dias) sob temperatura de 20°C.	57

**FIGURA 5** Expressão isoenzimática da Catalase (CAT), em sementes de soja das cultivares DESAFIO RR8473RSF (BMX), RK 6813 RR (RK), M 6210 IPRO (M), NS 7709 IPRO (NS) e SYN 15640 IPRO (SYN), nos períodos de armazenamento (0, 50 e 100 dias) sob temperatura de 20°C.

58

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>TABELA 1</b>	Resumo da análise de variância para os testes fisiológicos primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), restrição hídrica (RH) e envelhecimento acelerado (EA), para sementes de cultivares de soja em função do tempo e temperatura de armazenamento.	27
<b>TABELA 2</b>	Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (PC) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.	28
<b>TABELA 3</b>	Porcentagem de plântulas normais no teste de germinação (G%) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.	31
<b>TABELA 4</b>	Porcentagem de plântulas normais na germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.	34
<b>TABELA 5</b>	Porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.	37

### CAPÍTULO II

<b>TABELA 1</b>	Quadrado médio dos testes fisiológicos primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), restrição hídrica (RH) e envelhecimento acelerado (EA), realizados sob diferentes períodos de armazenamento e temperatura, em cinco cultivares de soja.	51
<b>TABELA 2</b>	Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem de germinação (PC) e na germinação (G) de sementes de cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias.	52

**TABELA 3** Porcentagens de plântulas normais na germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) de sementes das cultivares de soja armazenadas 53 pelos períodos de 0, 50 e 100 dias.

**TABELA 4** Porcentagens de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de sementes de cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias. 55

CABRAL NETO, Luciano Dias. **Cultivares de soja com potencial de produção de sementes de elevada qualidade fisiológica e tolerância ao armazenamento**. 2020. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

## RESUMO

O armazenamento é uma etapa de grande relevância para a produção de sementes. A temperatura, o período de armazenamento e as diferenças entre cultivares, são fatores relevantes que influenciam na armazenabilidade das sementes. Objetivou-se com o trabalho avaliar a armazenabilidade de sementes de cultivares de soja, armazenadas sob condições distintas de temperatura e período de armazenagem. Foram conduzidos dois experimentos. O primeiro experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG, nos anos agrícolas 2017/18 e 2018/19. Foram armazenadas sementes das cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO e SYN 15640 IPRO, sob temperaturas constantes de 10, 20 e 30°C durante 0, 50 e 100 dias. Para avaliação da qualidade fisiológica ao longo do armazenamento foram conduzidos os testes: primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), germinação sob restrição hídrica (RH) e envelhecimento acelerado (EA). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com fatorial 5x3x3, com as médias de 2 anos agrícolas. Houve diferenças significativas quanto à armazenabilidade entre as cultivares avaliadas. As sementes das cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO apresentam maior tendência de qualidade e tolerância ao armazenamento e SYN 15640 IPRO e RK 6813 RR as menores, com diferenciação maior entre BMX DESAFIO RR8473RSF e SYN 15640 IPRO. O uso de temperatura constante no ambiente de armazenamento a 30°C e um período de 50 dias é adequado para avaliação de tolerância ao armazenamento de genótipos de soja. O segundo experimento foi conduzido no ano agrícola 2017/18. Foram utilizadas as mesmas cultivares do ensaio anterior armazenadas sob temperatura constante de 20°C, nos períodos de 0, 50 e 100 dias após armazenamento, com esquema fatorial 5x3. Os testes para avaliação da qualidade fisiológica foram os mesmos do experimento 1. Análises de perfis isoenzimáticos avaliando as enzimas álcool-desidrogenase (ADH) e catalase (CAT) também foram feitas, no laboratório de sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Houve indicativo de maior produção de sementes com qualidade fisiológica aliado a tolerância ao armazenamento nas cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO em relação à SYN 15640 IPRO e RK 6813 RR. A qualidade fisiológica e as expressões das enzimas ADH e CAT diminuem com o avanço do período de armazenamento. Sementes de cultivares com maior tendência de alta qualidade fisiológica e tolerância ao armazenamento apresentaram maiores expressões de CAT ao longo de todo o período.

**Palavras-chave:** Armazenabilidade, cultivares, *Glycine max*, isoenzimas, vigor.

---

<sup>1</sup> Orientador: Everson Reis Carvalho – UFLA

CABRAL NETO, Luciano Dias. **Soybean cultivars with potential for high physiological seed yield and storage tolerance.** 2020. 77p. Dissertation (Master in Agronomy / Phytotechnics) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

## ABSTRACT

Storage is a step of great relevance for seed production. Temperature, storage period and differences between cultivars are relevant factors that influence seed storage. The objective of this work was to evaluate the storage of seeds of soybean cultivars, stored under different conditions of temperature and storage period. Two experiments were conducted. The first experiment was conducted at the Federal University of Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG, in the agricultural years 2017/18 and 2018/19. Seeds of cultivars BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO and SYN 15640 IPRO were stored under constant temperatures of 10, 20 and 30 °C for 0, 50 and 100 days. The following tests were carried out to assess the physiological quality during storage: first germination count (CP), germination (G), germination under water restriction (RH) and accelerated aging (EA). The experimental was Completely Randomized Design (CRD), with a 5x3x3 factorial, with the averages of 2 agricultural years. There were significant differences in storage between the cultivars evaluated. The seeds of the cultivars BMX DESAFIO RR8473RSF, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO show a greater tendency of quality and tolerance to storage and SYN 15640 IPRO and RK 6813 RR the smallest, with greater differentiation between BMX DESAFIO RR8473RSF and SYN 15640 IPRO. The use of constant temperature in the storage environment at 30 °C and a period of 50 days is suitable for assessing tolerance to the storage of soybean genotypes. The second experiment was conducted in the 2017/18 agricultural year. The same cultivars from the previous test were used stored at a constant temperature of 20 °C, in the periods of 0, 50 and 100 days after storage, with a 5x3 factorial design. The tests to assess physiological quality were the same as in experiment 1. Analyses of isoenzymatic profiles evaluating the enzymes alcohol-dehydrogenase (ADH) and catalase (CAT) were also carried out in the seed laboratory of the Federal University of Lavras (UFLA). There was an indication of greater production of seeds with physiological quality combined with storage tolerance in the cultivars BMX DESAFIO RR8473RSF and M 6210 IPRO in relation to SYN 15640 IPRO and RK 6813 RR. The physiological quality and the expressions of the enzymes ADH and CAT decrease with the advance of the storage period. Seeds from cultivars with higher tendency to high physiological quality and tolerance to storage showed higher CAT expressions throughout the period.

**Keywords:** Storage, cultivars, *Glycine max*, isoenzymes, vigor.

---

Major Professor: Everson Reis Carvalho – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma espécie cultivada de grande importância econômica para o Brasil. No agronegócio nacional é a cultura que ocupa a maior área de cultivo, com produção de 124,8 milhões de toneladas em uma área de 36,9 milhões de hectares na safra 2019/20. (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, 2020). Em função disso, a demanda por sementes é elevada. Na safra 2017/18, a quantidade de sementes produzida foi de 3.069.575 de toneladas, com taxa de utilização de sementes de 71% (SEMENTE É TECNOLOGIA, 2018).

Devido à importância relacionada aos índices de produção, exportação, área de cultivo e consumo de sementes, a produção de sementes de soja de elevada qualidade torna-se fundamental para manutenção de toda a cadeia produtiva dessa cultura. As sementes de soja de elevada qualidade, devem apresentar características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias desejáveis (KRZYZANOWSKI et al., 2008).

A produção de sementes de elevada qualidade não é simples, principalmente em regiões com temperaturas mais elevadas, como o Brasil Central, uma das principais regiões produtoras do país. Além da produção, as temperaturas ambientais elevadas podem intensificar o processo de deterioração de sementes, podendo também dificultar e prejudicar o armazenamento adequado das sementes até o momento de sua semeadura.

A deterioração das sementes é um processo que se inicia a partir da maturidade fisiológica, ainda com a cultura instalada no campo, estendendo-se até o armazenamento. É um processo progressivo, que culmina na queda da qualidade, viabilidade e consequente morte de sementes. Contudo, a viabilidade de sementes pode ser mantida por um tempo maior sob condições favoráveis de clima e locais adequados de armazenamento (MARCOS FILHO, 2015).

A velocidade e intensidade do processo de deterioração nas sementes, está relacionado com as condições do ambiente e do manejo utilizado, nos períodos de pré e pós colheita, estendendo-se ao armazenamento. Apesar de ser um processo inevitável, a redução da qualidade fisiológica e a velocidade de deterioração de sementes, pode ser retardada, através de condições de armazenamento sob temperaturas amenas e níveis adequados de umidade, resultando na redução do metabolismo das sementes (BAUDET, 2003; DEMITO; AFONSO, 2009; CARVALHO et al., 2014).

Logo é necessário que o armazenamento das sementes de soja ocorra em condições que favoreçam a manutenção da qualidade. Entre as condições mais comuns está o armazenamento sob baixa temperatura. Todavia, essa condição de armazenamento é onerosa, o que muitas vezes pode inviabilizar essa condição de armazenamento para grandes volumes de sementes.

A viabilidade de uma semente durante o tempo de armazenamento pode variar tanto em função de suas características genéticas quanto de efeitos ambientais (GRIS et al., 2010). Nesse contexto se tornam relevantes estudos que relacionem cultivares de soja e qualidade fisiológica, que sobretudo tolerem o armazenamento, mesmo em condições sub-ótimas.

Dessa forma, é importante identificar e selecionar cultivares de soja cujas sementes tenham maior potencial de armazenamento, para que a qualidade fisiológica se mantenha até o momento da semeadura (CARVALHO et al., 2014). Nesse sentido, além dos testes fisiológicos de sementes, o estudo da expressão de isoenzimas, ao longo do armazenamento, pode ser útil, como constatado por Timóteo e Marcos Filho (2013), Carvalho et al. (2014) e Catão et al. (2018).

Outro fator que pode auxiliar nos estudos de armazenabilidade e possivelmente em tomadas de decisões em programas de melhoramento, é a utilização de temperaturas sub-ótimas no armazenamento, buscando por informações sobre a tolerância das cultivares de soja em menor período, devido a condição severa de deterioração.

O fato de associar a escolha de cultivares que tolerem ambientes com condições abaixo das ótimas no armazenamento, por meio de avaliações fisiológicas correlacionadas à expressão enzimática nas sementes, auxiliam no processo de escolha e/ou melhoramento de cultivares de soja para regiões em que as condições de produção e armazenamento não são favoráveis a alta qualidade de sementes.

Dentre os fatores que afetam a armazenabilidade de sementes, estão as condições nos campos de produção, no armazenamento e a cultivar. Portanto o objetivo no trabalho foi avaliar cultivares de soja quanto à produção de sementes de elevada qualidade no Triângulo Mineiro, e a tolerância desses ao armazenamento em função de temperaturas e períodos, com uso de testes fisiológicos e expressões enzimáticas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A cultura da soja**

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill), tem grande importância para o agronegócio brasileiro. As variadas formas de utilização, fazem com que o seu cultivo seja realizado pela maioria dos estados do país. O Brasil se tornou o maior produtor e exportador de soja na safra 2019/2020. De acordo com o Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos - (2020), na safra 2018/19 o Brasil produziu, aproximadamente 119,7 milhões de toneladas, e na safra atual, 2019/20, houve uma produção recorde de 124,8 milhões de toneladas.

O aumento da população humana, aumento no consumo de carnes, melhor condição financeira da população, o uso da soja na crescente produção de biodiesel, produção de lubrificantes, plásticos, tintas a partir da soja, crescente aumento de consumo de farelo, são os principais fatores que incrementam a competitividade da soja no mercado mundial.

### **2.2 Produção e qualidade de sementes de soja**

Os avanços da sojicultura foram acompanhados pelo desenvolvimento de um sistema de produção de sementes bastante robusto. O uso de sementes melhoradas se tornou mais intenso, acarretando melhorias no crescimento e na diversificação da produção de sementes proporcionados, principalmente, pela evolução do melhoramento genético, do uso da biotecnologia e da incorporação de novas tecnologias ao processo de produção de sementes (SANTOS, 2014).

O mercado de sementes movimenta R\$ 10 bilhões ao ano no Brasil. Os Estados Unidos, China e Brasil têm as maiores indústrias sementeiras do mundo. O setor de sementes cresceu 122% em uma década, com 1,8 milhão de toneladas produzidas na safra 2005/06 para 4 milhões na safra 2015/16 (GALIOTTO, 2017).

A semente é matéria prima fundamental para o sucesso na produção das culturas. É o meio de propagação de toda a biotecnologia obtida nos programas de melhoramento genético, como por exemplo, resistência de plantas à doenças, insetos e herbicidas, plantas mais tolerantes à estresses hídricos, plantas com arquitetura favorável à captação de luz solar, dentre outras características (SEDIYAMA, 2013).

A qualidade de sementes é afetada por um conjunto de fatores. Popinigis (1985) afirma que a qualidade de sementes é a soma dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. Esses quatro atributos são intimamente responsáveis pela qualidade. Sementes com alto vigor e germinação, ausência de misturas varietais, de sementes de plantas daninhas, microrganismos e patógenos, além de materiais inertes como torrões, fragmentos de plantas, insetos e outras impurezas, são características que devem constituir um lote de sementes para atribuí-lo à alta qualidade. De acordo com Carter; Hartwig (1963), a qualidade das sementes de soja é influenciada pela variedade e ambiente durante o desenvolvimento no campo, e também pelas condições de colheita e armazenamento.

A exposição das sementes sob períodos de alta umidade após a maturação pode causar danos fisiológicos ou reduzir a sua qualidade (HOWELL et al, 1959), como expansão e retração do tegumento, causando desestruturação do sistema de membranas, aumentando a permeabilidade (DOMENE, 1992). O tegumento da semente, é uma estrutura importante no controle de absorção de água e proteção contra os microrganismos (PESKE; PEREIRA, 1983).

O aumento da permeabilidade, resultando na passagem de água pelas membranas, influencia na deterioração de sementes. De acordo com Delouche (1963), a deterioração é inevitável, ocorrendo nas sementes e em qualquer organismo vivo. É um processo contínuo de perdas de atividades vitais das sementes, que, uma vez perdidas, é impossível recuperá-las. As perdas podem ocorrer nas operações efetuadas durante ou após a colheita, nas fases de campo, colheita, recepção, secagem, beneficiamento, armazenamento, transporte e semeadura. A deterioração leva as sementes à diminuição do vigor e viabilidade, acarretando no envelhecimento, promovendo o decréscimo do potencial fisiológico, culminando no baixo desempenho na pós-semeadura, com baixa porcentagem, velocidade e uniformidade na emergência das plântulas (MARCOS FILHO, 2015).

Em regiões tropicais e subtropicais a ocorrência de chuvas e altas temperaturas no momento da maturação fisiológica das sementes é comum. Esses fatores associados podem causar danos expressivos à qualidade das sementes, com expansão, retração e rompimento do tegumento, incidência de fitopatógenos, como *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., *Cercospora kikuchii* e *Colletotrichum truncatum* (GOULART, 1997; GOULART et al., 1999; HENNING; YUYAMA, 1999; HENNING, 2005; MERTZ; HENNING; ZIMMER, 2009; HENNING et al., 2014),

reduzindo a qualidade sanitária e fisiológica (COSTA et al., 2003; PEREIRA; PEREIRA; FRAGA, 2000) afetando a germinação e vigor, e consequentemente a emergência de plântulas, falhas no estande de plantas e reduzindo a produtividade (BRINGEL et al., 2001; HAMAWAKI et al., 2002)

Condições de elevada umidade relativa e temperatura podem afetar a qualidade de sementes em campo e no armazenamento. Períodos de aumento e diminuição da umidade antes da colheita, provocados por períodos de chuvas frequentes, culminam na deterioração das sementes. A deterioração é mais intensa, quando esses períodos de alta umidade relativa são associados à altas temperaturas (FRANÇA NETO; HENNING, 1984), característico do verão, principalmente no Brasil Central. Além de alterações físicas, como ruptura do tegumento e rugas nos cotilédones, alterações fisiológicas também ocorrem, como, degradação dos lipídios e proteínas, membranas celulares e demais organelas, em interação com processos oxidativos (FRANÇA NETO et al., 2016).

O processo de deterioração pode ser ainda mais severo, quando, ocorrem veranicos associados à altas temperaturas ( $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ), na fase de enchimento de grãos (FRANÇA NETO et al., 1993). Essas condições ambientais, resultam em sementes com alto índice de enrugamento, com baixo potencial de produtividade (FRANÇA NETO et al., 2016). Esse problema tem influência genética, ou seja, existem cultivares que são mais propensas ao enrugamento de cotilédones, e outras são mais tolerantes, como as cultivares BRS 132 e BRS 183 (FRANÇA NETO et al., 2000; 2001; FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2002) e (HOFFMANN-CAMPO; SARAIVA, 2003). A escolha correta da data de semeadura e o uso de cultivares tolerantes às condições adversas, são formas de manejo utilizadas para diminuir a influência desses fatores ambientais na qualidade de sementes de soja (FRANÇA NETO et al., 2016)

Para produzir sementes com alta qualidade, a temperatura média durante as fases de maturação e colheita devem ser  $\leq 22^{\circ}\text{C}$  (SISTEMA....., 2013), além do período de ausência de chuvas no momento da colheita. Normalmente não encontra-se essa condição de temperatura ideal em regiões tropicais, mas, em locais com altitude superior à 700 m, há possibilidade de ocorrer essa condição ambiental (FRANÇA NETO et al., 2007). Regiões com latitude de  $24^{\circ}$  ao Sul, são mais propícias para a produção de sementes de qualidade (COSTA et al., 2003; 2005). Segundo o autor, regiões acima dessa latitude sofrem oscilações climáticas que

afetam significativamente a qualidade de sementes, com temperaturas elevadas e alta precipitação no momento da colheita.

A produção de sementes de elevada qualidade é um atributo baseado em tecnologias e formas de manejo que confere altas produtividades às lavouras, pois, sementes de baixa qualidade, resultantes do processo de deterioração, podem ser um fator limitante para a boa produtividade das lavouras comerciais. Assim, são relevantes trabalhos que auxiliem na escolha das melhores formas de armazenamento em diferentes cultivares de soja, visando a qualidade de sementes.

### **2.3 Armazenamento de sementes**

O termo qualidade de sementes foi definido por Marcos Filho (2015) como um conjunto de características que determinam o seu valor para a semeadura, ou seja, o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado, de maneira consistente, quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária.

O armazenamento é uma das etapas de manutenção da qualidade das sementes, visto que, nessa fase a vida útil das sementes pode ser prolongada ou retardada, de acordo com as condições ambientais do armazém.

Algumas condições podem afetar a qualidade das sementes como, por exemplo, o excesso ou a falta de chuvas, a cultivar, a ocorrência e ataque de insetos e patógenos, a época e o manejo durante a colheita, a ocorrência de injúrias mecânicas, a adequação das operações de secagem e beneficiamento, as condições e o período de armazenamento (MARCOS FILHO, 2015). A necessidade de adoção de modernas técnicas de pós-colheita que permitam a conservação e qualidade das sementes, de acordo com Villela e Menezes (2009), é o modo de garantir a manutenção da germinação, além de minimizar a redução do vigor.

A pré-colheita, colheita e armazenamento de sementes são etapas de extrema importância para manutenção da qualidade. Os períodos de pré-colheita e colheita são responsáveis pela capacidade de armazenamento das sementes, visto que, sementes com baixa qualidade, devido à erros de manejo nessas fases, vão originar sementes com baixa capacidade de armazenamento, e consequentemente plântulas fracas com poucas ou nenhuma chance de sucesso no estabelecimento em campo (KRZYZANOWSKI et al., 2008).

Para manter a qualidade das sementes por um período maior, é necessário armazená-las em condições corretas, visto que os fatores teor de água, umidade relativa, temperatura e a cultivar, influenciam na viabilidade de armazenamento. Gris et al., (2010) afirmam que o período de viabilidade depende tanto de características genéticas quanto de efeitos ambientais, durante as fases de desenvolvimento, colheita, processamento e armazenamento.

O armazenamento deve ser conduzido a fim de reduzir o metabolismo das sementes, sob baixos teores de água, em um ambiente sob temperatura reduzida (MARCOS FILHO, 2015). Deve ser realizado de modo que mantenha a qualidade fisiológica, preservando a sua viabilidade e mantendo o seu vigor até a sua futura semeadura (AZEVEDO et al., 2003).

O momento da colheita é importante para aproveitar o máximo de viabilidade das sementes de soja. De acordo com França Neto et al., (2016), estas devem ser colhidas, quando, ainda no campo, com teor de água de 15% ou abaixo desse teor, durante a seca natural em campo.

A longevidade das sementes varia de acordo com as cultivares, mas o teor de água e condições de armazenamento são fatores que auxiliam na conservação do potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2015).

Em regiões tropicais e subtropicais é um desafio produzir sementes de alta qualidade, pois temperaturas elevadas são associadas à alta umidade relativa do ar no momento da colheita. Esses dois fatores podem promover mudanças degenerativas, como desestabilização de atividades de enzimas, desestruturação e perda da integridade das membranas celulares, ocasionada por peroxidação lipídica (ALSCHER et al., 2002).

Forti et al. (2010) observaram, através de testes de germinação e vigor, que o ambiente de armazenamento não controlado ocasionou maior redução do potencial fisiológico nas sementes de soja, em comparação com a câmara seca (50% UR e 20 °C) e câmara fria (90% UR e 10 °C).

Conforme Demito e Afonso (2009), é viável e necessário reduzir a temperatura para preservar a qualidade das sementes armazenadas. Além da temperatura, da umidade relativa do ar do armazém e do teor de água na semente, a manutenção da qualidade das sementes em armazenamento também é influenciada por cultivares quanto ao nível de germinação e de vigor ao longo do armazenamento (MARTINS-FILHO et al., 2001).

Para Berbet et al. (2008), quando o teor de água nas sementes de soja é superior a 14%, a respiração aumenta, provocando sua deterioração. De acordo com Silva (2008) há um incremento na taxa respiratória proporcional ao aumento da temperatura, que é dependente do teor de água.

Fessel et al. (2010), observaram o aumento da condutividade elétrica nos testes de vigor de sementes de soja armazenadas em diferentes temperaturas. Altas temperaturas durante o armazenamento aumentam a deterioração da semente, tanto quanto alto teor de água (MCDONALD, 1999). Este aumento foi refletido pela liberação de exsudados através das membranas e confirmado pelo aumento da condutividade elétrica (CE) nas sementes deterioradas quando armazenadas a 30 °C. Porém, quando as sementes foram armazenadas a 10 °C, e em alguns casos nas temperaturas 20°C e 20/10°C, embora a qualidade da semente medida pelos testes de envelhecimento acelerado (EA) e teste de frio (TF) tenha diminuído, a CE praticamente não foi alterada.

Aguiar et al. (2012) verificaram que as sementes de soja mantiveram alta germinação quando armazenadas sob temperatura de 25°C em relação a 31°C.

Carvalho et al. (2014) concluíram que a germinação e o vigor de sementes de soja se mantiveram por tempo indeterminado na condição de 10°C e 50% de umidade relativa. Em condição não controlada de temperatura e umidade relativa, após seis meses a germinação e vigor são reduzidos.

Shons et al. (2019) avaliaram a armazenabilidade de sementes de cultivares soja em diferentes condições de armazenamento; ambiente sem controle de temperatura (T) e umidade relativa (UR), outro ambiente com T entre 8 e 10°C com UR entre 75 e 80%, e o terceiro ambiente um silo bolsa hermeticamente fechado sem controle de T e UR. A temperatura ou a umidade relativa elevadas afetaram negativamente o poder germinativo das sementes de soja. O ambiente que proporcionou melhor qualidade para as sementes foi o ambiente não controlado, visto que no ambiente controlado a UR foi elevada e no silo bolsa a T e UR também não foram controladas, porém devido às condições, provavelmente, os dois fatores deterioraram as sementes. Nesse estudo a cultivar foi o fator que mais limitou a qualidade fisiológica das sementes, sendo importante a escolha correta da cultivar a ser armazenada.

Vergara et al. (2019) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja, no armazenamento, com retardamento de colheita, concluíram que após o estádio

ideal de colheita 7.8 (FEHR; CAVINESS, 1977), a qualidade das sementes e a armazenabilidade é reduzida. Condições de armazenamento em campo não são ideais para a qualidade de sementes, principalmente espécies ricas em óleos e proteínas, como a soja.

O conhecimento do comportamento das sementes durante o armazenamento é importante para as tomadas de decisão nessa fase de produção, visto que, as perdas qualitativas e quantitativas podem ser reduzidas, quando as sementes são armazenadas em um ambiente favorável à manutenção da qualidade.

## **2.4 Expressão isoenzimática em sementes**

Além das condições de ambiente no armazém, a escolha de cultivares que tolerem ao armazenamento é importante, pois, a qualidade para a futura semeadura pode ser mantida por período prolongado. Há a necessidade de estudos que correlacionem características nas cultivares com o potencial de armazenamento. O estudo da expressão de enzimas durante o armazenamento é útil para a escolha das cultivares com maior armazenabilidade.

O estudo de envelhecimento das sementes, analisando as alterações enzimáticas, permite a observação do momento inicial de ocorrência dos danos, de acordo com cada condição de armazenamento (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013). O conhecimento de alterações isoenzimáticas ligado aos testes fisiológicos de germinação e vigor, aumentam a confiabilidade e assertividade de seleção dos lotes de sementes.

No processo de deterioração de sementes, ocorrem alterações enzimáticas. As alterações mais comuns são: desestruturação de enzimas, inativação progressiva, redução ou paralisação da síntese de algumas enzimas, redução da atividade de enzimas respiratórias (MARCOS FILHO, 2015). Ocorre redução de atividade da  $\alpha$  e  $\beta$  amilase, hidrolase, catalase, peroxidase, ATPase, citocromo oxidase, DNA ligase e polimerase, esterase, fosfatase ácida, malato e álcool desidrogenase ( WALTERS, 1998; MCDONALD, 1999).

A álcool desidrogenase (ADH) está relacionada com a respiração anaeróbica. Essa enzima catalisa a conversão de acetaldeído em etanol, pois o acetaldeído é tóxico para as sementes, e quando ele está presente, contribui para o processo de

deterioração das sementes. O aumento da atividade dessa enzima auxilia na proteção contra a toxicidade do acetaldeído (VEIGA et al., 2010)

A catalase (CAT) é encontrada nos peroxissomos e também faz parte da deteriorização de produtos tóxicos às células das sementes. Ela tem a função de consumir o peróxido de hidrogênio que é produzido em condições de estresse. Ela também faz parte da remoção de radicais livres. Quando é observada a diminuição da atividade dessa enzima, a capacidade de prevenção de danos oxidativos também é reduzida, proporcionando redução da qualidade das sementes. (LEHNINGER, 2006)

De acordo com Catão et al. (2014), a análise da expressão de enzimas e proteínas pode proporcionar a seleção de cultivares, identificando variações relacionadas a fatores abióticos, como temperaturas elevadas de germinação. Os mesmos autores correlacionaram os altos índices de germinação de sementes da cultivar de alface Everglades sob temperatura de 35°C, com elevada atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase, que confere termotolerância em sementes de alface.

Castro et al. (2017) avaliaram a qualidade fisiológica e expressão de enzimas em cultivares de soja resistentes ao glifosato. Foi comparada a expressão enzimática em sementes produzidas em Patos de Minas-MG e Lavras-MG, com 1.074 e 918 metros de altitude, respectivamente. Houve maior expressão da enzima álcool desidrogenase em sementes da cultivar CD 250 RR, na região de Patos de Minas. Já para a catalase, houve maior expressão em sementes produzidas na região de Lavras, da cultivar TMG 1174 RR. Os autores concluíram que a expressão de enzimas está correlacionada com a qualidade de sementes das cultivares ou com o ambiente de produção.

Timóteo e Marcos Filho (2013), avaliando desempenho de sementes de milho durante o armazenamento, observaram que em sementes mais deterioradas houve redução ou ausência da enzima catalase. A álcool desidrogenase foi encontrada em maior atividade nos ambientes com temperatura e umidade relativa elevadas. De acordo com os autores a associação dos testes fisiológicos e enzimáticos asseguram a avaliação de qualidade de lotes de sementes de milho.

Carvalho et al. (2014) observaram maior expressão da enzima ADH em sementes de seis cultivares de soja armazenadas em câmara fria, quando comparadas com ambiente não controlado. Em geral sementes com maior qualidade fisiológica, apresentaram maior expressão para esta enzima.

O conhecimento de alterações enzimáticas ligado aos testes fisiológicos utilizados, corrobora para maior detalhamento, segurança e assertividade para a escolha de cultivares tolerantes à condições adversas no armazenamento.

## REFERÊNCIAS

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: observatório agrícola. Brasília: CONAB, v. 7, n. 6, p. 1-89, mar. 2020. Safra 2019/20 - Sexto levantamento. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/29540\\_a08ee6ad718e43a1d8d18ecc171b8c91](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/29540_a08ee6ad718e43a1d8d18ecc171b8c91). Acesso em: 10 out. 2020
- AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido de carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 554-560, jul./set. 2012. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1596>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- ALSCHER, R.G.; ERTURK, N.; HEALTH, L.S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, maio 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1331> Disponível em: <https://academic-oup-com.ez34.periodicos.capes.gov.br/jxb/article/53/372/1331/644128>. Acesso em: 12 jun. 2019.
- AZEVEDO, M. R. de Q. A.; GOUVEIA, J. P. G. de; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 519-524, set./dez. 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662003000300019>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=2&script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662003000300019&lng=en&tlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=2&script=sci_arttext&pid=S1415-43662003000300019&lng=en&tlng=en). Acesso em: 12 dez. 2019.
- BAUDET, L. M. L. Armazenamento de Sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Editora e gráfica universitária, 2003. p. 369 -418.
- BERBET, P. A.; SILVA, J. S.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S. (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: UFV, 2008. p.63-107.
- BRINGEL, J. M. M.; MORAES, M. H. D.; MENTEN, J. O. M.; BEDENDO, I.P. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja produzidas na Região de Balsa, Maranhão. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 27, n. 4, p. 438–441, 2001.
- CARTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybeans. In: NORMAN, A. G. **The soybean**. New York: Academic Press, 1963. p. 162-221.
- CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D. P. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 12, p. 967-976, dez. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014001200007.

Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2014001200967](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014001200967). Acesso em: 12 dez. 2019.

CASTRO, D. G.; BRUZZI, A. T.; ZAMBIAZZI, E. V.; REZENDE, P. M.; ZUFFO, A. M.; SALES, A. P.; SOARES, I. O.; BORGES, I.M. M.; BIANCHI, M. C. Qualidade fisiológica e expressão enzimática de sementes de soja RR. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 222-235, mar. 2017. DOI: 10.19084/rca16054. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16445>. Acesso em: 11 dez. 2019.

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F.; GALVÃO, A. G. Physiological and biochemical changes in lettuce seeds during storage at different temperatures. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 118-125, jan./mar. 2018. DOI: 10.1590/s0102-053620180120. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0102-05362018000100118&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-05362018000100118&lng=pt). Acesso em: 13 out. 2019.

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; SANTOS, H. O.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 4, p.316-322, abr. 2014. DOI: 10.1590/s0100-204x2014000400010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2014000400316](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000400316). Acesso em: 13 nov. 2019.

COSTA, N. P. da; MESQUITA, C. de M.; FRANÇA NETO, J. de B.; MAURINA, A. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N. de; HENNING, A. A. Validação do zoneamento ecológico do Estado do Paraná para produção de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 37-44, jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100005>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0101-31222005000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-31222005000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 07 out. 2019.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M; MAURINA, A. C. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 1, p.128-132, jul. 2003. DOI: 10.1590/S0101-31222003000100020. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222003000100020&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222003000100020&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 07 out. 2019.

DELOUCHE, J. C. Seed deterioration. **Seed World**, v. 2, n. 4, p. 14-15, 1963.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.17, p. 7-14, jan./fev. 2009. DOI: [ps://doi.org/10.13083/reveng.v17i1.88](https://doi.org/10.13083/reveng.v17i1.88). Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/79>. Acesso em: 03 set. 2019.

DOMENE, M. de P. **Fatores determinantes de descartes de sementes de soja (Glycine max L. Merrill) produzidas no Estado de Minas Gerais**. 1992. 56f.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 207-214, [set. 2010]. DOI: 10.1590/S0006-87052010000100026. Disponível em:  
[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000100026](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000100026). Acesso em: 15 ago. 2019.

FORTI, V. A.; CICERO S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por ‘umidade’ e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 123-133, set. 2010. DOI: 10.1590/S0101-31222010000300014. Disponível em:  
[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222010000300014](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000300014). Acesso em: 11 out 2019.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; LORINI, I. HENNING, F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Documentos**. Londrina: Embrapa, n. 380, 82 p., 2016. ISSN 2176-2937. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1057882/tecnologia-da-producao-de-semente-de-soja-de-alta-qualidade>. Acesso em: 14 jun 2019.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade: série Sementes. **Circular Técnica**. Londrina: Embrapa Soja, n. 40, 12 p., mar. 2007. ISSN 1516-7860. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009-09/27215/1/circtec40.pdf>. Acesso em: 14 jun 2019.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Seleção de genótipos de soja quanto à tolerância ao enrugamento de grãos. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, São Pedro. **Atas** [...]. Londrina: Embrapa Soja, 2002. (Embrapa Soja. Documentos, 185).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da; HENNING, A. A. Caracterização de cultivares de soja quanto a tolerância ao enrugamento de sementes causado por estresses térmico e hídrico. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 22., 2000, Cuiabá. **Resumos** [...]. Londrina: Embrapa Soja. 2000. p. 200-201. (Embrapa Soja, Documentos, 144).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling. **Seed Science and Technology**, v. 21, n. 1, p.107-116, 1993.

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja. **Circular Técnica**. Londrina: Embrapa-CNPSO, n. 9, 39 p., out, 1984. ISSN 0100-6703. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/444358>. Acesso em: 10 ago. 2019.

GALIOTTO, Fábio. Mercado de sementes movimenta R\$ 10 bi ao ano no Brasil. **Folha de Londrina**, Londrina, 24 fev. 2017. Disponível em: <https://www.abrates.org.br/noticia/mercado-de-sementes-movimenta-r-10-bi-ao-ano-no-brasil>. Acesso em: 05 dez. 2019.

GOULART, A. C. P.; FIALHO, W. F. B.; FUJINO, M. T. Viabilidade técnica do tratamento de sementes de soja com fungicidas antes do armazenamento. **Boletim de Pesquisa**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, n. 2, 41 p., 1999. ISSN 1517-0322. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/242148>. Acesso em: 07 jan. 2020.

GOULART, A. C. P. Fungos em sementes de soja: detecção e importância. **Documentos**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, n. 11, 58 p., 1997. ISSN 0104-5172. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/240627>. Acesso em: 22 jul. 2019.

GRIS, C. F.; VON PINHO, E. V. de R.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M. L. de M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n2/15.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

HAMAWAKI, O. T.; JULLIATI, F. C.; GOMES, G. M.; RODRIGUES, F. A.; SANTOS, V. L. M. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de genótipos de soja do ciclo precoce/médio em Uberlândia, Minas Gerais. **Fitopatologia brasileira**. v. 27, n. 2, p. 201-205, mar./abr. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582002000200013>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-41582002000200013](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582002000200013). Acesso em: 12 jan. 2020.

HENNING; A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. Manual de identificação de doenças de soja. 5. ed. **Documentos**. Londrina: Embrapa Soja, n. 256, 76 p. abr. 2014. ISSN 1516-781X. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/991687>. Acesso em: 12 jan. 2020

HENNING, A. A. Patologia e tratamento de sementes: noções gerais. 2.ed. **Documentos**. Londrina: Embrapa Soja, n. 264, 52 p., set. 2005. ISSN 1516-781X. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/469530>. Acesso em: 12 jan. 2020.

HENNING, A. A.; YUYAMA, M. M. Levantamento da qualidade sanitária de sementes de soja produzidas em diversas regiões do Brasil, entre as safras 1992/93 e 1996/97. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p.18-26, 1999. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/49820/1/ABRATES10.PDF>. Acesso em: 19 jun. 2019.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SARAIVA, O. F. (Org.). Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2002: sementes e transferência de tecnologia. **Documentos**, Londrina: Embrapa Soja, n. 211, 64 p., ago. 2003. ISSN: 1516-781X. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/466515>. Acesso em: 15 ago. 2019.

HOWELL, R. W., COLLINS, F. I., SEDWICK, V. E. Respiration of soybean seeds as related to weathering losses during ripening. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 11, p. 677-679, nov. 1959. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100110015x>. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1959.00021962005100110015x>. Acesso em: 28 mar. 2019.

JAQUES, L. B. A.; ELY, A.; HAEBERLIN, L.; MEDEIROS, E. P.; PARAGINSKI, R. T. Efeitos da temperatura e da umidade dos grãos de milho nos parâmetros de qualidade tecnológica. **Revista Eletrônica Científica da Uergs**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 409-420, 23 out. 2018. DOI: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.43.409-420>. Disponível em: <http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1306#:~:text=Os%20resultados%20indicaram%20que%20nas,do%20per%C3%A7odo%20de%20180%20dias>. Acesso em: 01 mai. 2019.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades: série sementes. **Circular Técnica**, Londrina: Embrapa Soja, n. 55, 8 p., abr. 2018. ISSN 1516-7860. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/457138>. Acesso em: 07 jan. 2020.

LEHNINGER, Albert L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015.

MARTINS FILHO, S.; LOPES, J. C.; RANGEL, O. J. P.; TAGLIAFERRE, C. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em condições de ambiente natural em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 2, p. 201-208, 2001.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999. ISSN: 0251-0952. MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p.13-18, jan./fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000100003>. Disponível

em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782009000100003](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000100003). Acesso em: 10 jan. 2020.

MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; ZIMMER, P.D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.39, p.13-18, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009000100003.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; FRAGA, A. C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1653-1662, ago. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000800019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v35n8/v35n8a19.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2019.

PESKE, S.T.; PEREIRA, L.A.G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de sementes**, v. 6, n. 1/2, p. 23-34, jun. 1983.

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

SANTOS, Paulo Eduardo de Campante et al. Semente é tecnologia. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 34, n. 03, p. 31-37, mar. 2014. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/32933/31751>. Acesso em: 07 out. 2019.

SCHONS, A.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; SILVA, A.V.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p.109-121, jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17183>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16630>. Acesso em: 15 jul. 2019.

SEDIYAMA, T. et al. Importância econômica da semente. In: SEDIYAMA, Tuneo (ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2013.

SEMENTE É TECNOLOGIA: anuário 2018. Brasília, DF: Associação Brasileira de Sementes e Mudas, 2018. 130 p. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/anuarios/>. Acesso em: 10 mai. 2019.

SILVA, J. S. (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**, Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

TIMÓTEO, T. S.; MARCOS-FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 207-215, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v35n2/10.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2019.

VEIGA, A. D.; VON PINHO, É. V. de R.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. de A. R.; OLIVEIRA, K. C. de; VON PINHO, R. G. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, jul./ago. 2010. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400022>. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a22.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2020.

VERGARA, R.; SILVA, R. N. O.; NADAL, A. P.; GADOTTI, G. I.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Atraso na colheita, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 4, p. 506-513, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n4222413>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v41n4/2317-1545-jss-41-04-506.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2020.

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News: a revista internacional de semente**, Pelotas v. 8, n. 4, jul. 2009. ISSN: 1415-0387. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/1804-o-potencial-de-armazenamento-de-cada-semente-edicao-julho-2009>. Acesso em: 08 jan. 2020.

WALTERS, C. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. **Seed Science Research**, Wallingford, Inglaterra, v. 8, n. 2, p. 223-244, jun. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1017/S096025850000413X>. 18 jan. 2020.

## **CAPÍTULO 1 – Potencial de cultivares de soja para produção de sementes de elevada qualidade tolerância ao armazenamento.**

### **RESUMO**

Temperatura e períodos de armazenamento são características que influenciam a viabilidade de sementes. A vulnerabilidade térmica durante os processos envolvidos na produção de sementes tem afetado de forma negativa a qualidade de lotes de sementes. O objetivo no trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja após submetidas a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. O experimento foi realizado nos anos agrícolas 2017/18 e 2018/19. Sementes de cinco cultivares de soja (BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO e SYN 15640 IPRO) foram produzidas e analisadas em Monte Carmelo-MG, Brasil. Após colheita manual e trilha mecânica foram separados lotes de sementes das cultivares e armazenadas sob temperaturas constantes de 10°, 20° e 30°C, com análises da qualidade fisiológica aos 0, 50 e 100 dias de armazenamento. Os testes realizados foram: primeira contagem de germinação, germinação, germinação com restrição hídrica e envelhecimento acelerado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 5x3x3. Os genótipos Desafio RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO apresentam maior tendência de alta qualidade de sementes e tolerância ao armazenamento e SYN 15640 IPRO e RK6813RR as menores, com diferenciação maior entre BMX Desafio RR e SYN 15640. Com 30°C e 50 dias de armazenamento é possível avaliar a tolerância ao armazenamento de genótipos de soja.

**Palavras-chave:** Armazenabilidade, *Glycine max*, temperatura, vigor.

## **CHAPTER I Potential of soybean cultivars for the production of seeds of high quality tolerance to storage.**

### **ABSTRACT**

Temperature and storage periods are characteristics that influence seed viability. The thermal vulnerability during the processes involved in seed production has negatively affected the quality of seed lots. The objective of this work was to evaluate the physiological quality of soybean seeds after being subjected to different temperatures and storage periods. The experiment was carried out in the agricultural years 2017/18 and 2018/19. Seeds of five soybean cultivars (BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO and SYN 15640 IPRO) were produced and analyzed in Monte Carmelo-MG, Brazil. After manual harvest and mechanical trail, seed lots of cultivars were separated and stored at constant temperatures of 10 °, 20 ° and 30 ° C, with physiological quality analyzes at 0, 50 and 100 days of storage. The tests carried out were: first germination count, germination, germination with water restriction and accelerated aging. The experimental was Completely Randomized Design (CRD), in a 5x3x3 factorial design. The BMX DESAFIO RR8473RSF, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO genotypes show a higher tendency for high seed quality and storage tolerance and SYN 15640 IPRO and RK 6813 RR the smallest, with greater differentiation between BMX DESAFIO RR8473RSF and SYN 15640 IPRO. It is possible to evaluate the storage of soybean genotypes with 30°C 50 days of storage by.

**Keywords:** Storage, *Glycine max*, temperature, vigor.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja ocupa a maior área de cultivo entre as culturas agrícolas no Brasil, demandando grande quantidade de sementes, fertilizantes e defensivos (HIRAKURI; LORINI; FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING; HENNING; MANDARINO; OLIVEIRA; BENASSI, 2018). Na safra 2017/18, foram produzidas 3.069.575 toneladas de sementes de soja, sendo que, a taxa de utilização de sementes certificadas para essa cultura é de 71%, com uma área de produção de grãos para serem semeadas em 35.149.200 hectares (SEMENTE É TECNOLOGIA, 2018).

Toda essa produção e elevadas produtividades são sustentadas por tecnologias de produção. Muitas desses avanços são veiculados por meio das sementes, por isso a qualidade é importante. Sementes de elevada qualidade tendem a favorecer altas produtividades em soja. De acordo com Bagateli et al. (2019), a expressão do vigor em lotes de sementes é dependente da cultivar. Esses autores concluíram que a cada ponto percentual no aumento do vigor de lotes de sementes, há incrementos nos desempenhos vegetativo e reprodutivo, com aumento de até 28 kg.ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos, dependendo da cultivar de soja. Para Scheeren et al. (2010), lotes com sementes de alto vigor podem produzir até 9% a mais do que lotes de sementes com baixo vigor, além de que, há um aumento da altura de plantas quando as sementes são provenientes de lotes de alto vigor. Kolchinski et al. (2005) encontraram um rendimento de produtividade 30 % superior com o uso de sementes de alto vigor.

Um dos fatores que afetam a produção de sementes de elevada qualidade é a temperatura ambiental durante o cultivo, sobretudo durante a maturação das sementes, em que são necessárias temperaturas mais amenas,  $\leq 23,5^{\circ}\text{C}$  (PÁDUA et al. 2014). O zoneamento agrícola para produção de sementes é uma ferramenta que, quando utilizada de forma correta, agrega valor à produção de sementes, pois, avalia critérios básicos para a produção de sementes de elevada qualidade. Para França-Neto et al. (2007), as temperaturas nas fases de maturação e colheita devem estar próximas à 22°C, preferencialmente com condições secas, para que se possa favorecer a alta qualidade das sementes.

Todavia, nem sempre condições favoráveis de temperatura ocorrem durante a maturação das sementes, tão pouco no armazenamento, em algumas regiões no Brasil, principalmente na região Central. Por isso se fazem necessárias pesquisas para auxiliar na seleção de cultivares de soja que tolerem elevadas temperaturas durante a maturação

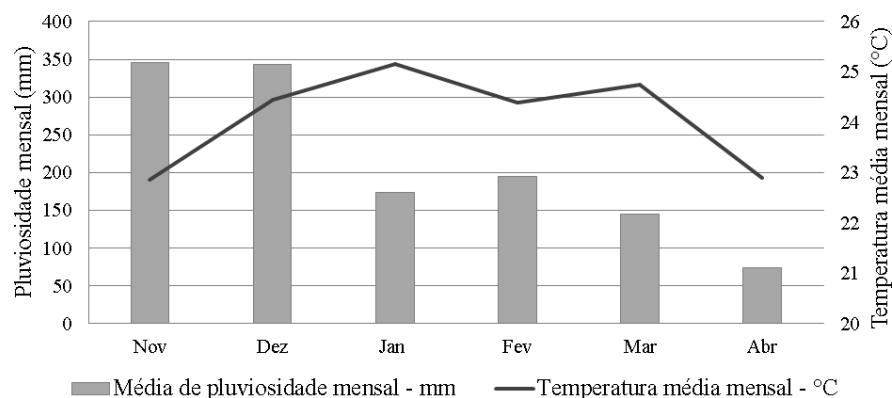
como também durante o armazenamento, para que a elevada qualidade seja construída e conservada até a utilização das sementes.

Existe a necessidade de selecionar cultivares que tolerem condições de ambiente subótimas, para que se prolongue a viabilidade das sementes até a semeadura, pois, as cultivares de soja apresentam diferentes níveis de tolerância ao armazenamento, com influência direta das condições do ambiente (CARVALHO et al., 2014; MAVAIEIE et al., 2019). Shons et al. (2018) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja de diferentes cultivares armazenadas, relataram que a cultivar M 8439 IPRO, apresentou superioridade entre as cultivares. Para os autores, a cultivar foi o fator limitante para a qualidade fisiológica de sementes.

Diante da necessidade de se conhecer cultivares favoráveis à produção de sementes de elevada qualidade fisiológica e tolerantes ao armazenamento, objetivou-se com esse trabalho avaliar cultivares de soja quanto à produção de sementes de elevada qualidade e a tolerância desses ao armazenamento em função de temperaturas e períodos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Monte Carmelo, MG, que apresenta as coordenadas  $18^{\circ}42'43,19''$  S e  $47^{\circ}29'55,8''$  WGr, com uma altitude média de 873 metros. O solo na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (SISTEMA..., 2006). O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical quente úmido, com inverno frio ( $15/16^{\circ}$  C) e seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.474 mm e  $22,6^{\circ}$  C, respectivamente, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. As médias mensais de temperatura e precipitação durante os cultivos dos campos de produção de sementes, médias dos anos agrícolas 2017/18 e 2018/19, estão apresentadas na Figura 1.



**FIGURA 1.** Média de pluviosidade (mm) e temperatura (°C) mensais, durante a condução do experimento nos anos agrícolas 2017/18 e 2018/19. Fonte: Sistema de monitoramento meteorológico Cooxupé, 2019.

As análises de qualidade fisiológica das sementes de soja foram realizadas no Laboratório de Sementes e Recursos Genéticos – LAGEM, localizado na UFU, Monte Carmelo, MG.

Foram conduzidas cinco cultivares de soja, BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO e SYN 15640 IPRO, sem irrigação suplementar. Os campos de produção de sementes foram conduzidos em dois anos agrícolas, 2017/18 e 2018/19, sempre com semeadura na segunda quinzena de novembro e tratos culturais necessários padronizados em ambos os anos.

Utilizou-se o sistema de plantio direto na palha. Após a dessecação da área foi realizada a abertura dos sulcos de semeadura, com auxílio de uma semeadora com o

espaçamento 0,50 m. A adubação foi efetuada de forma manual no sulco de plantio em função dos resultados de análise de solo, 0 a 20 cm de profundidade, conforme indicações para produção de grãos de soja no estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), integralmente tanto para fósforo quanto para potássio. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante líquido na proporção de 2.400.000 bactérias por semente. A semeadura foi realizada manualmente. Os desbastes foram efetuados aos 15 dias após emergência das plântulas, mantendo-se a população de 15 plantas por metro linear (300.000 plantas por hectare).

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas. Como área útil, foram utilizadas as duas fileiras centrais, com a eliminação de 0,50 m nas extremidades das mesmas, a título de bordadura, com área útil experimental de 4 m<sup>2</sup>. Os tratos culturais exigidos pela cultura foram realizados uniformemente em ambos os anos agrícolas, com o uso de Azoxistrobina+Ciproconazol para o controle de doenças, Deltametrina e Tiametoxan+Lambda-Cialotrina para o controle de insetos, e Glifosato para o controle de plantas daninhas.

A colheita foi realizada de forma manual quando as sementes apresentavam 15% de teor de água, com debulha manual. Foi efetuada secagem natural (ao sol), até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13% (base úmida).

Após serem trilhadas, as sementes foram tratadas com 200 ml 100 kg<sup>-1</sup> de sementes com produto comercial contendo Fipronil (250 g L<sup>-1</sup>) + Piraclostrobina (25 g L<sup>-1</sup>) + Tiofanato metílico (225 g L<sup>-1</sup>). Em seguida, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel multifoliolado, em número suficiente para cada época de avaliação ao longo do armazenamento e em cada temperatura com posterior armazenamento, com três repetições.

As amostras foram armazenadas em câmara BOD - (*Biochemical Demand Oxigen*), com as temperaturas constantes, à 10°C; 20°C e 30°C. Após acondicionadas em câmaras BOD, nas respectivas temperaturas, foram iniciados os testes fisiológicos. Durante o armazenamento foram realizadas análises fisiológicas das sementes em três períodos diferentes, admitindo as análises iniciais como 0 dias, 50 e 100 dias de armazenamento.

Para avaliação da qualidade das sementes foram realizados os seguintes testes:

*Primeira contagem da germinação:* foram realizadas 4 repetições de 50 sementes, colocadas em rolos de papel toalha tipo “Germitest”, armazenadas em câmara vertical,

tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) sob temperatura de 25°C ± 2 °C sem fotoperíodo. A quantidade de água adicionada foi equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram dispostos de forma vertical sobre caixas plásticas transparentes do tipo gerbox (medindo 11,0 cm x 11,0 cm x 3,5 cm) e envoltos com um saco plástico transparente e impermeável contendo 100 ml de água entre o gerbox e o saco plástico, sem contato direto com o papel, para manutenção da umidade das amostras. A primeira contagem foi realizada no quinto dia após montagem do teste, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais conforme critérios estabelecidos em BRASIL (2009).

*Germinação:* foi realizado concomitante à primeira contagem de germinação. Com a contagem do número de plântulas normais realizada no oitavo dia, com resultado final expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

*Germinação sob restrição hídrica:* As sementes foram dispostas em papel tipo "Germitest" (2 folhas) umedecidos com soluções aquosas, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, contendo manitol (P.A C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>) – P.M. 182,17)) para obtenção do nível de potencial osmótico de -0,25 MPa, na concentração de 18,6 g.L<sup>-1</sup> de água. A concentração de manitol foi calculada por meio da fórmula de Van't Hoff, ou seja,  $Y_{os} = -RTC$ , onde:  $Y_{os}$  = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos (8,32 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>); T = temperatura (K); e C = concentração (mol L<sup>-1</sup>) (SOARES et al., 2015), em g L<sup>-1</sup> de água utilizada para obter o nível de potencial osmótico. Considerando: 1 MPa = 10 bar; 1 bar = 0,987 atm; T (K) = 273+T (°C). A preparação dos rolos e condução do teste foi conforme descrito anteriormente para o teste de germinação. Na avaliação de porcentagem de plântulas normais, realizada no 5º dia após a montagem do teste, foram consideradas plântulas com tamanho de radícula igual ou maior do que 1,5 cm, além de perfeita formação dos órgãos vegetativos iniciais conforme descrições em BRASIL (2009).

*Envelhecimento acelerado:* foi conduzido em caixas de acrílico transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5cm), tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa, às quais foram adicionados 40 mL de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela; em seguida, as caixas foram mantidas em câmara tipo BOD a 41°C por 48 horas (MARCOS FILHO, 2015). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrição anterior, sendo consideradas porcentagens de plântulas normais, conforme descrições em BRASIL (2009).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3 x 3, correspondente a cinco cultivares de soja, três períodos de armazenamento e três temperaturas, com quatro repetições. Foram analisadas as médias dos dois anos agrícolas. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de pressuposições, análise de variância, teste F. Quando necessário (Teste F,  $p<0,05$ ), as médias foram comparadas utilizando-se Scott-Knott, a 5% de probabilidade, pelo software Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação tripla entre cultivar, temperatura e período de armazenamento para os testes de primeira contagem da germinação, germinação, envelhecimento acelerado e restrição hídrica na germinação (Tabela 1).

**TABELA 1.** Resumo da análise de variância para os testes fisiológicos primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), restrição hídrica (RH) e envelhecimento acelerado (EA), para sementes de cultivares de soja em função do tempo e temperatura de armazenamento.

FV	GL	PC	Quadrados médios		
			G	RH	EA
Cultivar (C)	4	1171,89*	981,07*	1587,99*	1964,24*
Tempo (To)	2	3291,23*	2297,50*	11079,53*	14929,85*
Temperatura (Te)	2	387,77*	254,70*	1903,17*	220,61*
C*To	8	148,67*	123,99*	87,46*	244,64*
C*Te	8	105,56*	79,19*	81,72*	27,41
To*Te	4	333,02*	258,98*	316,03*	330,14*
C*To*Te	16	101,94*	85,37*	156,41*	207,63*
Resíduo	135	12,75	12,71	15,84	17,25
CV (%)		4,72	4,59	6,35	7,27
W		0,6406	0,5345	0,2439	0,1491
L		1,2252	1,6083	1,9484	1,7304
Média		75,67	77,66	62,68	57,15

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F ( $p<0,05$ ).

CV(%)=Coeficiente de variação; W= estatística do teste de Shapiro-Wilk; L=estatística do teste de Levene

No início do armazenamento, em todas as temperaturas sementes da cultivar SYN 15640 IPRO apresentou os menores percentuais para primeira contagem de germinação (Tabela 2). Após 50 dias de armazenamento, à 10°C e à 20°C as cultivares RK 6813 RR e SYN 15640 IPRO apresentaram menor vigor, com 30°C, sementes de NS 7709 IPRO e BMX DESAFIO RR8473RSF apresentaram maior vigor. Já com 100 dias de armazenamento, em todas as temperaturas de armazenamento, RK 6813 RR e SYN 15640 IPRO foram sempre inferiores ao vigor de sementes. Na condição mais severa de armazenamento, 100 dias e 30°C, sementes de BMX DESAFIO RR8473RSF e NS 7709 IPRO mantiveram os maiores valores de vigor.

**TABELA 2.** Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (PC) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.

Temperatura	Tempo*	Cultivares**				
		BMX DESAFIO RR	RK6813 RR	M6210 IPRO	NS7709 IPRO	SYN15640 IPRO
10 °C	0	89 Aa	90 Aa	86 Aa	86 Aa	69 Ba
	50	80 Ab	73 Bb	78 Ab	76 Ab	72 Ba
	100	81 Ab	63 Cc	82 Bb	78 Ab	70 Ba
20 °C	0	88 Aa	86 Aa	90 Aa	88 Aa	79 Ba
	50	83 Ab	60 Cc	64 Bb	66 Bc	47 Dc
	100	81 Bb	77 Bb	89 Aa	76 Bb	62 Bb
30 °C	0	82 Ba	87 Aa	81 Ba	83 Ba	71 Ca
	50	74 Ab	66 Bb	64 Bc	73 Ab	58 Bb
	100	76 Ab	70 Bb	71 Bb	75 Ab	70 Ba
CV(%)		4,72				

\*Dias de armazenamento. CV(%)=Coeficiente de variação.

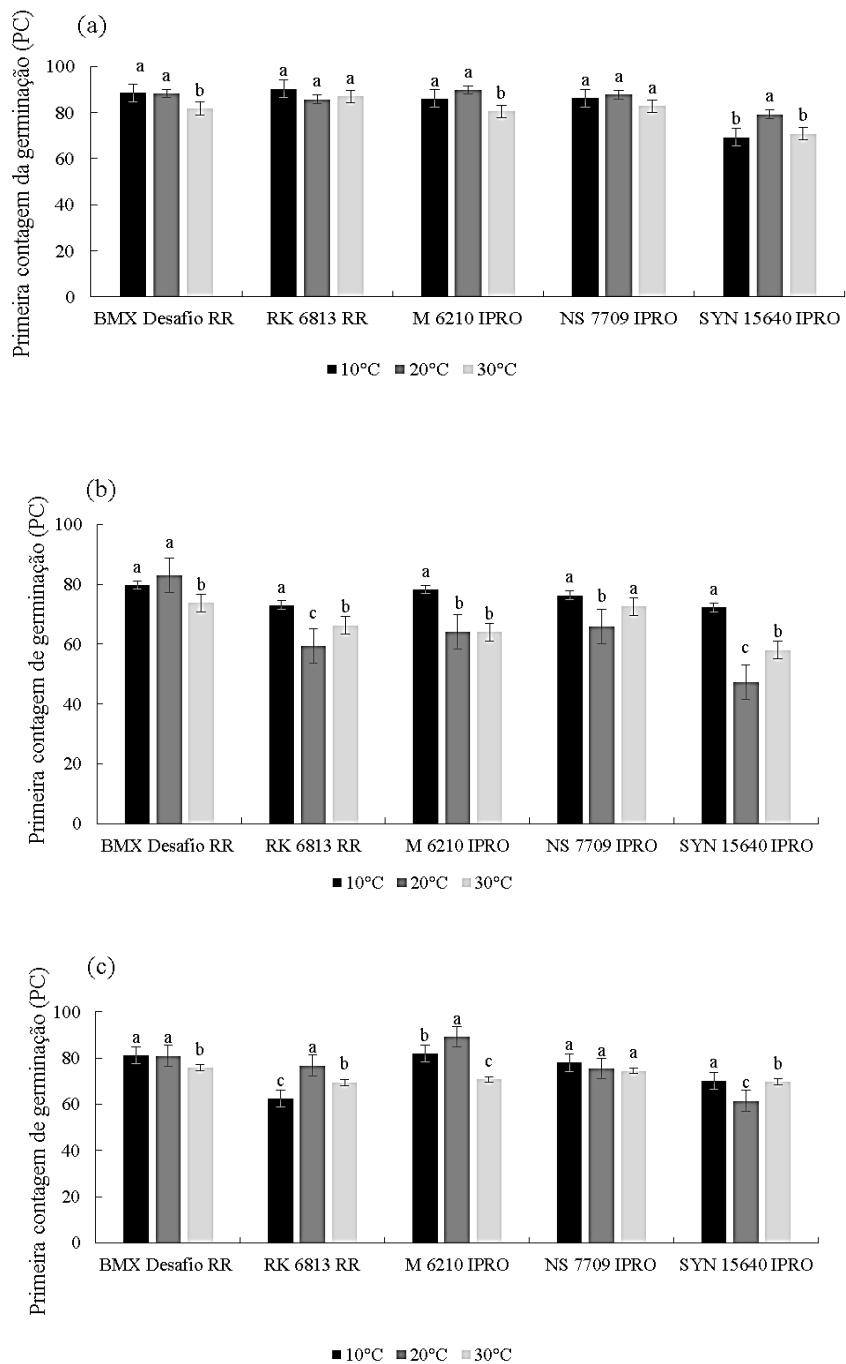
\*\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, em cada período de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Timóteo e Marcos-Filho (2013) avaliaram o potencial de armazenamento de diferentes genótipos de milho e verificaram que, o híbrido de milho B, apresentou superioridade em relação aos híbridos A e C, com armazenamento durante 15 meses sob 20°C e 70% de umidade relativa.

Com o armazenamento as sementes apresentaram menores porcentagens na primeira contagem de germinação, em todas as temperaturas de armazenamento. Porém, com poucas e pontuais diferenças entre 50 e 100 dias de armazenamento. Smaniotto et al. (2014), avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de soja durante 180 dias no armazenamento e verificaram que à 20°C a primeira contagem da germinação não foi reduzida, mas, quando submetidas à 27°C, a primeira contagem sofreu redução, em todas as épocas de armazenamento.

Em relação à temperatura de armazenamento, poucas diferenças de vigor foram constatadas no início do armazenamento, zero dias, fato justificado pelo pequeno tempo de exposição das sementes nessas condições de temperatura, somente o tempo suficiente para realização dos testes, em geral 15 dias (Figura 2a). Com o avanço do período de armazenamento, 50 e 100 dias, a diferença de vigor em função da temperatura foi maior (Figura 2b e 2c). Para a maioria das cultivares a menor temperatura (10°C) propiciou maiores médias da primeira contagem de germinação. As condições de temperaturas 20°C e 30 °C ocasionaram processo de deterioração nas sementes com 50 dias de

armazenamento. Com 50 dias, sementes da cultivar BMX DESAFIO RR8473RSF só diminuíram as médias com a temperatura extrema de 30°C, sendo que nas demais esse efeito foi verificado com 20°C (Figura 2b). Ao final dos 100 dias, para BMX DESAFIO RR8473RSF foi constado mesmo comportamento e para NS 7709 IPRO médias semelhantes em todas as temperaturas (Figura 2c).



**FIGURA 2.** Porcentagem de plântulas normais em primeira contagem de germinação em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20 °C e 30 °C) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).

Médias seguidas de letras iguais entre as temperaturas em cada cultivar não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro da média.

Assim como observado na primeira contagem de germinação, no período 0 DAA, a cultivar SYN 15640 IPRO, foi inferior às demais cultivares quanto à germinação, em todas temperaturas (Tabela 3). Reiterando tendência de menor qualidade, mesmo com produção e beneficiamento iguais aos das demais cultivares. Vale ressaltar que a temperatura média dos 2 anos agrícolas na região durante a maturação das sementes, mês de março (Figura 1), foi acima da temperatura considerada favorável para produção de sementes de soja de alta qualidade; 23,5 °C (PÁDUA et al., 2014), o que pode ter contribuído para uma menor qualidade dessa cultivar, provavelmente menos tolerante.

Essa tendência de baixa qualidade inicial, afetou todas as demais análises ao longo do armazenamento, pois o armazenamento é um fator estressante, portanto, materiais com baixa qualidade tendem a se deteriorar ainda mais com o avanço do período de armazenamento.

No período de armazenamento de 50 e 100 dias, além de sementes da cultivar SYN 15640 IPRO, cultivar RK 6813 RR também apresentaram germinação inferior às demais cultivares sob todas as temperaturas (Tabela 3). Assim como no teste de primeira contagem de germinação, a germinação das sementes das cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF e NS 7709 IPRO foram superiores às demais cultivares, na temperatura mais estressante, 30°C, com 50 e 100 DAA. Aos 100 dias, a cultivar M 6210 IPRO também foi designada no grupo de qualidade superior. O armazenamento provocou a deterioração das sementes em todas as temperaturas, porém em grande parte das cultivares e temperaturas não houveram diferenças entre os períodos de 50 e 100 dias, a exemplo de 30°C, com as cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, NS 7709 IPRO e SYN 15640 IPRO (Tabela 3). Este comportamento sustenta a possibilidade de encurtamento do tempo para avaliação da tolerância ao armazenamento, com o uso de temperaturas elevadas no ambiente. A partir de 50 dias, observa-se a diferenciação das cultivares quanto à qualidade, principalmente sob 30°C.

Carvalho et al. (2016) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento, sob diferentes embalagens com e sem resfriamento de sementes, verificaram que a germinação das sementes das cultivares TMG 1176 RR e SYN 9074 RR apresentaram comportamentos distintos. A germinação das sementes da cultivar TMG 1176 RR foi reduzida após 60 dias de armazenamento, e a cultivar SYN

9074 RR apresentou germinação acima de 90% até 120 dias após armazenamento, com redução nos períodos posteriores, até 180 dias. Após seis meses de armazenamento houve reduções mais acentuadas da germinação.

**TABELA 3.** Porcentagem de plântulas normais no teste de germinação (G%) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.

Temperatura	Tempo*	Cultivares**				
		BMX DESAFIO RR	RK6813 RR	M6210 IPRO	NS7709 IPRO	SYN15640 IPRO
10 °C	0	90Aa	91 Aa	88 Aa	88 Aa	72 Ba
	50	76 Bb	75 Bb	81 Ab	81 Ab	74 Ba
	100	80 Ab	65 Cc	84 Ab	81 Ab	72 Ba
20 °C	0	90 Aa	86 Aa	92 Aa	90 Aa	80 Ba
	50	84 Ab	64 Cc	67 Cb	71 Bb	55 Dc
	100	82 Bb	77 Cb	90 Aa	76 Cb	64 Db
30 °C	0	82 Ba	87 Aa	80 Ba	85 Aa	71 Ca
	50	80 Aa	68 Bb	72 Bb	77 Ab	69 Ba
	100	76 Aa	70 Bb	74 Ab	75 Ab	70 Ba
CV(%)		4,59				

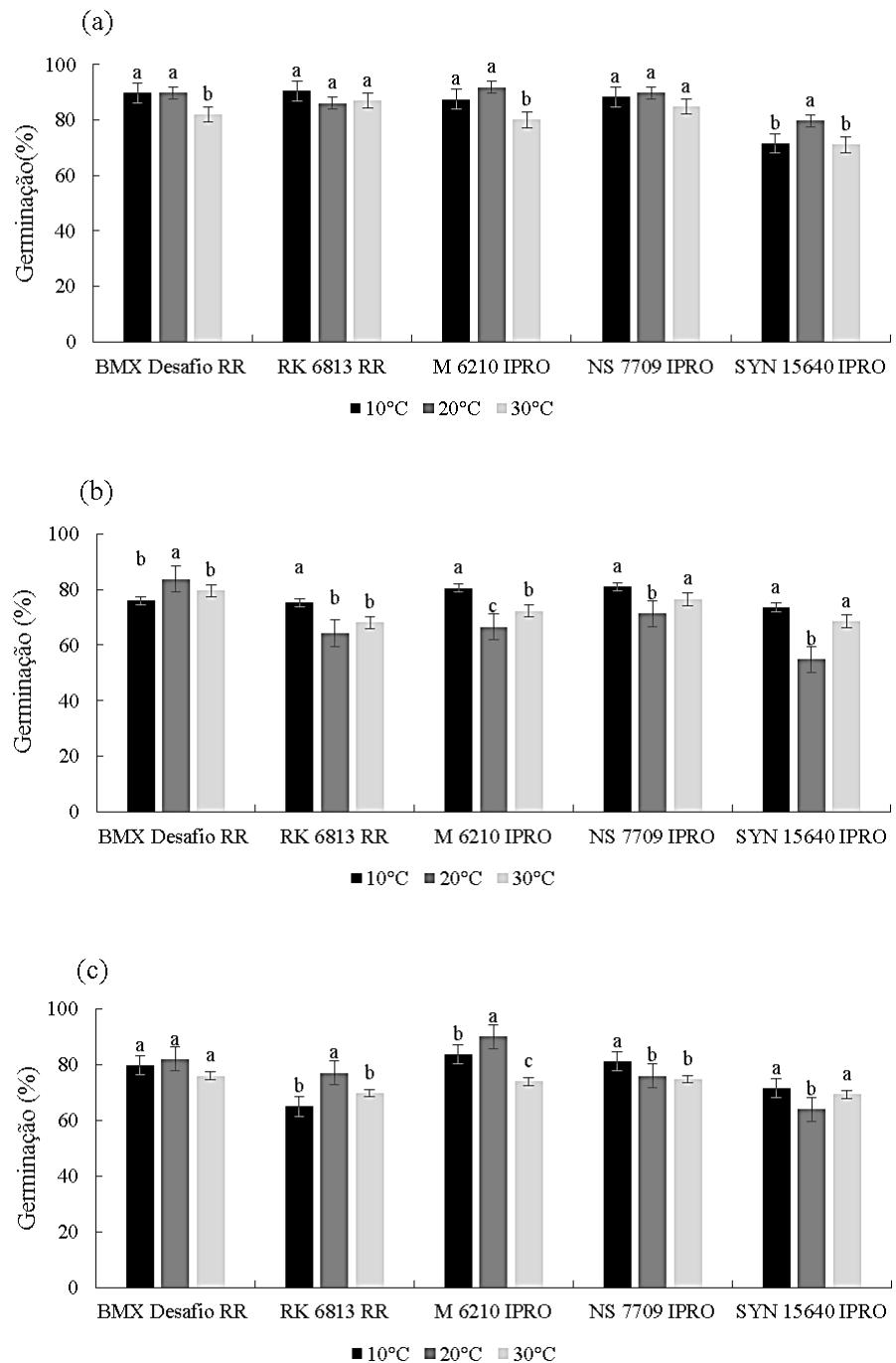
\*Dias de armazenamento. CV(%)=Coeficiente de variação.

\*\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, em cada período de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Avaliando a germinação em cada temperatura, no período de 0 dias, sob 10° e 20°C, não houve diferenças entre as cultivares, com exceção da cultivar SYN 15640 IPRO. Essa cultivar apresentou percentual de germinação reduzido, logo no período inicial de armazenamento, 0 dias. (Figura 3). Após 50 dias, houve diferenciação entre temperaturas sobre a qualidade das sementes das cultivares, mesmo com a temperatura intermediária, 20°C. Com 100 dias, a distinção de qualidade em função da temperatura também ocorreu, com efeitos mais prejudiciais a 30°C, com exceção de sementes da cultivar BMX DESAFIO RR8473RSF, que mesmo sob essa temperatura a germinação não diminuiu com 100 dias.

Catão et al. (2018) ao avaliarem o comportamento fisiológico e bioquímico de sementes de alface armazenadas sob altas temperaturas, observaram que a germinação das sementes diminuiu a partir de 60 dias a 25°C , com exceção do cultivar Everglades que mantém a germinação mesmo em condições de 35°C de temperatura, sendo assim, considerada como tolerante devido à manutenção da germinação em altas temperaturas.

Carvalho et al. (2014) verificaram que, em condições controladas de temperatura e umidade relativa ( $10^{\circ}\text{C}$  e 50% UR) a germinação de diferentes cultivares de soja não alterou até 8 meses, mas quando as sementes foram armazenadas em condições não controladas de temperatura e umidade, as sementes da cultivar TMG 1176 apresentaram germinação reduzida, desde o período inicial de armazenamento (dois meses) até oito meses após. Isso reforça que a relação potencial de armazenamento e cultivar.



**FIGURA 3.** Porcentagem de germinação em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura ( $10^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ ) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).

Médias seguidas de letras iguais entre as temperaturas em cada cultivar não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro da média.

Corroborando com os resultados anteriores, a cultivar SYN 15640 IPRO possui porcentagem de germinação inferior sob restrição hídrica, desde a menor temperatura e menor período de armazenamento. Esse vigor inferior foi acentuado com o armazenamento, a partir de 50 dias, principalmente com a temperatura ambiente de 30 °C (Tabela 4). Além dessa cultivar, as cultivares RK 6813 RR (aos 50 dias) e M 6210 IPRO e NS 7709 IPRO (aos 100 dias) possuem germinação inferior na temperatura de 30°C. Na condição de maior estresse no armazenamento, 30°C, tanto aos 50 quanto aos 100 DAA, sementes da cultivar BMX DESAFIO RR8473RSF foram as mais vigorosas,

As cultivares de soja apresentam diferentes tolerâncias ao armazenamento (CARVALHO et al. 2014; CARVALHO et al. 2016). É importante a característica genotípica para alta qualidade de sementes, além da tolerância ao armazenamento sobretudo em condições adversas. Fatores esses importantes para serem considerados em programas de melhoramento, para que assim a produção de sementes de elevada qualidade seja facilitada, contribuindo para o avanço e permanência de uma cultivar no mercado.

E relação aos períodos de armazenamento, 50 dias foram suficientes para proporcionar a redução do vigor das sementes, principalmente com 30°C (Tabela 4). Com o avanço do período de armazenamento para 100 dias, foram observadas poucas diferenças de vigor em relação ao período de 50 dias de armazenamento.

O teste de germinação sob restrição hídrica a -0,25 MPa, se mostrou eficiente para avaliação de cultivares quanto à tolerância ao armazenamento aos 50 dias. Soares et al. (2015) utilizando o teste de restrição hídrica sob o uso do manitol, observaram que a primeira contagem e germinação de sementes de soja foram afetadas negativamente com a redução do potencial osmótico, independentemente do tamanho das sementes. Os autores também observaram que o estresse hídrico em conjunto à altos teores salinos, prejudicam ainda mais as atividades metabólicas das sementes.

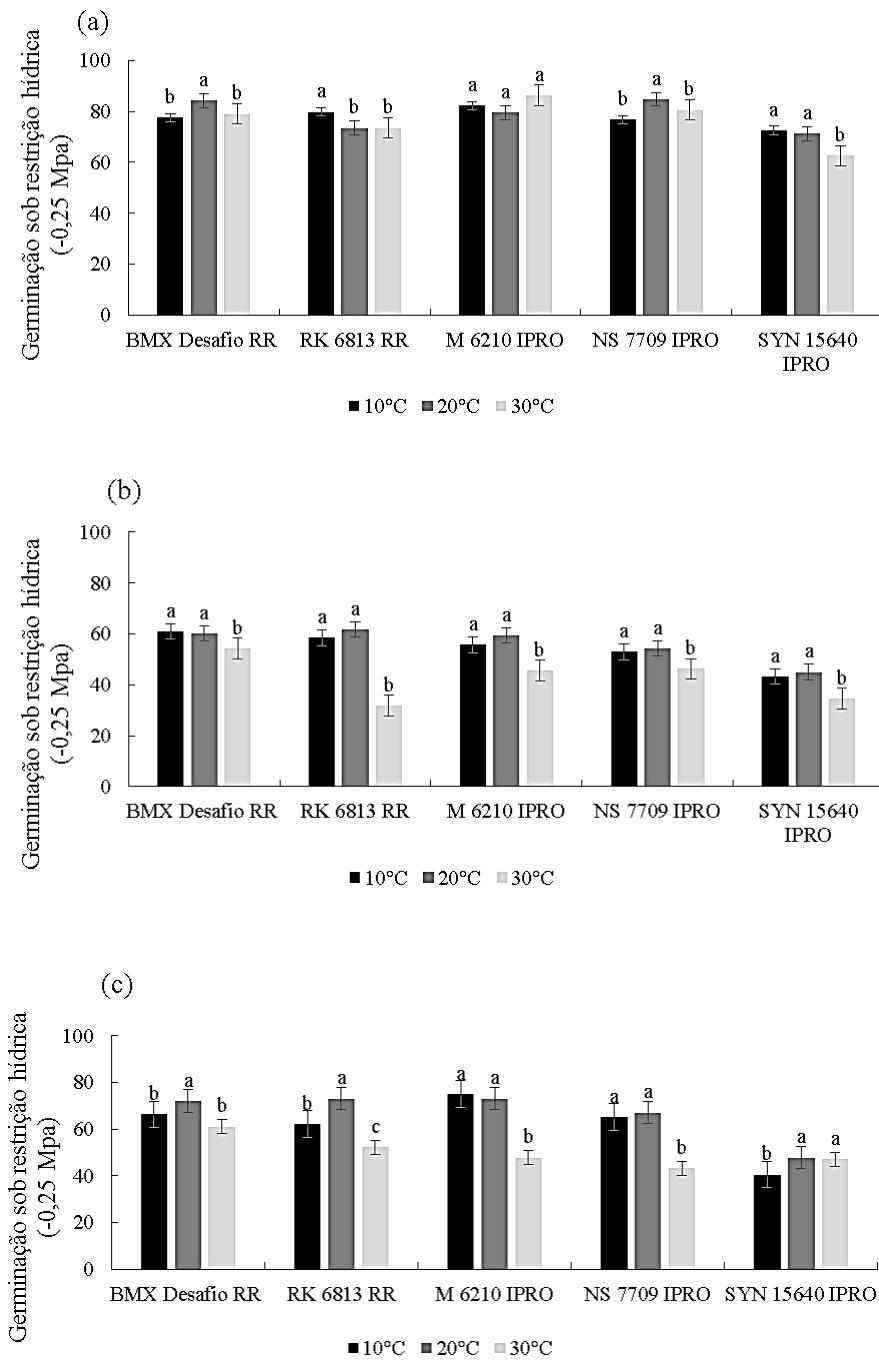
**TABELA 4.** Porcentagem de plântulas normais na germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.

Temperatura	Tempo*	Cultivares**				
		BMX DESAFIO RR	RK6813 RR	M6210 IPRO	NS7709 IPRO	SYN15640 IPRO
10 °C	0	78 Ba	80 Aa	82 Aa	77 Ba	73 Ba
	50	61 Ab	59 Ab	56 Bc	53 Bc	43 Cb
	100	66 Bb	62 Bb	75 Ab	65 Bb	41 Cb
20 °C	0	84 Aa	74 Ba	80 Aa	85 Aa	71 Ba
	50	60Ac	62 Ab	60 Ac	54 Bc	45 Cb
	100	72 Ab	73 Aa	73 Ab	67 Ab	48 Bb
30 °C	0	79 Ba	74 Ca	86 Aa	81 Ba	63 Da
	50	54 Ac	32 Ac	46 Bb	46 Bb	35 Cc
	100	61 Ab	52 Bb	48 Cb	43 Cb	47 Cb
CV(%)		6,35				

\*Dias de armazenamento. CV(%)=Coeficiente de variação.

\*\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, em cada período de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As temperaturas de armazenamento influenciaram o vigor desde a primeira época de avaliação, com 30 °C, deteriorando as sementes. Esse fato pode estar relacionado ao período de 15 dias iniciais durante a condução dos testes fisiológicos da primeira época, considerado como 0 dias (Figura 4). Esse efeito degenerativo foi acentuado aos 50 dias, com temperatura de 30°C, sendo verificado um menor vigor para as sementes de todas cultivares. Aos 100 dias de armazenamento, essa deterioração também foi constatada para todas as cultivares, com exceção de SYN 15640 IPRO cujo vigor foi baixo em todas as temperaturas. Nesta temperatura, o armazenamento com 50 dias foi suficiente para gerar deterioração e antecipar a avaliação quanto à tolerância ao armazenamento.



**FIGURA 4.** Porcentagem de germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).

Médias seguidas de letras iguais entre as temperaturas em cada cultivar não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro da média.

O vigor das sementes avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado, foi verificado que no início do armazenamento, as sementes da cultivar SYN 15640 IPRO possuem vigor inferior, em todas as temperaturas (Tabela 5). Com o armazenamento, as

sementes dessa cultivar se mantiveram entre as de menor vigor, juntamente com a cultivar RK 6813 RR, na qual apresentou maior deterioração aos 100 dias em todas as temperaturas. Na situação mais estressante, 30 °C e 100 dias, as sementes do cultivar M 6210 IPRO apresentaram maior vigor, nesse teste sementes de BMX DESAFIO RR8473RSF foram intermediárias.

O conhecimento de cultivares com tolerância ao armazenamento em condições desfavoráveis que apresentem alta qualidade de sementes em programas de melhoramento são relevantes e devem ser consideradas, frente às exigências atuais e tendências do mercado.

O armazenamento diminuiu a qualidade das sementes, porém ao contrário do observado para maioria dos testes anteriores, o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado apresentou diferenças entre 50 e 100 dias de armazenamento. Com uma depreciação acentuada do vigor ao final do armazenamento, sobretudo para o ambiente de 30°C.em que sementes de SYN 15640 IPRO e RK 6813 RR apresentaram valores de 24 e 29%, respectivamente (Tabela 5).

O teste de envelhecimento acelerado, expõe as sementes a condições estressantes de temperatura e umidade antes da realização da germinação, o que leva as sementes a uma condição extrema em relação ao vigor, gerando boa variabilidade. Por isso é um teste bastante difundido e consagrado para avaliação da qualidade de sementes de soja, como relatado por Krzyzanowski et al. (2019). Belniaki et al. (2016) verificaram que a avaliação da porcentagem de plântulas normais após a condição de estresse no envelhecimento acelerado é adequada, visto que, o resultado obtido foi congruente com o teste de emergência em campo.

**TABELA 5.** Porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura (10 °C, 20°C e 30 °C) por 0, 50 e 100 dias.

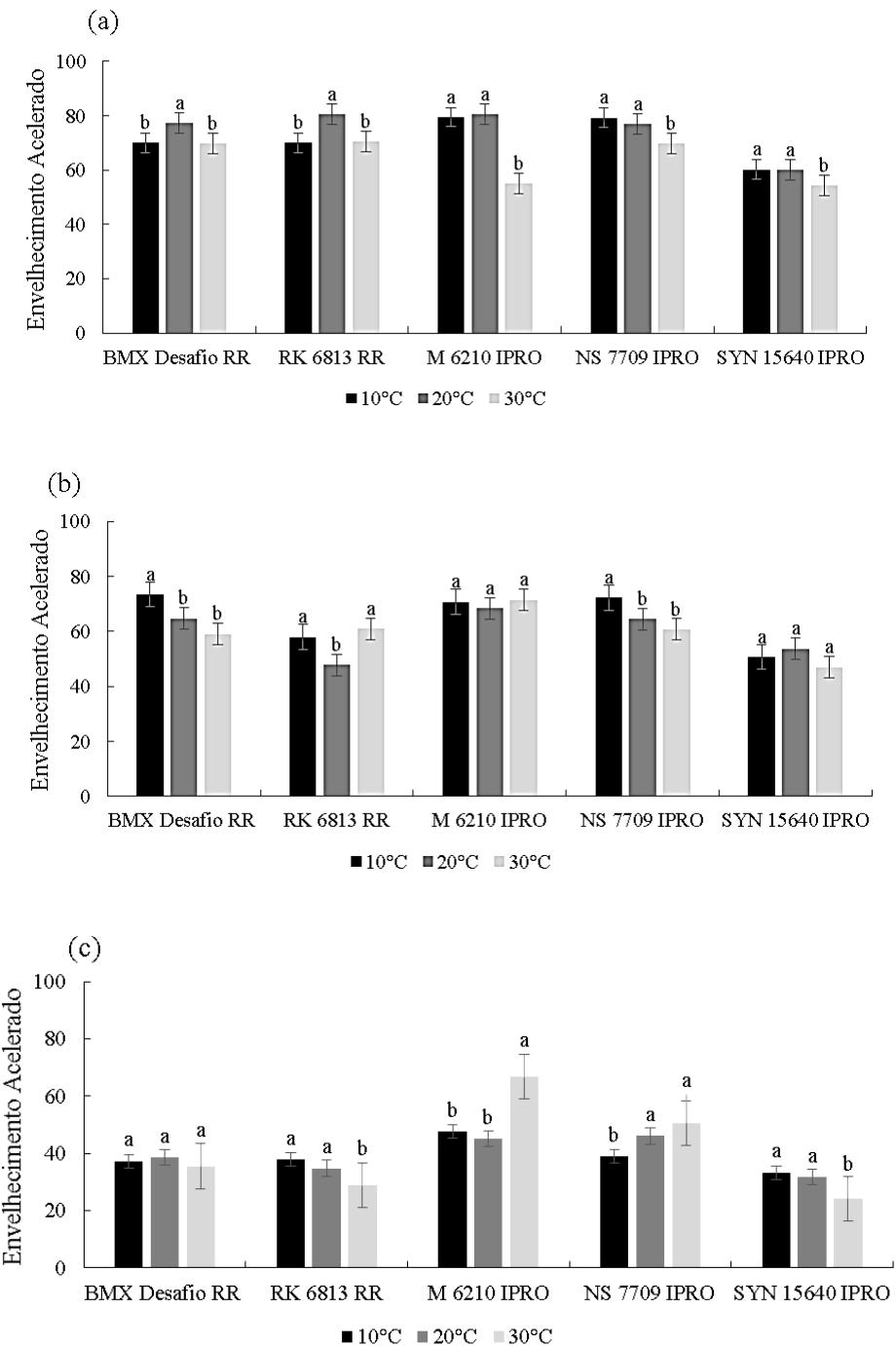
Temperatura	Tempo*	Cultivares**				
		BMX DESAFIO RR	RK 6813 RR	M 6210 IPRO	NS 7709 IPRO	SYN15640 IPRO
10 °C	0	70 Ba	70 Ba	80 Aa	79 Aa	60 Ca
	50	74 Aa	58 Bb	71 Ab	72 Ba	51 Cb
	100	37 Bb	38 Bc	48 Ac	39 Bc	33 Bc
20 °C	0	77 Aa	81 Aa	81 Aa	77 Aa	60 Ba
	50	65 Ab	48 Cb	69 Ab	65 Ab	54 Bb
	100	39 Bc	35 Bc	45 Ac	46 Ac	32 Bc
30 °C	0	70 Aa	71 Aa	55 Bb	70 Aa	54 Ba
	50	59 Bb	61 Bb	72 Aa	61 Bb	47 Cb
	100	36 Cc	29 Dc	67 Aa	51 Bc	24 Dc
CV(%)		7,27				

\*Dias de armazenamento. CV(%)=Coeficiente de variação.

\*\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, em cada período de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As temperaturas de armazenamento proporcionaram diferentes níveis de deterioração das sementes das cultivares de soja (Figura 5). A maior temperatura de armazenamento (30°C), prejudicou a manutenção do vigor, para todas as cultivares em diferentes intensidades. A maior temperatura proporcionou redução de vigor desde o período inicial de armazenamento (0 dias), sendo essa temperatura uma opção de simulação de condições subótimas de armazenamento e avaliação de tolerância ao armazenamento de sementes de soja.

A temperatura no ambiente de armazenamento são relevantes e afetam diretamente a qualidade e armazenabilidade das sementes de soja (Zuchi et. al, 2013; Carvalho et al. 2014; Mavaieie et al. 2019).



**FIGURA 5.** Porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado em sementes de cinco cultivares de soja armazenadas em três condições de temperatura ( $10^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ ) por 0 (a), 50 (b) e 100 dias (c).

Médias seguidas de letras iguais entre as temperaturas em cada cultivar não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro da média.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os genótipos BMX Desafio RR, M 6210 IPro, NS 7709 IPro apresentam maiores tendências de alta qualidade de sementes e tolerâncias ao armazenamento e SYN 15640 IPro e RK 6813 RR as menores, com diferenciação maior entre BMX Desafio RR e SYN 15640 IPro.

. O uso de temperatura constante no ambiente de armazenamento a 30°C e um período de 50 dias é adequado para avaliação de tolerância ao armazenamento de genótipos de soja.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Estatísticas**. Brasília, DF, 2 jan. 2013. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/>. Acesso em: 03 ago. 2018.

BAGATELI, J. R., DORR, C. S., SCHUCH, L. O. B., MENEGHELLO, G. E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 151-159, abr./jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v41n2/2317-1545-jss-41-02-151.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2020.

BELNIAKI, A. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja: Avaliação da porcentagem ou do comprimento das plântulas normais? **Informativo Abrates**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 6-9, dez. 2016. ISSN: 2319-0728. Disponível em: [https://www.abrates.org.br/img/informations/db3844cd-7a2d-42b3-9e47-7afb93c7a3a8\\_IA\\_v26\\_n123\\_vers%C3%A3o\\_final.pdf](https://www.abrates.org.br/img/informations/db3844cd-7a2d-42b3-9e47-7afb93c7a3a8_IA_v26_n123_vers%C3%A3o_final.pdf). Acesso em: 15 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.

CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D. P. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 12, p. 967-976, dez. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014001200007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2014001200967](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014001200967). Acesso em: 07 set. 2019.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; MAVAIEIE, D. P. R.; SILVA, H. W.; LOPES, C. G. M. Pre-packing cooling and types of packages in maintaining physiological quality of soybean seeds during storage. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 129-139, abr./jun. 2016. DOI: 10.1590/2317-1545v38n2158956. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v38n2/2317-1545-jss-38-02-00129.pdf>. Acesso em: 18 fev 2019.

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F.; GALVÃO, A. G. Physiological and biochemical changes in lettuce seeds during storage at different temperatures. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 118-125, jan./mar. 2018. DOI: 10.1590/s0102-053620180120. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362018000100118&script=sci\\_abstract&tlang=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362018000100118&script=sci_abstract&tlang=pt). Acesso em: 15 ago. 2019.

HIRAKURI, M. H.; LORINI, I.; FRANÇA-NETO, J. de B.; KRYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A.; MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, M. A.; BENASSI, V. de T. Análise de aspectos econômicos sobre a qualidade de grãos de soja

no Brasil. **Circular Técnica**, Londrina: Embrapa Soja, n. 145, 22 p., out. 2018. ISSN 2176-2864. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187998/1/CIRCULAR-TECNICA-145.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar./abr. 2014. DOI:  
<https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v38n2/a01v38n2.pdf>. Acesso em: 14 jun 2019.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G.P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade: série Sementes. **Circular Técnica**. Londrina: Embrapa Soja, n. 40, 12 p., mar. 2007. ISSN 1516-7860. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009-09/27215/1/circ tec40.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2019.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, nov./dez. 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600004. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/cr/v35n6/a04v35n6.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2020.

KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I.; HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B. Physiological and sanitary performance of soybean seeds during storage after phosphine fumigation. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 3, p. 280-285, jul./set. 2019. DOI: 10.1590/2317-1545v41n3205560. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/jss/v41n3/2317-1545-jss-41-03-280.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2020.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015.

MAVAIEIE, D. P. R.; CARVALHO, E. R.; FERREIRA, V. F.; OLIVEIRA, J. A.; FERREIRA, V. F.; REIS, L. V. Performance of treated seeds of different soybean cultivars in function of environments and storage periods. **Brazilian Journal of Agriculture**, Piracicaba, v. 94, n. 3, p. 179-195, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v94i3.3243>. Disponível em:  
<http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/3243>. Acesso em: 10 jan. 2020.

PÁDUA, G. P.; FRANÇA-NETO, J. B.; ROSSI, R.F.; CÂNDIDO, H. G. Agroclimatic zoning of the state of Minas Gerais for the production of high quality soybean seeds. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 413-418, out./dez. 2014. DOI:  
<https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41023>. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/jss/v36n4/a05v36n4.pdf>. Acesso em: 24 out. 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 35-41, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n3/v32n3a04.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.

SCHONS, A.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; SILVA, A.V.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p.109-121, jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17183>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16630>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

SISTEMA DE MONITORAMENTO METEOROLÓGICO COOXUPÉ. **Sistema para o monitoramento agro-energético da cultura do café, no âmbito da Cooxupé (Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda.** 2019. Disponível em: <http://sismet.cooxupe.com.br:9000/sobre/>. Acesso em: 18 dez. 2019.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 446-453, abr. 2014. DOI: 10.1590/S1415-43662014000400013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n4/v18n04a13.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2019.

SOARES, M. M.; SANTOS JUNIOR, H. C.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, out./dez. 2015. DOI: 10.1590/1983-40632015v4535357. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4535357> Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v45n4/1517-6398-pat-45-04-0370.pdf>. Acesso em: 07 jan 2020.

TIMÓTEO, T. S.; MARCOS-FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 207-215, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v35n2/10.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

ZUCHI, J.; FRANÇA NETO, J. B.; SEDIYAMA, C. S.; LACERDA FILHO, A. F.; REIS, M. S. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. **Journal of Seed Science**. **Journal of Seed Science**, v.35, p.353-360, 2013. DOI: 10.1590/S2317-15372013000300012.

## **CAPÍTULO 2 – Cultivares de soja e o uso de expressões isoenzimáticas na avaliação de tolerância ao armazenamento de sementes.**

### **RESUMO**

Dentre os fatores a considerar no armazenamento de sementes estão as cultivares de soja. O objetivo no trabalho foi estudar a utilização de isoenzimas na avaliação e identificação de cultivares tolerantes ao armazenamento e a relação com a qualidade fisiológica das sementes armazenadas. Sementes de cinco cultivares de soja (BMX DESAFIO RR 8473 RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO e SYN 15640 IPRO) foram produzidas em Monte Carmelo-MG, Brasil. As sementes foram armazenadas sob temperatura constante de 20°C por três períodos: 0, 50 e 100 dias. Foram realizados os testes de primeira contagem de germinação, germinação, germinação com restrição hídrica e envelhecimento acelerado na Universidade Federal de Uberlândia, além das avaliações das expressões isoenzimáticas para álcool desidrogenase (ADH) e catalase (CAT) na Universidade Federal de Lavras. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3, com 4 repetições. As cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO possuem maiores potências de produção de sementes de elevada qualidade e tolerância ao armazenamento e as cultivares SYN 15640 IPRO e RK 6813 RR menores. As enzimas ADH e CAT auxiliam na identificação de cultivares tolerantes ao armazenamento. A qualidade fisiológica e as expressões das enzimas ADH e CAT diminuem com o avanço do período de armazenamento. Sementes de cultivares com maior tendência de alta qualidade fisiológica e tolerância ao armazenamento apresentam maiores expressões de CAT ao longo de todo o período.

**Palavras-chave:** Armazenabilidade, álcool desidrogenase, catalase, germinação, vigor.

## **CHAPTER 2 - Soybean cultivars and the use of isoenzymatic expressions in seed storage tolerance evaluation.**

### **ABSTRACT**

Among the factors to consider when storing seeds are soybean cultivars. The objective of this work was to study the use of isoenzymes in the evaluation and identification of cultivars tolerant to storage and the relationship with the physiological quality of stored seeds. Seeds of five soybean cultivars (BMX DESAFIO RR 8473 RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO and SYN 15640 IPRO) were produced in Monte Carmelo-MG, Brazil. The seeds were stored under a constant temperature of 20 ° C for three periods: 0, 50 and 100 days. The first germination count, germination, germination with water restriction and accelerated aging tests were performed at the Federal University of Uberlândia, in addition to the evaluations of isoenzymatic expressions for alcohol dehydrogenase (ADH) and catalase (CAT) at the Federal University of Lavras. The experimental was Completely Randomized Design (CRD), in a 5x3 factorial design, with 4 replications. The cultivars BMX DESAFIO RR8473RSF and M 6210 IPRO have greater potential for producing high quality seeds and tolerance to storage and the cultivars SYN 15640 IPRO and RK 6813 RR smaller. The enzymes ADH and CAT help in the identification of cultivars tolerant to storage. The physiological quality and the expressions of the enzymes ADH and CAT decrease with the advance of the storage period. Seeds from cultivars with a greater tendency to high physiological quality and tolerance to storage show higher CAT expressions throughout the period.

**Keywords:** Storage, alcohol dehydrogenase, catalase, germination, vigor.

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura agrícola que ocupa a maior área plantada no Brasil. Na safra 2018/19 o país alcançou a produção de 115,030 milhões de toneladas em 35,874 milhões de hectares, com produtividade de 3.207 kg.ha<sup>-1</sup>. No último levantamento da safra 2019/2020, a produção brasileira de soja foi de 124,8 milhões de toneladas (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, 2020). Diante de sua importância no agronegócio, torna-se fundamental a produção de sementes de qualidade elevada.

A semente influencia em altas produtividades, pois grande parte das tecnologias desenvolvidas são transferidas por meio das sementes. Para obter sementes de alta qualidade, as características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas devem estar adequadas, pois estes quatro fatores afetam diretamente na qualidade final dos lotes de sementes (FRANÇA NETO et al., 2010). Todo o potencial das sementes será expressado quando as exigências nessas características forem atendidas (ZUCARELI et al., 2015).

O armazenamento de sementes é uma das fases de pós colheita que exige cuidados específicos. A temperatura e o período de armazenamento são fatores importantes nessa fase, pois, influenciam diretamente na intensidade de deterioração das sementes. A deterioração é um processo que acontece de forma irreversível em qualquer semente mas, existem formas de manejo no armazenamento que podem retardar o processo de deterioração, prolongando a qualidade fisiológica das sementes por um período maior (BAUDET, 2003). Alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, a partir da maturação fisiológica, determinam o processo de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Mesmo com as tecnologias disponíveis, existem grandes perdas qualitativas e quantitativas no processo de armazenamento de sementes, pois, os fatores externos como temperatura e umidade relativa afetam diretamente (SMANIOTTO et al., 2014).

Além das condições do ambiente de armazenamento, a qualidade inicial do lote, que foi construída no campo, também influencia no processo de deterioração e manutenção da qualidade das sementes. Outro importante fator a ser considerado no armazenamento de sementes de soja é a cultivar, que apresentam diferentes tolerâncias quanto à armazenabilidade. O genótipo limita a qualidade fisiológica de sementes, por isso a escolha de cultivares mais tolerantes ao armazenamento é importante (SCHONS et al., 2018). Torna-se interessante a busca de cultivares que tolerem o armazenamento e

mantenha suas qualidades por mais tempo, mesmo em condições subótimas, pois no Brasil, em muitas regiões produtoras de sementes, as condições ambientais quando não controladas nos armazéns, não são favoráveis para o armazenamento, resultando em condições de altas temperaturas e alta umidade relativa do ar (CARVALHO et al., 2014).

Existem vários trabalhos avaliando os fatores ambientais sobre o armazenamento de sementes, porém um número restrito em que o objetivo seja estudar o comportamento de diferentes cultivares para tolerância ao armazenamento de sementes com suas causas e possíveis marcadores para identificação. Nesse sentido, o estudo de expressões isoenzimáticas é uma ferramenta que pode auxiliar no entendimento na relação cultivar e armazenamento, como constatado por Catão et al. (2018) para alface, Timóteo e Marcos Filho (2013) e Heberle et al. (2019) para milho, Vieira et al. (2013) e Carvalho et al. (2014) para soja.

Timóteo e Marcos-Filho (2013) verificaram que a associação entre os resultados de testes de germinação e vigor com as atividades isoenzimáticas auxiliam na avaliação de diferentes lotes de sementes de milho, e que a atividade reduzida da catalase (CAT) pode tornar as sementes mais sensíveis aos efeitos dos radicais livres, acarretando em sementes mais suscetíveis à perda de viabilidade no armazenamento.

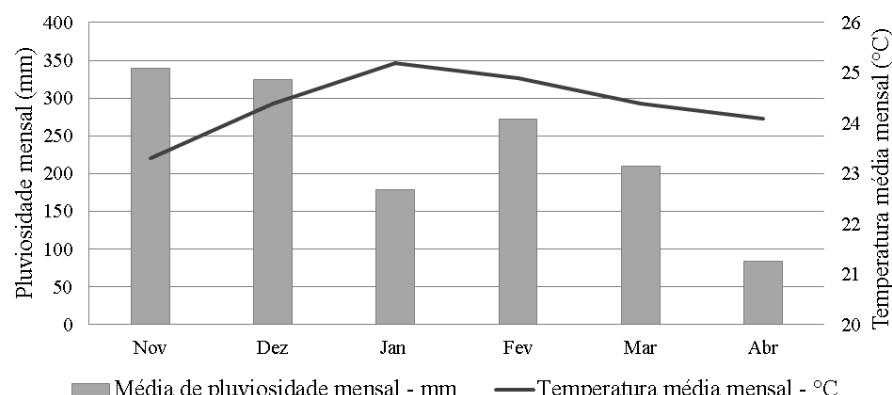
Durante o armazenamento de sementes de soja, Vieira et al. (2013) constataram redução das expressões de malato desidrogenase (MDH) e esterase (EST) após o sexto mês de armazenamento a 25 °C, com o desaparecimento das bandas aos 9 e 12 meses. Também após seis meses de armazenamento, em condições não controladas, a qualidade das sementes de soja e as expressões isoenzimáticas de malato desidrogenase, álcool desidrogenase, esterase, isocitrato liase, superóxido dismutase e peroxidase diminuíram, com diferentes expressões entre as cultivares, conforme foi avaliado por Carvalho et al. (2014).

Heberle et al. (2019) avaliaram a atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento e observaram que a atividade da catalase, peroxidase e  $\alpha$ -amilase foram inversas ao aumento do período e temperatura de armazenamento.

Portanto, o objetivo no trabalho foi estudar a utilização de isoenzimas na avaliação e identificação de cultivares tolerantes ao armazenamento e a relação com a qualidade fisiológica das sementes de soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo, MG, que apresenta as coordenadas  $18^{\circ}42'43,19''$  S e  $47^{\circ}29'55,8''$  WGr, com uma altitude média de 873 metros. O solo na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (SISTEMA..., 2006). O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical quente úmido, com inverno frio ( $15/16^{\circ}$  C) e seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.474 mm e  $22,6^{\circ}$  C, respectivamente, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. As médias mensais de temperatura e precipitação durante o cultivo no campo de produção de sementes, na safra 2018/19, estão apresentadas na Figura 1.



**FIGURA 1.** Média de pluviosidade (mm) e temperatura (°C) mensais, durante a condução do experimento no ano agrícola 2018/19. Fonte: Sistema de monitoramento meteorológico Cooxupé, 2019.

As análises de qualidade fisiológica das sementes de soja foram realizadas no Laboratório de Sementes e Recursos Genéticos – LAGEM, localizado na UFU, Monte Carmelo, MG.

Foram conduzidas cinco cultivares de soja, BMX DESAFIO RR8473RSF, RK 6813 RR, M 6210 IPRO, NS 7709 IPRO e SYN 15640 IPRO, sem irrigação suplementar. O campo de produção de sementes foi conduzido no ano agrícola 2018/19, com semeadura na segunda quinzena de novembro e tratos culturais necessários foram realizados de acordo com o monitoramento da cultura.

Utilizou-se o sistema plantio direto na palha. Após a dessecação da área foi realizada a abertura dos sulcos de semeadura utilizando tração mecanizada. A adubação

foi efetuada de forma tratorizada no sulco de plantio em função dos resultados de análise de solo, 0 a 20 cm de profundidade, conforme indicações para produção de grãos de soja no estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), integralmente tanto para fósforo quanto para potássio. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante líquido na proporção de 2.400.000 bactérias por semente. A semeadura foi realizada manualmente. Os desbastes foram realizados 21 dias após emergência das plântulas, mantendo-se a população de 15 plantas por metro (300.000 plantas por hectare).

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas. Como área útil, foram utilizadas as duas fileiras centrais, com a eliminação de 0,50 m nas extremidades das mesmas, a título de bordadura, com área útil experimental de 4 m<sup>2</sup>. Os tratos culturais exigidos pela cultura foram realizados uniformemente em ambos os anos agrícolas, com o uso de Azoxistrobina + Ciproconazol, para o controle de doenças, Deltametrina e Tiametoxan + Lambda-Cialotrina para o controle de insetos, e Glifosato para o controle de plantas daninhas.

A colheita foi realizada de forma manual quando as sementes apresentavam 15% de teor de água, com debulha manual. Foi efetuada secagem natural (ao sol), até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13% (base úmida).

Após serem trilhadas, as sementes foram tratadas com 200 ml/100 kg de sementes com produto comercial contendo Fipronil (250 g/L) + Piraclostrobina (25 g/L) + Tiofanato metílico (225 g/L). Em seguida, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel multifoliolado, em número suficiente para cada época de avaliação ao longo do armazenamento.

As amostras foram armazenadas em câmara BOD - (*Biochemical Demand Oxigen*), sob temperatura constante de 20°C. Durante o armazenamento foram realizadas análises fisiológicas das sementes em três períodos diferentes, admitindo as análises iniciais como 0 dias, 50 e 100 dias de armazenamento.

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram realizados os seguintes testes:

*Primeira contagem da germinação:* foram realizadas 4 repetições de 50 sementes, colocadas em rolos de papel toalha tipo “Germitest”, armazenadas em câmara vertical, tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) sob temperatura de 25°C ± 2 °C sem fotoperíodo. A quantidade de água adicionada foi equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os quatro rolos de cada tratamento foram dispostos de forma vertical sobre

caixas do tipo gerbox (medindo 11,0cm x 11,0cm x 3,5cm), e envoltos com um saco plástico transparente e impermeável contendo 100 ml de água entre o gerbox e o saco plástico, sem contato direto com o papel, para manutenção da umidade das amostras. A contagem foi realizada no quinto dia após montagem do teste, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

*Germinação:* foi realizado concomitante à primeira contagem de germinação. A contagem do número de plântulas normais foi realizada no oitavo dia após montagem, com resultado final expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

*Envelhecimento acelerado:* foi conduzido em caixas de acrílico transparentes (11,0x11,0x3,5cm), tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa, às quais foram adicionados 40 ml de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela; em seguida, as caixas foram mantidas em câmara tipo BOD a 41°C por 48 horas (MARCOS FILHO, 2015). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrição anterior, sendo contabilizadas porcentagens de plântulas normais, conforme descrições em BRASIL (2009).

*Germinação sob restrição hídrica:* As sementes foram dispostas em papel “Germitest” (duas folhas) umedecidos com soluções aquosas, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, contendo manitol (P.A C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>) – P.M. 182,17 para obtenção do nível de potencial osmótico de -0,25 MPa, na concentração de 18,6 g.L<sup>-1</sup> de água. A concentração de manitol foi calculada por meio da fórmula de Van’t Hoff, ou seja,  $Y_{os} = -RTC$ , onde:  $Y_{os}$  = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos ( $8,32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ); T = temperatura (K); e C = concentração (mol L<sup>-1</sup>) (SOARES et al., 2015), em g L<sup>-1</sup> de água utilizada para obter o nível de potencial osmótico. Considerando: 1 MPa = 10 bar; 1 bar = 0,987 atm; T (K) = 273+T (°C). A preparação dos rolos e condução do teste foi conforme descrito anteriormente para o teste de germinação, com avaliação de plântulas normais com tamanho de radícula igual ou maior do que 1,5 cm, além de perfeita formação dos órgãos vegetativos iniciais. A avaliação de porcentagem de plântulas normais, conforme critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), foi realizada no 5º dia após a montagem do teste.

Realizou-se as análises de expressões isoenzimáticas nas sementes. Essas avaliações foram realizados no Laboratório Central de Sementes, instalado no Departamento de Agricultura – DAG - da Universidade Federal de Lavras - UFLA. Durante o armazenamento, em cada período de avaliação das sementes (0, 50 e 100 dias de armazenagem) uma porção de sementes foi coletada, contendo aproximadamente 50

gramas. Após feita a coleta, essas foram acondicionadas sob temperatura de -20°C, até a realização das análises ao final do período de armazenamento.

As sementes foram moídas em um triturador elétrico, com uso de nitrogênio líquido e PVP (polivinilpirrolidona), e armazenadas a -86°C. Para a avaliação de cada isoenzima foram pesadas 100 mg do material triturado. Antes da extração, foi realizada a lavagem das amostras para retirada do óleo, sob adição de 300 µL de éter etílico e 300 µL de água, com homogeneização em agitador vortex e repouso por 30 min em gelo; o material homogeneizado foi centrifugado em MPW-350R (MPW Med. Instruments, Varsóvia, Polônia) a 14.000 rpm por 30 minutos, a 4°C, sendo descartado o sobrenadante(CARVALHO et al., 2014). Adicionou-se 300 µL do tampão de extração Tris HCl (0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 8,0), e 0,1% de β-mercaptoetanol. O material foi colocado em geladeira por 12 horas e, depois, centrifugado a 14.000 rpm por 30 minutos, a 4°C (ALFENAS, 2006). Para a corrida eletroforética, foi utilizada cuba vertical MV20COMP (Omniphor, San Jose, CA, EUA) a 150 V por 6 horas, a 4°C, e foram aplicados 60 µL do sobrenadante no gel. A eletroforese em géis de poliacrilamida, NATIVA-PAGE, foi desenvolvida em sistema descontínuo (4,5% gel de concentração e 7,5% gel de separação). Foi utilizado como sistema tampão gel/ eletrodo Tris-glicina pH 8,9. Ao término da corrida, os géis foram revelados para as isoenzimas álcool desidrogenase (ADH) e catalase (CAT), de acordo com Alfenas (2006). A avaliação dos perfis isoenzimáticos foi realizada de acordo com a presença ou ausência de bandas e intensidade delas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com cinco cultivares de soja e três períodos de armazenamento, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de pressuposições, análise de variância, teste F ( $p<0,05$ ). Quando a variável resposta apresentou significância (Teste F), as médias foram comparadas utilizando-se Scott-Knott, a 5% de probabilidade, pelo software Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para primeira contagem de germinação e germinação os efeitos de cultivar e tempo foram isolados. Houve interação entre cultivar e tempo de armazenamento para os testes de germinação sob restrição hídrica (RH) e envelhecimento acelerado (EA) (Tabela 1).

**TABELA 1.** Quadrado médio dos testes fisiológicos primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), restrição hídrica (RH) e envelhecimento acelerado (EA), realizados sob diferentes períodos de armazenamento e temperatura, em cinco cultivares de soja.

FV	GL	PC	Quadrados médios		
			G	RH	EA
Cultivar (C)	4	540,10*	591,16*	229,56*	867,90*
Tempo (To)	2	317,40*	266,40*	820,46*	33,06*
C x To	8	19,15	20,56	114,46*	138,40*
Resíduo	45	21,2	18,80	26,68	26,82
CV (%)		5,93	5,49	6,79	7,19
W		0,736	0,076	0,410	0,459
L		0,723	0,814	3,239	1,189
Média		77,60	79,00	76,03	72,03

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F ( $p<0,05$ ).

CV(%)=Coeficiente de variação; W= estatística do teste de Shapiro-Wilk; L=estatística do teste de Levene

Para primeira contagem de germinação (Tabela 2), sementes da cultivar M 6210 IPRO apresentaram maior vigor do que as demais cultivares. Já sementes das cultivares SYN 15640 IPRO e RK 6813 RR foram inferiores dentre as cinco cultivares, com 73% e 70% de germinação de plântulas normais respectivamente.

Para a germinação, o comportamento foi semelhante à primeira contagem de germinação, porém, sementes da cultivar BMX DESAFIO RR8473RSF também se destacaram juntamente com a cultivar M 6210 IPRO, com 84% e 88% de germinação, respectivamente (Tabela 2). Os menores percentuais de germinação foram verificados em sementes das cultivares SYN 15640 IPRO e RK 6813 RR, com valores de 74% e 70%, respectivamente. Mesmo sendo produzidas no mesmo campo, com todos os tratos culturais e processamento pós-colheita idênticos entre as cultivares, a diferença entre elas foi de até 18% na germinação das sementes, o que reforça a relação cultivar e qualidade de sementes.

Ressalta-se que valor o mínimo de germinação exigido para comercialização de sementes no Brasil, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é de 80% para sementes de soja (BRASIL, 2013).

O conjunto de propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou um lote de sementes é caracterizado como vigor (MARCOS FILHO, 2015). Testes de vigor, acompanhados ao teste de germinação, são determinantes para a assertividade de classificação de diferentes lotes de sementes. Como pode ser observado na Tabela 2, pelo teste de germinação e de primeira contagem fica notório a superioridade das sementes das cultivares M 6210 IPRO e BMX DESAFIO RR8473RSF. De acordo com Amaro et al. (2015), o teste de primeira contagem proporciona alta sensibilidade na classificação de lotes de sementes de feijão, sendo eficiente na separação de lotes de sementes com alta qualidade.

A viabilidade de uma semente de soja durante o tempo de armazenamento pode variar tanto em função de suas características genéticas quanto de efeitos ambientais (GRIS et al., 2010; CARVALHO et al., 2014).

Para tempo de armazenamento ocorreu redução das porcentagens de primeira contagem e de germinação com 50 dias de armazenamento a 20 °C (Tabela 2). Todavia, os valores foram semelhantes em 50 e 100 dias de armazenamento.

**TABELA 2.** Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem de germinação (PC) e na germinação (G) de sementes de cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias.

Cultivares	% Plântulas normais **	
	PC	G
M 6210 IPRO	86 a	88 a
BMX DESAFIO RR8473RSF	82 b	84 a
NS 7709 IPRO	78 c	79 b
SYN 15640 IPRO	73 d	74 c
RK 6813 RR	70 d	70 d
Tempo de Armazenamento*	% Plântulas normais G	
0	82 a	83 a
50	75 b	77 b
100	75 b	77 b
CV(%)	5,93	5,49

\* Dias de armazenamento. \*\*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CV(%)=Coeficiente de variação.

No teste de germinação sob restrição hídrica no início do armazenamento ocorreram diferenças, entre as cultivares SYN 15640 IPRO e BMX DESAFIO RR8473RSF apresentaram menores percentuais de germinação (Tabela 3). Com o avanço no período armazenamento, 50 dias, as sementes de BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO foram as mais vigorosas. Resultado semelhante aos 100 dias, em que as sementes das cultivares RK 6813 RR e SYN 15640 IPRO foram as de menor vigor (Tabela 3).

**TABELA 3.** Porcentagens de plântulas normais na germinação sob restrição hídrica (-0,25 Mpa) de sementes das cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias.

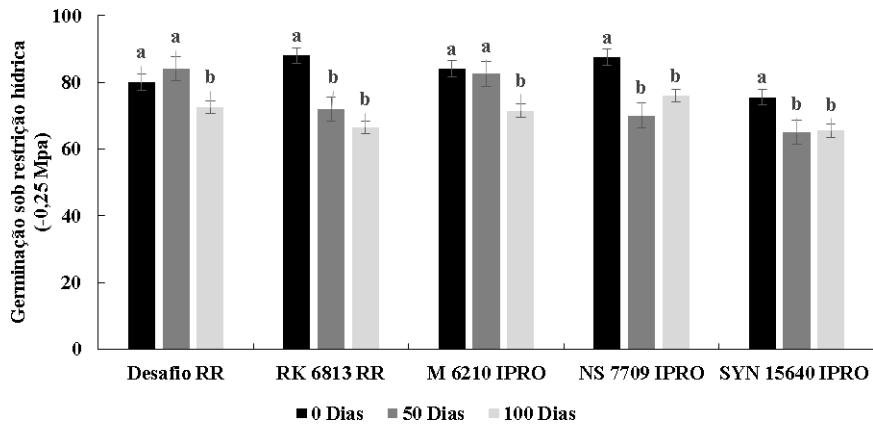
Cultivar	Períodos de Armazenamento (dias)**		
	0	50	100
BMX Desafio RR8473RSF	80 b	84 a	73 a
RK 6813 RR	88 a	72 b	67 b
M 6210 IPRO	84 a	83 a	72 a
NS 7709 IPRO	88 a	70 b	76 a
SYN 15640 IPRO	76 b	65 b	66 b
CV(%)	6,79		

\*\*Dias de armazenamento. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CV(%)=Coeficiente de variação

Assim como nos testes de PC e G, no teste de RH as sementes da cultivar SYN 15640 IPRO possuem vigor inferior às demais, nas três épocas de armazenamento. Em todas as épocas, as sementes da cultivar M 6210 IPRO estiveram entre as de maior vigor. Com 50 e 100 dias a cultivar BMX DESAFIO RR8473RSF, juntamente com a M 6210 IPRO, apresentaram sementes com maior vigor (Tabela 3).

Cultivares podem apresentar comportamentos diferentes sob situações distintas. Diniz et al. (2013) observaram comportamentos diferentes em cultivares de soja, sujeitas ao atraso na colheita. Carvalho et al. (2014) relataram diferenças nos níveis de tolerância ao armazenamento entre os cultivares de soja.

Sementes das cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO não reduziram o vigor entre 0 e 50 dias, com o teste de germinação com restrição hídrica (Figura 2). Para todas as outras cultivares houve queda no vigor aos 50 dias. Tal fato, demonstra indícios de uma tolerância maior ao armazenamento em algumas cultivares.



**FIGURA 2.** Porcentagens de plântulas normais na germinação sob restrição hídrica ( $-0,25$  Mpa) de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias de armazenamento.

Médias seguidas de letras iguais entre os períodos de armazenamento cada cultivar não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro da média.

Schons et al. (2018) avaliando o comportamento entre genótipos de soja, sob diferentes tratamentos de sementes e condições no armazenamento, concluíram que o genótipo foi o principal limitador para a qualidade fisiológica de sementes. Em sementes de feijão, Zucareli et al. (2015), concluíram que houve diferenças entre os lotes de sementes em relação à qualidade, com influência genética em cada cultivar.

Para a avaliação do vigor, por meio de envelhecimento acelerado, a cultivar BMX DESAFIO RR8473RSF apresentou-se superior em todos os períodos de armazenamento (Tabela 4). Com 50 e 100 dias, as cultivares M 6210 IPRO e NS 7709 IPRO também apresentaram alto vigor. Sementes da cultivar SYN 15640 IPRO foram as de menor vigor inicialmente, e com o armazenamento, juntamente com a cultivar RK 6813 RR, apresentaram menores porcentagens de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado.

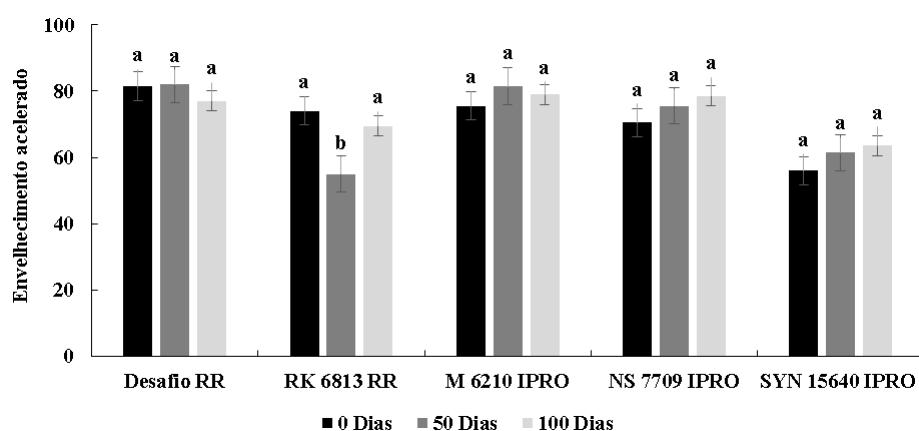
**TABELA 4.** Porcentagens de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de sementes de cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias.

Cultivar	Períodos de Armazenamento (dias)**		
	0	50	100
BMX DESAFIO RR8473RSF	82 a	82 a	77 a
RK 6813 RR	74 b	55 b	70 b
M 6210 IPRO	76 b	82 a	79 a
NS 7709 IPRO	71 b	76 a	79 a
SYN 15640 IPRO	56 c	62 b	64 b
CV(%)	7,19		

\*\*Dias de armazenamento. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CV(%)=Coeficiente de variação.

Para os períodos de armazenamento, somente houve diferença para sementes de RK 6813 RR aos 50 dias. Para as demais cultivares o vigor não variou de forma significativa (Figura 3).

Carvalho et al. (2014) constataram que, em ambiente de armazenamento não controlado, a germinação de sementes de soja começou a reduzir a partir de 92 dias. Já em ambiente controlado, a germinação das sementes de soja, não sofreu alterações ao longo do armazenamento e se manteve elevada, com diferentes tolerâncias ao armazenamento entre cultivares.



**FIGURA 3.** Porcentagens de plântulas normais após envelhecimento acelerado de sementes das cinco cultivares de soja armazenadas pelos períodos de 0, 50 e 100 dias de armazenamento.

Médias seguidas de letras iguais entre os períodos de armazenamento cada cultivar não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro da média.

De forma geral, por meio dos testes realizados, foi possível estratificar as cultivares de soja quanto à qualidade fisiológica das sementes e tolerância ao armazenamento, sendo as cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO com maior qualidade e tolerância ao armazenamento, NS 7709 IPRO é intermediária e RK 6813 RR e SYN 15640 IPRO inferiores em relação aos parâmetros avaliados.

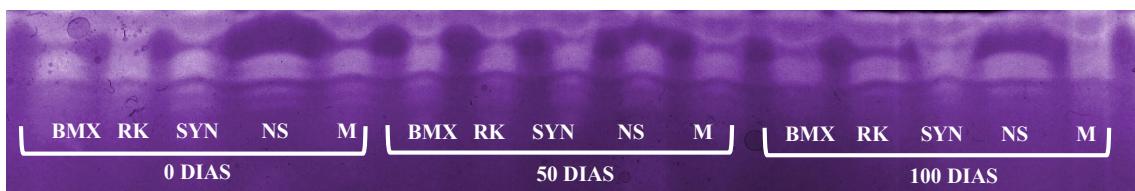
Além de testes físicos, fisiológicos, bioquímicos, tolerância a estresses, integridade de membranas e desempenho de características de plântulas (MARCOS FILHO, 2015), os testes de expressão enzimática são úteis e auxiliam na escolha de cultivares superiores, por exemplo, à altas temperaturas, recorrentes no armazenamento em regiões tropicais (CATÃO et al. 2014).

Para a expressão da enzima álcool desidrogenase (ADH) em sementes de soja não foram observadas diferenças consistentes na intensidade das bandas entre as cultivares em cada período de armazenamento (Figura 4). Apenas aos 100 dias, constatou-se uma expressão mais acentuada em sementes de M 6210 IPRO.

Entre os períodos de armazenamento, em geral, maiores expressões foram constatadas no início do armazenamento (0 dias), com diminuição aos 50 e 100 dias de armazenamento das sementes. Essa menor expressão está relacionada à menor qualidade fisiológica das sementes armazenadas (Tabela 2 e 3, Figura 4). A enzima ADH é importante para as sementes pois converte o acetaldeído em etanol, um composto com menor toxicidade, e reduz a velocidade do processo de deterioração. Assim, as sementes ficam menos suscetíveis à ação deletéria do acetaldeído com a maior atividade da ADH (Veiga et al., 2010; Carvalho et al. 2014)

Carvalho et al. (2014) constataram que as sementes que expressaram maior intensidade de ADH, apresentaram melhor manutenção da qualidade fisiológica, com diferenças nos níveis de tolerância ao armazenamento e expressão de enzimas entre as cultivares.

Vieira et al. (2013) observaram alterações bioquímicas em sementes de soja ao longo do armazenamento. A atividade das enzimas esterase e malato desidrogenase diminuíram após seis meses de armazenamento e a enzima glutamato desidrogenase apresentou redução de atividade após nove meses de armazenamento.



**FIGURA 4.** Expressão isoenzimática da álcool-desidrogenase (ADH), em sementes de soja das cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF (BMX), RK 6813 RR (RK), M 6210 IPRO (M), NS 7709 IPRO (NS) e SYN 15640 IPRO (SYN), nos períodos de armazenamento (0, 50 e 100 dias) sob temperatura de 20°C.

Castro et al. (2017) observaram diferença na expressão da enzima ADH entre cultivares de soja, com maior expressão em sementes cultivadas no ambiente de produção de maior altitude. Os autores concluíram que a expressão de enzimas está relacionada com a qualidade das sementes de soja das cultivares ou com o ambiente de produção.

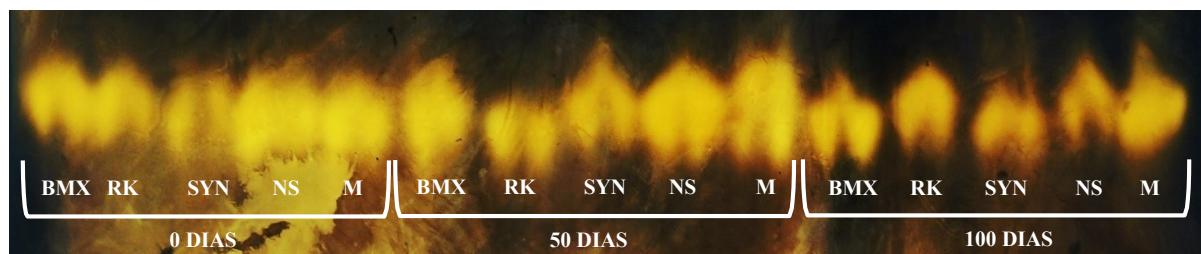
Os perfis isoenzimáticos da enzima catalase (CAT) apresentaram diferença entre os períodos de armazenamento (Figura 5). A expressão da CAT foi maior no início do armazenamento, com avanço do período de armazenamento ocorreu a diminuição gradativa da expressão da enzima CAT. Essa diminuição está relacionada com o avanço da deterioração das sementes no armazenamento, conforme também foi observado na avaliação da qualidade fisiológica anteriormente, porém foram poucas diferenças de qualidade fisiológica entre 50 e 100 dias (Tabelas 2, 3 e 4). Com a análise da expressão isoenzimática da CAT foi possível detectar diferenças entre 50 e 100 dias de armazenamento, reiterando a sensibilidade e possibilidade de antever consequências fisiológicas, por meio da avaliação enzimática.

As análises isoenzimáticas são sensíveis, indicando os períodos onde a deterioração é iniciada, como foi constatado em sementes de soja, por Ávila et al. (2012), Vieira et al. (2013) e Carvalho et al. (2014). Vieira et al. (2013) concluíram que a eletroforese de proteínas é capaz de detectar os estágios iniciais de deterioração de sementes de soja, associando a atividade enzimática com danos oxidativos e degradação de reservas das células. Carvalho et al. (2014) observaram a redução enzimática em sementes de seis cultivares de soja, após o sexto mês de armazenamento. Huth et al. (2016) observaram diferenças entre cultivares de soja quanto a atividade das enzimas Superóxido Dismutase e Guaiacol Peroxidase, avaliando a atividade em situações de estresses oxidativos sofridos pelas sementes.

As cultivares RK 6813 RR e SYN 15640 IPRO apresentaram menor expressão enzimática nos períodos 0 e 50 dias de armazenamento, o que ocorreu também para SYN 15640 IPRO aos 100 dias (Figura 5). Essas cultivares apresentaram sementes com menor qualidade fisiológica desde o início do armazenamento até o final dos 100 dias (Tabela 2 e 3 e Figura 5).

Assim como nos testes de vigor e germinação em que as cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF, M 6210 IPRO e NS 7709 IPRO apresentaram maior potencial de qualidade fisiológica. Na avaliação dos perfis isoenzimáticos da CAT essas cultivares apresentaram maior expressão, desde o início do armazenamento e diferença proeminente com o avanço do armazenamento, principalmente para BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO com expressões acentuadas em relação às demais ao final do período (Figura 5). Fato que contribuiu para a maior qualidade fisiológica dessas cultivares relatada anteriormente, devido a função da enzima CAT.

A catalase é responsável pelo consumo do peróxido de hidrogênio que é produzido em condições de estresse, e, atua também na remoção de radicais livres (MARCOS-FILHO, 2015). Quando a presença dessa enzima é reduzida, a capacidade de prevenir danos oxidativos também é reduzida, ocasionando maior redução na viabilidade das sementes.



**FIGURA 5.** Expressão isoenzimática da Catalase (CAT), em sementes de soja das cultivares DESAFIO RR8473RSF (BMX), RK 6813 RR (RK), M 6210 IPRO (M), NS 7709 IPRO (NS) e SYN 15640 IPRO (SYN), nos períodos de armazenamento (0, 50 e 100 dias) sob temperatura de 20°C.

Timóteo e Marcos Filho (2013) observaram variações nas respostas fisiológicas e expressões enzimáticas de sementes de milho, sob influência dos genótipos. Com o aumento da catalase no início do armazenamento, e posterior redução da expressão dessa enzima nos períodos subsequentes, correlacionando-se à deterioração das sementes.

Bandeira et al. (2014) também observaram diferenças para enzimas antioxidantes, entre elas, a catalase. Os autores concluíram que o lote de sementes de soja que apresentou a melhor qualidade manifestou a maior atividade de enzimas antioxidantes. Castro et al. (2017) também relataram a relação entre maior expressão da enzima catalase e alta qualidade de sementes em algumas cultivares de soja.

## **4 CONCLUSÕES**

As cultivares BMX DESAFIO RR8473RSF e M 6210 IPRO possuem maiores potencias de produção de sementes de elevada qualidade e tolerância ao armazenamento em relação a NS 7709 IPRO, RK 6813 RR e Syn 15640 IPRO.

As enzimas ADH e CAT auxiliam na identificação cultivares tolerantes ao armazenamento.

A qualidade fisiológica e as expressões das enzimas ADH e CAT diminuem com o avanço do período de armazenamento.

Sementes de cultivares com maior tendência de alta qualidade fisiológica e tolerância ao armazenamento apresentam maiores expressões de CAT ao longo de todo o período.

## REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: observatório agrícola. Brasília: CONAB, v. 7, n. 6, p. 1-89, mar. 2020. Safra 2019/20 - Sexto levantamento. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/29540\\_a08ee6ad718e43a1d8d18ecc171b8c91](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/29540_a08ee6ad718e43a1d8d18ecc171b8c91). Acesso em: 04 jun. 2020.

ALFENAS, A.C. (ed.). **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006.

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O., RODRIGUES, B. R. A., CANGUSSÚ, L. V. S., OLIVEIRA, M. B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 3, p. 383-389, set. 2015. ISSN 0871-018X. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v38n3/v38n3a13.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2019.

ÁVILA, M. R.; LUCCA E BRACCINI, A.; SOUZA, C. G. M.; MANDARINO, J. M. G.; BAZO, G. L.; CABRAL, Y. C. F. Physiological quality, content and activity of antioxidants in soybean seeds artificially aged. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 397-407, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000300006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n3/06.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2019.

BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; BORBA, I. C. G.; MARTINS, A. B. N.; AMARANTE, L.; MORAES, D. M. Antioxidative metabolism: a toll to detect small differences in the vigor of soybean seeds. **Iheringia: série botânica**, Porto Alegre, v. 69, n. 2, p. 285-292, dez. 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279323038\\_Antioxidative\\_metabolism\\_A\\_too\\_l\\_to\\_detect\\_small\\_differences\\_in\\_the\\_vigor\\_of\\_soybean\\_seeds](https://www.researchgate.net/publication/279323038_Antioxidative_metabolism_A_too_l_to_detect_small_differences_in_the_vigor_of_soybean_seeds). Acesso em: 18 nov. 2019.

BAUDET, L. Armazenamento de Sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. M. (ed.) **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: UFPel, 2003. p. 369-418.

BRASIL, Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 183, p. 6, 20 set. 2013. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-45-de-17-de-setembro-de-2013-31059023>. Acesso em: 14 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf). Acesso em: 14 out. 2019.

CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D. P. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 12, p. 967-976, dez. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014001200007.

Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2014001200967](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014001200967). Acesso em: 17 set. 2019.

CASTRO, D. G.; BRUZZI, A. T.; ZAMBIAZZI, E. V.; REZENDE, P. M.; ZUFFO, A. M.; SALES, A. P.; SOARES, I. O.; BORGES, I.M. M.; BIANCHI, M. C. Qualidade fisiológica e expressão enzimática de sementes de soja RR. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 222-235, mar. 2017. DOI: 10.19084/rca16054. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16445>. Acesso em: 14 ago. 2019.

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F.; GALVÃO, A. G. Physiological and biochemical changes in lettuce seeds during storage at different temperatures. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 118-125, jan./mar. 2018. DOI: 10.1590/s0102-053620180120. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0102-05362018000100118&script=sci\\_abstract&tlang=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-05362018000100118&script=sci_abstract&tlang=pt). Acesso em: 18 jan. 2020.

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; SANTOS, H. O.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 4, p.316-322, abr. 2014. DOI: 10.1590/s0100-204x2014000400010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2014000400316](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000400316). Acesso em: 18 jan. 2020.

DINIZ, F. O.; REIS, M. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p.147-152, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200002>. Acesso em: 05 mai. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar./abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v38n2/a01v38n2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2010. Folheto. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/49831/1/ID-30537.pdf>. Acesso em: 05 set. 2019.

GRIS, C. F.; VON PINHO, E. V. de R.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M. L. de M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n2/15.pdf>. Acesso em: 04 out. 2019.

HEBERLE, E.; ARAUJO, E. F.; LACERDA FILHO, A. F.; CECON, P. R.; ARAUJO, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 3, p. 657-665, set. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/rca.17283>. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v42n3/v42n3a07.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2020.

HUTH, C.; MERTZ-HENNING, L. M.; LOPES, S. J.; TABALDI, L. A.; ROSSATO, L. V.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, F. A. Susceptibility to weathering damage and oxidative stress on soybean seeds with different lignin contents in the seed coat. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 296-304, out./dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n4162115>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v38n4/2317-1545-jss-38-04-00296.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2019.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SCHONS, A.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; SILVA, A.V.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p.109-121, jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17183>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16630>. Acesso em: 16 jan. 2020.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

SISTEMA DE MONITORAMENTO METEOROLÓGICO COOXUPÉ. **Sistema para o monitoramento agro-energético da cultura do café, no âmbito da Cooxupé (Cooperativa Regional de Caficultores em Guaxupé Ltda.** 2019. Disponível em: <http://sismet.cooxupe.com.br:9000/sobre/>. Acesso em: 18 dez. 2019.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. DE; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18(4): 446-453, 2014. DOI: 10.1590/S1415-43662014000400013.

SOARES, M. M.; SANTOS JUNIOR, H. C.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, out./dez. 2015. DOI: 10.1590/1983-40632015v4535357. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4535357> Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v45n4/1517-6398-pat-45-04-0370.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

TIMÓTEO, T. S.; MARCOS-FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 207-215, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jss/v35n2/10.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

VEIGA, A. D.; VON PINHO, É. V. de R.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. de A. R.; OLIVEIRA, K. C. de; VON PINHO, R. G. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, jul./ago. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a22.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

VIEIRA, B. G. T. L.; BARBOSA, R. M.; TREVISOLI, S. H. U.; MAURO, A. O. di; VIEIRA, R. D. Biochemical alterations in soybean seeds with harvesting time and storage temperature. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 11, n. 3-4, p. 887-891, jul./out. 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/282720856\\_Biochemical\\_alterations\\_in\\_soybean\\_seeds\\_with\\_harvesting\\_time\\_and\\_storage\\_temperature](https://www.researchgate.net/publication/282720856_Biochemical_alterations_in_soybean_seeds_with_harvesting_time_and_storage_temperature). Acesso em: 10 nov. 2019.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p. 803-809, ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n8/1807-1929-rbeaa-19-08-0803.pdf>. Acesso em: 06 set. 2019.