

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES**



Tese

**RASGO NO TEGUMENTO EM SEMENTES DE SOJA SUAS CAUSAS E
CONSEQUÊNCIAS**

Sheila Bigolin Teixeira

Pelotas, 2021

Sheila Bigolin Teixeira

**RASGO NO TEGUMENTO EM SEMENTES DE SOJA SUAS CAUSAS E
CONSEQUÊNCIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências.

Orientador: Dr. Geri Eduardo Meneghello

Coorientadores: Dr. Luciano Carlos da Maia

Dra. Maria de Fátima Zorato

Dr. Sidnei Deuner

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

T266r Teixeira, Sheila Bigolin

Rasgo no tegumento em sementes de soja suas causas e consequências / Sheila Bigolin Teixeira; Geri Eduardo Meneghello, orientador. — Pelotas, 2021.

103 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Glycine max* - Deterioração - Anatomia. 2. Ruptura fisiológica. 3. Interação genótipo-ambiente. I. Meneghello, Geri Eduardo, orient. II. Título.

CDD: 631.521

Sheila Bigolin Teixeira

RASGO NO TEGUMENTO EM SEMENTES DE SOJA SUAS CAUSAS E
CONSEQUÊNCIAS

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 20/12/2021

Banca examinadora:

Dr. Geri Eduardo Meneghello (Orientador)

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

Doutor em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo.

Prof. Dra. Gizele Ingrid Gadotti

Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Dra. Maria de Fátima Zorato

Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr. José Ricardo Bagateli

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico

A minha Família,
em especial aos meus pais, Amaury e Raquel
por serem meu porto seguro, a base para esta conquista.

Agradecimentos

Nesse momento me dedico a agradecer a todos aqueles que me ajudaram direta ou indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui. Pois para que nasça uma Tese, necessitamos de muito auxílio, o qual vem de fontes diversas.

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, fonte inesgotável de amor e sabedoria, que me guia e protege durante toda a minha vida, e sem Ele nada seria possível.

Agradeço imensamente a minha família, à minha mãe, que sempre fez e faz de tudo para que eu siga em frente, me incentivando a sempre buscar além e nunca desistir. Ao meu pai, que me fez forte para superar tudo que possa aparecer em meu caminho. E ao meu irmão, Jones, que sempre está ao meu lado, inclusive ajudando na condução desse trabalho. Enfim, agradeço a minha família, que mesmo longe estão sempre por perto.

Ao meu namorado que acompanhou toda minha evolução, desde o mestrado até agora, obrigada pelo companheirismo e amizade.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pelo excelente convívio que tivemos.

Um agradecimento especial aos meus amigos Alberto Bohn, Gabriel Bortolin, Jacqueline Barcelos, Vanessa Gonçalves, Fernanda Xavier, Carla Tunes, José Ricardo Bagateli e Stefânia Pires pela ajuda na elaboração deste trabalho, pelo apoio, paciência, amizade e companheirismo, levarei-los para sempre em meu coração.

Na elaboração do experimento a campo necessitei da ajuda de muitas pessoas para a instalação, condução, colheita e avaliação das parcelas e sou muito grata a todos que ajudaram, além dos amigos descritos acima, agradeço a Janice e Eduardo Bortolin (mãe e irmão do Gabriel), Mara (IRGA), Fabiano Carlos Ferreira (Petrovina Sementes), Denilson da Silva Rodrigues, Anthony Bulati, Heinz Kudiess (Grupo Seriös), e aos meus Tios, tio Vani (Giovani), tio Lé (José) e tia Jura (Juraci), e ao meu primo Renan.

Agradeço também ao Marcos Tissot, por ceder espaço em sua empresa (Tarumã Com Rep Ltda) para que eu pudesse realizar algumas avaliações assim como ao meu tio Vitor, por me emprestar uma balança de precisão, pois em tempos de pandemia e isolamento, precisamos improvisar de todas as formas.

Agradeço ao meu orientador Dr. Geri Eduardo Meneghello pelo apoio, orientação e por todos os ensinamentos para realização deste trabalho, tenho orgulho em dizer que fui sua aluna. E aos meus coorientadores, principalmente ao Dr. Sidnei Deuner que esteve ao meu lado desde os tempos de mestrado.

Dedico agradecimento especial a Dra. Maria de Fátima Zorato, que muito além de minha coorientadora, é uma pessoa que admiro muito e foi peça fundamental na minha vida profissional, me inspirando a seguir estudando e me auxiliando sempre que precisei. Se estou aqui hoje devo muito a ela.

Agradeço também os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pelos conhecimentos repassados ao longo do curso e pela amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e a minha querida Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), pelos anos de acolhimento durante toda minha trajetória acadêmica, desde a graduação até o momento.

Gostaria de finalizar agradecendo a equipe da Sementes Oilema, em especial ao Sr. Celito Missio, pela oportunidade de participar desse time que me acolheu de braços abertos, e que já considero parte da minha família.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

*“Quanto mais aumenta nosso conhecimento,
mais evidente fica nossa ignorância.”*

John F. Kennedy

Resumo

TEIXEIRA, Sheila Bigolin. **Rasgo no tegumento em sementes de soja suas causas e consequências.** Orientador: Geri Eduardo Meneghello. 2021. 103 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

A características visuais, observadas em plantas e sementes são conhecidas como traços fenotípicos, os quais são decorrentes da interação existente entre os fatores genéticos, intrínsecos de cada espécie e cultivar, e o ambiente na qual são cultivadas, o rasgo no tegumento da semente de soja é um exemplo disso. A ocorrência deste rompimento tem gerado insegurança entre produtores de sementes e agricultores, em função de eventuais problemas relacionados a qualidade das sementes em razão de sua ocorrência. Devido a isso, o objetivo desse trabalho foi verificar as causas e efeitos do rasgo sobre a qualidade das sementes de soja e caracterizar de forma estrutural e química o tegumento da semente com rasgo. Para isso, o trabalho foi dividido em três experimentos. Experimento I – Caracterização química e anatômica de tegumentos de soja com presença de rompimento fisiológico: utilizaram-se 5 lotes de sementes de soja, de três cultivares diferentes, as quais apresentam rasgo no tegumento e um lote de uma cultivar que não apresenta rasgo, como testemunha. Cada lote foi separado em sementes com o tegumento íntegro e com o tegumento rasgado, após foram retirados manualmente os tegumentos das sementes, os quais foram utilizados para avaliar a composição química e a anatomia dos tegumentos com e sem rasgo. Experimento II – Interação genótipo-ambiente para a característica de rasgo no tegumento da soja: utilizando três lotes de sementes com 100% de rasgo os quais foram encaminhados para cultivo em cinco locais, nos estados do RS, PR, MT e BA. Ao final do ciclo da cultura foram avaliados os componentes de rendimento e sua correlação com a porcentagem de rasgo no tegumento das sementes produzidas. Experimento III – Implicações do rasgo no tegumento na qualidade de sementes de soja: utilizou-se 3 lotes de sementes de soja, cada um segregado manualmente em 3 porções: Lote original, sementes com tegumento íntegro e com tegumento rasgado, as quais foram armazenadas sob as temperaturas de 15°C e 28°C durante 270 dias. Em intervalos regulares de 45 dias, avaliaram-se o vigor e a viabilidade pelo teste de tetrazólio, primeira contagem da germinação, porcentagem de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, e a cada 90 dias a emergência em canteiro. Com as informações levantadas nos experimentos é possível concluir que o rasgo ocorre preferencialmente nos locais mais espessos do tegumento, e apresenta-se como uma resultante dos conteúdos de fósforo e cálcio, e por consequência de magnésio, provenientes de metabolismos diferentes entre cultivares de uma mesma espécie. O rasgo no tegumento de sementes de soja é uma consequência fenotípica, e parece ser favorecido em ambientes com alta disponibilidade de água e nutrientes durante a formação das sementes, combinado com altas temperaturas. Em adição, o rasgo no tegumento reduz o potencial de armazenamento dos lotes, principalmente se as sementes já apresentam início de deterioração no local.

Palavras-chave: *Glycine max.* Ruptura fisiológica. Anatomia. Deterioração. Armazenamento. Interação genótipo-ambiente.

Abstract

TEIXEIRA, Sheila Bigolin. **Seed coat cracking in soybean its causes and consequences**. Advisor: Geri Eduardo Meneghello. 2021. 103 f. Doctoral Dissertation (Doctor of Science) – Graduate Program in Seed Science and Technology, Eliseu Maciel Faculty of Agronomy, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

The visual characteristics observed in plants and seeds are known as phenotypic traits, which result from the interaction between genetic factors, intrinsic to each species and cultivar, and the environment in which they are grown, the seed coat cracking in soybean is an example of this. The occurrence of this physiological disruption has generated insecurity among seed producers and farmers, due to possible problems related to seed quality when it occurs. Because of that, the objective of this work was to verify the causes and effects of the cracking on the quality of the seeds and to characterize, in a structural and chemical way, the coat with cracking. For this, the work was divided into three experiments. Experiment I - Chemical and anatomical characterization of soybean coat with physiological disruption: used 5 lots of soybean seeds, of three different cultivars, which present cracking in the coat and one lot of a cultivar that does not present cracking, as a control. Each lot was separated into seeds with intact coat and with coat cracking, after manually removing the coat from the seeds, which were used to evaluate the chemical composition and anatomy of the coat with and without cracking. Experiment II – Genotype-environment interaction for the cracking characteristic of soybean seed coat: using three seed lots with 100% cracking which were sent for cultivation in five locations, in the states of RS, PR, MT and BA. At the end of the crop cycle, yield components and their correlation with the percentage of cracking in the coat of the produced seeds were evaluated. Experiment III – Implications of soybean seed coat cracking on the quality of seeds: using 3 lots of soybean seeds, each manually segregated in 3 portions: Original lot, seeds with intact coat and with coat cracking, which were stored at temperatures of 15°C and 28°C for 270 days. At 45-day intervals, vigour and viability were evaluated by the tetrazolium test, first germination count, germination test, accelerated aging and conductivity test, and every 90 days the emergence in soil. With the information collected in the experiments, it is possible to conclude that the coat cracking occurs preferentially in the thickest places and presents itself as a result of the contents of phosphorus and calcium, and consequently of magnesium. The cracking in the soybean seed coat is a phenotypic consequence, and seems to be favored in environments with high availability of water and nutrients during seed formation, combined with high temperatures. In addition, the seed coat cracking reduces the storage potential of the lots, especially when the seeds already show signs of deterioration in the place.

Keywords: *Glycine max*. Physiological disruption. Anatomy. Deterioration. Storage. Genotype-environment interaction.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Rasgo no tegumento da soja durante o enchimento dos grãos..... 19

Capítulo I

- Figura 1.** Direção dos cortes anatômicos realizados no tegumento da semente de soja, de forma perpendicular ao hilo (A) e paralelo ao hilo (B)..... 32

- Figura 2.** Corte anatômico do tegumento da semente de soja, na região A (oposta ao hilo), B (próxima ao pit) e C (próxima ao hilo). pal: células paliçádicas (epiderme); ost: osteosclerídeos (células ampulhetas, hipoderme); par: células parenquimatosas; ale: camada de aleurona. Neste estudo não foi possível avaliar a cutícula, que é a primeira camada do tegumento..... 35

- Figura 3.** A: anatomia do tegumento com presença de rasgo, realizada no sentido perpendicular ao hilo; B: aparência visual da semente com rasgo no tegumento..... 36

- Figura 4.** Acúmulo de produto químico na região do rasgo no tegumento (A) e deterioração no local do rasgo visualizada pelo teste de tetrazólio (B) e germinação (C)..... 37

Capítulo II

- Figura 1.** Precipitação (mm), temperaturas máximas e mínimas (°C) registradas ao longo dos dias de ciclo da cultura em Correntina-BA (A), Pedra Preta-MT (B), Foz do Iguaçu-PR (C), Alegria-RS (D) e Cachoeira do Sul-RS (E). Setas indicam as datas de semeadura e colheita..... 44

- Figura 2.** Dados de retenção em peneiras das sementes produzidas nos diferentes locais de semeadura, para as cultivares M 7110 IPRO (A e B), NS 7209 IPRO (C e D) e 8473 RSF (E e F)..... 56

Capítulo III

- Figura 1.** Aparência das sementes com rasgo no tegumento..... 62

- Figura 2.** Primeira contagem de germinação (PCG) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do 67

GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita)....

- Figura 3.** Porcentagem de germinação (G) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita)..... 69
- Figura 4.** Porcentagem de vigor, obtida pelo teste de tetrazólio (TZ), de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita)..... 72
- Figura 5.** Porcentagem de viabilidade, obtida pelo teste de tetrazólio (TZ), de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita)..... 74
- Figura 6.** Envelhecimento acelerado (EA) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita)..... 76
- Figura 7.** Condutividade elétrica (CE) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita)..... 78

Lista de Tabelas

Capítulo I

Tabela 1.	Esquema dos tratamentos utilizados no estudo.....	30
Tabela 2.	Conteúdo dos nutrientes silício (Si), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no tegumento das sementes das cultivares suscetíveis ao rasgo (8473RSF A e B, M7110IPRO e NS7209IPRO A e B), com tegumento íntegro (TI) e com tegumento rasgado (TR), e na cultivar não suscetível ao rasgo (FPS1867IPRO). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	33

Capítulo II

Tabela 1.	Detalhamento das cultivares utilizadas neste estudo.....	41
Tabela 2.	Data de semeadura e colheita, tamanho do ciclo da cultura e informações geográficas dos diferentes locais utilizados no experimento.....	42
Tabela 3.	Análise de solo referente à área experimental de Correntina (BA), Pedra Preta (MT), Foz do Iguaçu (PR), Alegria (RS A) e Cachoeira do Sul (RS C).....	43
Tabela 4.	Número médio de plantas por metro linear nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	46
Tabela 5.	Altura média das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	47
Tabela 6.	Diâmetro médio do colmo das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	48
Tabela 7.	Número médio de nós da haste principal das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	49
Tabela 8.	Número médio de ramos reprodutivos das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	50
Tabela 9.	Número médio de vagens das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.....	51

Tabela 10. Média de vagens com 0 (zero), 1, 2, 3 e 4 grãos das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	52
Tabela 11. Número médio de grãos por planta nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	53
Tabela 12. Número médio de grãos por vagem nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	54
Tabela 13. Peso de mil sementes (PMS) das sementes de soja produzidas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	55
Tabela 14. Produtividade das plantas de soja (kg ha ⁻¹) nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	57
Tabela 15. Porcentagem de rasgo no tegumento das sementes de soja produzidas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	58

Capítulo III

Tabela 1. Caracterização inicial dos lotes quanto a origem, percentual de sementes com rasgo, grau de umidade (GU) e Peso de Mil Sementes (PMS).....	62
Tabela 2. Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	65
Tabela 3. Porcentagem de vigor e viabilidade, obtida pelo teste de tetrazólio (TZ), de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.....	70

- Tabela 4.** Envelhecimento acelerado (EA) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021..... 75
- Tabela 5.** Condutividade elétrica (CE) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021..... 77
- Tabela 6.** Emergência em canteiro de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021..... 79

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1. Revisão Bibliográfica	19
1.1.1. <i>Soja</i>	19
1.1.2. <i>Qualidade de sementes</i>	21
1.1.3. <i>Tegumento da semente de soja - estrutura e funções</i>	23
1.2. Objetivos	27
1.2.1. <i>Objetivo Geral</i>	27
1.2.2. <i>Objetivo Específicos</i>	27
2. CAPÍTULO I - Caracterização química e anatômica de tegumentos de soja com presença de rompimento fisiológico	28
2.1 Introdução	28
2.2 Material e Métodos	30
2.3 Resultados e Discussão	32
2.4 Conclusão	38
3. CAPÍTULO II - Interação genótipo-ambiente para a característica de rasgo no tegumento da soja	39
3.1 Introdução	39
3.2 Material e Métodos	41
3.3 Resultados e Discussão	46
3.4 Conclusão	59
4. CAPÍTULO III - Implicações do rasgo no tegumento na qualidade fisiológica de sementes de soja	60
4.1 Introdução	60
4.2 Material e Métodos	62
4.3 Resultados	64
4.4 Discussão	80
4.5 Conclusão	83
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
REFERÊNCIAS	86
Apêndices	95
Capítulo I	96

Capítulo II.....	97
Capítulo III.....	100

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, o agronegócio brasileiro tem ganhado cada vez mais relevância na economia nacional, apresentando significativos ganhos de produtividade. Sendo a cultura da soja a mais importante, responsável, não somente por ganhos diretos na economia, mas também por fortalecer a influência do país no mercado mundial de *commodities* agrícolas (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

A demanda por soja apresentou crescimento expressivo nos últimos anos, devido principalmente ao elevado teor de proteína e óleo presentes no grão, que vem sendo utilizado para diversos fins, tais como alimentação humana, ração animal e produção de biocombustíveis (DALL'AGNOL; LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010; USDA, 2021).

A produção, assim como a produtividade de soja no Brasil vem aumentando de forma gradativa e contínua, isto se deve principalmente aos avanços científicos e a disponibilização de tecnologias ao setor agrícola, mais notadamente com relação ao surgimento de novas cultivares mais adaptadas, ao uso de transgenia, nutrição, manejo adequado do solo (sistema plantio direto), ao uso de máquinas agrícolas de maior eficiência e eficácia na elaboração das atividades, uso de novos insumos para controle de pragas e doenças, entre outras tecnologias. Atualmente, o país encontra-se na posição de maior produtor mundial de soja, alcançando o título na safra 2018/19, quando superou a produção americana (USDA, 2021).

Com as dificuldades encontradas em expandir as áreas cultivadas, torna-se cada vez mais importante preservar e ampliar o potencial produtivo das culturas, para que se possa garantir a segurança alimentar e nutricional. E para que o Brasil mantenha esses altos níveis de produção, o mercado de sementes é extremamente relevante, pois, a semente, além de carregar toda a carga genética da cultivar, tem na qualidade fisiológica um dos principais fatores limitantes para obtenção de altos rendimentos de grãos (CARVALHO; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2014).

A semente de soja, como característica das dicotiledôneas, é composta quase que exclusivamente pelo embrião, composto pelos cotilédones (tecido de reserva) ligados através do eixo-embrionário (plúmula, hipocótilo e radícula), protegido por um tegumento delgado. A integridade das estruturas que compõem a semente é um dos principais fatores responsáveis pela preservação da qualidade da semente e consequente viabilidade do embrião.

O tegumento é a barreira física existente entre o embrião, bastante frágil, e o meio externo. Sendo este responsável por proteger o embrião de impactos e danos mecânicos, de ataque de insetos e patógenos, assim como controlar a velocidade de absorção de água pela semente, desempenhando um papel significativo na determinação da qualidade das sementes de soja. A soja com tegumento íntegro tem um baixo grau de deterioração e contaminação fúngica no interior da semente em comparação com sementes danificadas (HESSELTINE; ROGERS; BOTHAST, 1978). Isso se deve ao fato dele proteger a semente de flutuações no teor de água, provocados pelos ciclos alternados de baixa e alta umidade, pós maturidade fisiológica, antes ou após a colheita. Inicialmente, o tegumento retarda a penetração da água, e aos poucos facilita o movimento da água até o embrião, permitindo que ambos os cotilédones se hidratem uniformemente, protegendo a semente de ruptura celular e perda de substâncias intracelulares durante a embebição, tornando a semente um atrativo ainda maior para fitopatógenos (DUKE e KAKEFUDA, 1981). A espessura do tegumento também exerce importante papel na regulação do processo de absorção de água pelas sementes, pois tegumentos mais espessos apresentam uma maior resistência ao movimento da água, devido às propriedades que a mesma apresenta, de coesão, adesão e tensão, e uma maior distância a ser percorrida pela água, antes dela atingir o embrião (McDONALD; VERTUCCI; ROOS, 1988). Desta forma, problemas na integridade do tegumento podem provocar consequências severas sobre a qualidade da semente, principalmente por facilitar a entrada da água, favorecendo o aparecimento de deterioração por umidade, tanto a campo, quanto durante o armazenamento, diminuindo assim a longevidade das sementes.

Neste contexto, está inserida a preocupação que surgiu com a elevada incidência de rasgos no tegumento de sementes de soja, nos últimos anos. Rasgo este, que afeta as camadas mais externas do tegumento, diminuindo drasticamente a sua espessura (YAKLICH e BARLA-SZABO, 1993). Segundo a literatura o rasgo no tegumento de soja já havia sido verificado no estágio R6 (ZORATO, 2018), no entanto durante a elaboração desse estudo o mesmo foi observado em lavoura comercial da cultivar M8349IPRO, localizada na região do oeste baiano, em plantas no estágio fenológico R5.4 (Figura 1), comprovando que o aparecimento do rasgo no tegumento é mais precoce do que o descrito anteriormente.



Figura 1. Rasgo no tegumento da soja durante o enchimento dos grãos.

Sabe-se que o aparecimento do rasgo pode ser desencadeado por condições ambientais específicas em cultivares predispostas geneticamente, no entanto, ainda não foi profundamente elucidado quanto as causas de seu aparecimento e as consequências que apresenta sobre a qualidade das sementes.

1.1. Revisão Bibliográfica

1.1.1. Soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é uma planta autógama pertencente à família Fabaceae e é amplamente cultivada no mundo, seu centro de origem é na China no continente asiático (SEDIVY; WU; HANZAWA, 2017). Há cerca de cinco mil anos a soja começou a ser domesticada pelos chineses e somente no século XX, passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos (REIS et al., 2007). Seu primeiro relato no Brasil ocorreu em 1882, no Estado da Bahia, local onde não se adaptou. Em seguida, foi levada por imigrantes japoneses para São Paulo, e somente em 1914, a soja foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul (RS). Foi no RS que os genótipos trazidos dos Estados Unidos, melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo (BONETTI, 1981). A soja é classificada como planta de dia curto, uma vez que, sob dias longos, ela atrasa seu florescimento e alonga seu ciclo. Por isso grande parte da área mundial cultivada com essa cultura está localizada em latitudes maiores que 30°, onde prevalecem condições de clima temperado. Mais tarde, a soja passou a ser produzida em várias regiões do país, tendo como destaque a região do cerrado. A principal transformação genética na soja adaptada para o Cerrado foi a incorporação da característica “período juvenil longo”, que inibe a floração precoce das plantas, permitindo deslocar seu cultivo – antes restrito à região sul – para qualquer latitude do território brasileiro, com faixas abrangentes de épocas de semeadura. O que rendeu ao Brasil o título de país que “tropicalizou” a soja (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008).

As diferentes regiões do país apresentam elevada variabilidade de tipo de solo, latitude, altitude, temperatura, precipitação e principalmente fotoperíodo. Para que a soja possa ser cultivada nas diversas regiões do país as cultivares são classificadas em grupos de maturação, conforme sistema proposto inicialmente pela Monsanto, os quais variam de zero a dez, sendo que no Brasil utiliza-se de 5.5 a 10 (PENARIOL, 2000; ALLIPRANDINI et al., 2009). Estes valores querem dizer que, quanto maior é o seu número, mais próximo ao Equador será sua região de adaptação, e está ligada diretamente a latitude e sua relação com o comprimento do ciclo. A duração da estação de crescimento (ciclo) para as culturas sensíveis ao fotoperíodo, como a soja, é definida por interações complexas entre temperatura e fotoperíodo (RAPER; KRAMER, 1987), por isso da utilização não somente do grupo de maturação como também das regiões edafoclimáticas, na qual são consideradas as diversidades de ecossistemas, tipos de solo e clima. Com essas classificações é possível escolher qual a melhor cultivar pra ser utilizada na região onde se deseja realizar a semeadura, cultivares mais adaptadas, originam lavouras mais produtivas.

Ao longo das últimas décadas a produção brasileira de soja apresentou um grande avanço impulsionado não somente pelo aumento de área semeada, mas também pela aplicação de técnicas de manejo avançadas que permitiram o incremento na produtividade (LAZZAROTTO e HIRAKURI, 2010).

Originária de clima temperado, a cultura da soja por apresentar uma ampla adaptação agrônômica aos climas subtropicais e tropicais, desenvolveu-se em quase todas as latitudes de cultivo. Atualmente, a soja é considerada a oleaginosa mais cultivada no mundo, apresentando produção de mais de 366,2 milhões de toneladas na safra 2020/21, sendo o mercado internacional composto por três produtores principais, (Brasil, Estados Unidos e Argentina) e um comprador (importador), a China (USDA, 2021).

No Brasil é a *commodity* de maior importância no cenário agrícola, principalmente em virtude do volume produzido (aproximadamente 137,3 milhões de toneladas) e exportado (aproximadamente 81,6 milhões de toneladas), sendo o maior produtor mundial, responsável por 37,5% da produção mundial, e o maior exportador de soja (CONAB, 2021; USDA, 2021). Altas produções são viabilizadas pelo desenvolvimento de novas cultivares, que proporcionam maior adaptabilidade da cultura as diferentes regiões, acarretando aumento na produtividade, assim como a

utilização de sementes altamente vigorosas, para o estabelecimento adequado da cultura e a obtenção de rendimentos satisfatórios (FREITAS e ALBRECHT, 2015). Desta forma, para atender essa demanda, a produção de sementes ultrapassa 3,8 milhões de toneladas anuais, considerando uma taxa de utilização de sementes (TUS) de 67%, e uma área cultivada de 36,9 milhões de hectares (ABRASEM, 2020).

O crescimento da produção de soja no Brasil, está diretamente ligado ao aumento da demanda do grão (CARVALHO, 2013). A cultura assume valor econômico, devido à importância de seus produtos, especialmente pela versatilidade de seus usos, na forma de grão, ou processada, podendo ser transformada em diversos alimentos proteicos, tais como farinha, leite, proteína texturizada, dentre outros alimentos. Além disso, tem sido amplamente utilizada na indústria para a fabricação de outros tipos de derivados, como tintas, vernizes e combustíveis, como o biodiesel. Isso configura um significativo aumento da demanda do produto no Brasil, além da demanda de exportações para outros países (EMBRAPA, 2004). O grão, em relação ao seu peso, possui em torno de 20% de óleo e 40% de proteína (ŽILIC et al., 2009). Por apresentar teor e qualidade de proteína elevados, e ser fonte de aminoácidos essenciais, é considerada complemento para a alimentação, tanto animal quanto humana (TOLEDO et al., 2007).

Dentre as diversas práticas de manejo da cultura da soja, que são implantadas na lavoura visando altas produtividades, a utilização de sementes de qualidade é uma das mais importantes, sendo considerada a base para o sucesso da atividade.

1.1.2. Qualidade de sementes

A semente, classificada como um dos insumos agrícolas mais importante, é responsável pela propagação em torno de 90% das plantas cultivadas com interesse econômico (HENNING; CAMPO; SFREDO, 1997). É devido as sementes que foi possível o desenvolvimento da agricultura, desde os primórdios da humanidade até os dias de hoje, cuja principal importância é a capacidade da mesma em originar uma planta, quando as condições ambientais forem propícias ao seu desenvolvimento. Ou seja, a qualidade da semente é importante para garantir o estabelecimento da população de plantas, o que está diretamente ligado com a obtenção de altos níveis de produtividade. Logo, garantir a qualidade das sementes é fundamental para a

obtenção de uma lavoura com alto potencial produtivo (TEÓFILO; DUTRA; DIAS, 2007).

A qualidade de sementes é um conjunto de atributos que indicam o potencial através da interação das características de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (MARCOS-FILHO, 1998). O desempenho da semente deve levar em consideração a capacidade de originar uma plântula normal, velocidade e emergência homogênea e preservação das características fisiológicas durante o armazenamento e transporte (HAMPTON e TEKRONY, 1995).

As sementes são responsáveis por carregar todo o material genético oriundo de pesquisas e melhoramento, e na sua máxima qualidade fisiológica é capaz de expressar todo o potencial de produtividade, resistência ou tolerância a estresses bióticos ou abióticos, além de conferir atributos de qualidade sanitárias a quem as utiliza, garantindo assim, um desempenho agrônomo não encontrado com a utilização de grãos para semeadura (KRZYZANOWSKY et al., 2008).

A máxima qualidade fisiológica das sementes de soja ocorre em sua maturidade. Ou seja, ponto em que a semente se desliga fisiologicamente da planta mãe, após ter acumulado o máximo de matéria seca. A partir deste momento são iniciados diferentes processos degenerativos de natureza física, fisiológica e bioquímica, acarretando a deterioração das sementes. A deterioração é um processo complexo, que acarreta da diminuição da qualidade fisiológica das sementes, e se estende desde o ponto de maturidade fisiológica, até a morte da semente (MARCOS-FILHO, 2015).

O potencial fisiológico da semente de soja pode ser influenciado negativamente por diversos fatores, que podem ocorrer em todas as etapas de produção, como extremos de temperatura durante a maturação, flutuações de umidade, incluindo seca e excesso de chuvas, deficiências na nutrição das plantas, ocorrência de insetos, além da adoção de técnicas inadequadas de colheita, secagem e armazenamento (FRANÇA-NETO et al., 2016). Tais fatores podem ser mais prejudiciais que outros em decorrência do genótipo que está sendo utilizado, por este motivo é fundamental que o melhoramento atue selecionando genótipos com alta qualidade fisiológica de sementes (LIMA, 2007).

A qualidade fisiológica das sementes de soja diminui durante o armazenamento, pelo processo de deterioração. A deterioração de sementes é

inevitável e irreversível, porém a velocidade em que ocorre é regulada geneticamente e é influenciada pela qualidade inicial, histórico de pré-armazenamento, teor de umidade, umidade relativa e temperatura do ambiente de armazenamento, duração do armazenamento e agentes bióticos (MARCOS-FILHO, 2015). Nos países tropicais e subtropicais, o armazenamento de sementes de soja tornou-se um grande desafio para a indústria de sementes, pois as sementes perdem facilmente a viabilidade antes da próxima semeadura devido as altas temperaturas, devido a isso vem ocorrendo um incremento na utilização de armazéns refrigerados, com controle de temperatura e umidade relativa do ar, para a conservação da qualidade das sementes por um período maior de tempo. Sementes deterioradas, de baixa qualidade fisiológica, originam lavouras com um menor número de plantas por hectare, além de campos irregulares resultando em menor produtividade. As perdas anuais devido à deterioração podem chegar a 25% da safra colhida, ressaltando a importância da utilização de sementes de alta qualidade para a semeadura (VIJAYAKUMAR et al., 2019).

1.1.3. Tegumento da semente de soja - estrutura e funções

O tegumento da semente de soja é a camada externa da semente, originado a partir dos integumentos do óvulo (NEDEL, 2003).

O tegumento da semente, ou testa, é um órgão vegetal multifuncional que exerce a função de manutenção da qualidade das sementes, preservação da integridade das partes internas, como proteção do embrião e tecidos de reserva contra danos mecânicos, ataque de microorganismos e insetos (SOUZA e MARCOS-FILHO, 2001). Também, atua como modulador das interações entre a parte interna da semente e o meio externo, regulando as trocas gasosas entre a semente e o ambiente, controlando, também, a velocidade de hidratação da semente e a germinação, interferindo nos mecanismos de controle metabólico do desenvolvimento e da dormência das sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

O tegumento da semente é proveniente dos integumentos do óvulo, ou seja, o integumento externo ou primina dá origem a testa enquanto o integumento interno ou secundina origina o tégmen. O tegumento é progressivamente transitório, e há vários tecidos presentes durante o desenvolvimento inicial e médio que não persistem na semente madura, sendo que na antese, o tegumento corresponde a 90% do tamanho

total da semente, e apenas 8% na semente madura (MILLER et al., 1999). Isso se deve porque no desenvolvimento das sementes de leguminosas, o revestimento da semente e o endosperma desenvolvem-se primeiro, seguido pelo desenvolvimento do embrião, maturação do embrião e do tegumento da semente. Nesse processo o tegumento atua no metabolismo de transferência de nutrientes da planta mãe para o embrião, e mais tarde os tecidos do tegumento de soja fornecem suporte e nutrição para o embrião em desenvolvimento (MOÏSE et al., 2005; WEBER; BORISJUK; WOBUS, 2005).

Estudos utilizando microscopia eletrônica demonstraram que a estrutura básica do tegumento compreende quatro camadas: cutícula, epiderme, hipoderme e parênquima, respectivamente, da superfície para o interior do tegumento (SWANSON; HUGHES; RASMUSSEN, 1985).

A cutícula é a fina camada cerosa externa do tegumento, a qual apresenta espessura variável e representa a primeira barreira à embebição. Na soja, são sugeridas a existência de duas camadas de depósitos de cera, uma muito estável e outra ambientalmente lábil (RAGUS, 1987; SOUZA e MARCOS-FILHO, 2001). Em várias espécies de *Glycine*, a epiderme do endocarpo interno membranoso da parede da vagem se desprende e adere à superfície do tegumento, tornando-se parte do revestimento da semente madura (GIJZEN et al., 1999).

A epiderme é formada por células paliçádicas, as quais formam uma camada contínua envolvendo a semente com exceção do hilo, onde aparece uma segunda camada paliçádica proveniente do funículo. A camada paliçádica é constituída de células esclerenquimatosas, chamadas macroesclerídeos. Essas células são alongadas perpendicularmente à superfície do tegumento, possuindo paredes celulares espessas e perfuradas na porção superior. Essa camada é importante para a absorção de água pela semente, pois, dependendo da sua constituição química, arranjo e substâncias intercelulares, a semente pode embeber água ou não (PESKE e PEREIRA, 1983).

Abaixo da epiderme encontra-se a hipoderme, formada por uma única camada de células chamadas células ampulhetas, células pilares, osteosclerídeos ou lagenosclerídeos, células esclerenquimatosas com parede celular de espessura desuniforme, constituindo uma camada de suporte com considerável espaço intercelular. Essas células não são observadas no hilo, entretanto, os

osteoesclerídeos adjacentes ao hilo são maiores que nas áreas mais distanciadas causando uma variação na espessura da camada de 30 a 70 microns (PESKE e PEREIRA, 1983). A camada osteosclereídica é composta por grandes células vacuoladas e é densamente citoplasmática. A presença de numerosos grãos de amido nas células ampulhetas durante a embriogênese indica que o tegumento da semente poderia sintetizar nutrientes para o embrião em desenvolvimento (ALGAN e BÜYÜKKARTAL, 2000; WANG e GRUSAK, 2005). As células ampulhetas do tegumento de sementes de soja são interessantes, pois parecem servir de reservatório para proteínas, já que uma única isoenzima de peroxidase do tegumento se acumula em grandes quantidades nos vacúolos de células de ampulheta (5% de proteína solúvel total) (GILLIKIN e GRAHAM, 1991; GIJZEN; VAN HUUSTEE; BUZZELL, 1993).

Adjacente às células ampulhetas está o parênquima interior, formado por 6 a 8 camadas de células de parênquima tangencialmente alongadas de paredes celulares finas. Elas são distribuídas uniformemente por todo o revestimento da semente, exceto na área do hilo, onde um número menor de camadas pode ser distinguido. Em tegumento de sementes maduras, o parênquima interior é frequentemente esmagado ou parcialmente esmagado à medida que o embrião se expande (MILLER et al., 1999). As células do parênquima degeneram mais tarde e se tornam uma importante fonte de nutrientes para o embrião (MOÏSE et al., 2005).

À medida que o revestimento da semente amadurece, as camadas de células do endosperma, adjacentes ao embrião, degeneram e eventualmente aparecem como materiais de parede comprimida na semente madura, mas a camada mais externa do endosperma permanece intacta e se diferencia no que foi conhecido como a camada de aleurona, que é a única porção do endosperma que é claramente visível (MILLER et al., 1999). A camada de aleurona da soja e algumas outras leguminosas é conhecida por seu papel na mobilização enzimática de reservas de sementes, como carboidratos, durante a germinação (MA; PETERSON; GIJZEN, 2004a).

A espessura do tegumento de sementes de soja varia entre 70-100 µm considerando-se as quatro camadas em conjunto, sendo que existe variação entre cultivares. Porém, ressalta-se que esta característica física é constante dentro de cada cultivar e é controlada geneticamente (CAVINESS e SIMPSON, 1974). O tegumento da semente de soja consiste majoritariamente de carboidratos insolúveis,

hemicelulose, celulose, pectinas e de polímeros fenilpropanóides, ou seja, lignina (LOWRY et al., 1994).

A produção e manutenção de sementes com tegumentos intactos é de suma importância, pois é ele quem protege o embrião e contribui para a qualidade final da semente de soja.

A colheita mecânica e o beneficiamento são as principais fontes de danos mecânicos em sementes, e a susceptibilidade do tegumento ao dano mecânico constitui-se em caráter importante para a qualidade de sementes de soja, a qual está intimamente relacionada com a variabilidade genética (CARBONELL, 1991). De forma que o tegumento é objeto de estudos para manipulação genética, com o objetivo de desenvolver cultivares com tegumentos mais espessos e rígidos, para proteger o embrião contra danos mecânicos e também a obtenção de tegumentos menos permeáveis a água, para diminuir a ocorrência de deterioração dos tecidos provocado pela umidade (MOÏSE et al., 2005; LE et al., 2007).

Uma maior tolerância aos danos mecânicos, que algumas cultivares apresentam, tem sido relacionada ao maior teor de lignina no tegumento da semente de soja, enquanto sua longevidade e resistência à deterioração no campo tem sido relacionada ao grau de permeabilidade e espessura do tegumento (ALVAREZ et al., 1997).

A dureza do tegumento é característica hereditária e controlada por um ou poucos genes altamente influenciados pelo ambiente (RAMSAY, 1997), pois, o tegumento é formado pelo genótipo materno, no entanto, o ambiente pode promover alterações não genéticas no tegumento, como espessura e composição, que não persistem além de uma geração (SOUZA e MARCOS-FILHO, 2001). Pode ocorrer, rápido crescimento dos cotilédones, e por vezes, não ser compensado adequadamente pela expansão do tegumento o que pode resultar em rachaduras, afetando a qualidade das sementes (AGRAWAL e MENON, 1974), ou também, esse dano pode ser causado por uma redução do teor de água do tegumento mais rápida que dos cotilédones durante a maturação das sementes (YAKLICH e BARLA-SZABO, 1993).

Diante do que foi exposto, o estudo de respostas fenotípicas dos tegumentos de sementes não deve ser estudado isoladamente dentro de cada genótipo, e sim,

verificar as diferentes respostas causadas pela interação entre o genótipo alvo e o ambiente ao qual está submetido.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Caracterizar de forma estrutural e química o tegumento com rasgo e verificar suas causas e efeitos sobre a qualidade das sementes de soja.

1.2.2. Objetivo Específicos

Avaliar diferenças na qualidade fisiológica e no potencial de armazenamento de sementes de soja com presença e com ausência de rasgos no tegumento.

Analisar através de microscopia óptica, as camadas do tegumento das sementes afetadas pelo rasgo no tegumento.

Caracterizar diferenças químicas existentes entre os tegumentos rasgados e íntegros.

Elucidar a interação genótipo x ambiente, na predisposição para a incidência de rasgos no tegumento de soja.

2. CAPÍTULO I

Caracterização química e anatômica de tegumentos de soja com presença de rompimento fisiológico

2.1 Introdução

Entre os grupos vegetais de grande relevância, as Fabaceae, ou leguminosas como é alternativamente chamada, é a terceira maior família dentre as angiospermas (AZANI et al., 2017). Detendo-se ao âmbito agroeconômico, apresenta relevante movimentação nas exportações mundiais como a exemplo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), que chegou ao número de 362,95 milhões de toneladas produzidas na safra 2020/2021 no mundo, em uma área de 127,84 milhões de hectares (USDA, 2021).

Para o sucesso da lavoura, proporcional ao desenvolvimento de plantas saudáveis e vigorosas, com desempenho superior no campo, a utilização de sementes de alta qualidade é, sem dúvidas, um dos fatores mais importantes (FRANÇA-NETO et al., 2016), muitas vezes garantido por meio da vitalidade das sementes frente à integridade da sua cobertura externa, representada nas Fabaceae pelo tegumento (MARCOS-FILHO, 2015).

Essa estrutura de proteção das sementes varia muito entre espécies, e até mesmo dentro da própria espécie, como é o caso da soja, sendo responsável não só pela absorção de impactos durante processos de colheita, transporte, secagem e beneficiamento, como também pelas trocas gasosas do embrião com o meio externo (ZIMMER, 2006). A maior parte do tegumento da semente se desenvolve a partir dos integumentos do óvulo fertilizado, portanto constituído por tecido materno, refletindo o genótipo da planta-mãe, com mudanças drásticas relativas às funções com o decorrer do desenvolvimento e amadurecimento da semente. Nas primeiras fases após a fertilização, o tegumento compõe a maior parte da massa da semente, atuando como fonte de nutrientes, passando por rápida expansão e redução de tamanho nos estádios finais de maturação, tornando-se uma cobertura seca e rígida de células que encapsulam e protegem o embrião (QUTOB et al., 2008).

A partir dessa formação do tegumento durante a embriogênese, o integumento interno (secundina) pode desaparecer, enquanto o integumento externo (primina) divide-se em várias camadas (MARCOS-FILHO, 2015), sendo a cutícula a mais externa, seguida pela epiderme, e, logo após a hipoderme, as células

parenquimatosas, cada uma com suas funções estruturais e fisiológicas (PESKE e PEREIRA, 1983; SOUZA e MARCOS-FILHO, 2001; VAN DONGEN et al., 2003).

Essas diferentes regiões apresentam variações quanto à espessura e, por consequência, velocidade de trocas gasosas com o ambiente, e vários são os fenômenos que podem ocorrer durante a diferenciação desse tegumento, tais como variação na intensidade de distribuição celular, de esclerificação, na diferenciação de tricomas, distribuição de corantes e de outras substâncias orgânicas (MARCOS-FILHO, 2015). Isso reflete nos diferentes tipos de resistências que esse tegumento pode apresentar, como a maior tolerância aos danos mecânicos, relacionada principalmente ao maior teor de lignina em sementes de soja, enquanto a barreira à deterioração no campo pode ser relacionada ao grau de porosidade e permeabilidade do tegumento (ALVAREZ, 1997).

As propriedades do tegumento da semente de soja já foi motivo de estudos para inúmeros pesquisadores, com constatações de que sementes de soja com tegumento permeável apresentam maior taxa de danos mecânicos quando comparadas a sementes com tegumento semi-permeável (FRANÇA-NETO e POTTS, 1979). Genótipos de soja com tegumento preto apresentam maior espessura do tegumento quando comparado àqueles com tegumento amarelo, e essa maior espessura confere à semente menor permeabilidade e maior resistência à deterioração (HORLINGS; GAMBLE; SHANMUGASUNDARAM, 1991; MERTZ et al., 2009).

Devido a qualidade das sementes estar intimamente relacionada a integridade do tegumento, sementes imaturas e com danificações no tegumento possuem maior permeabilidade a água, assim como menor potencial fisiológico, característica essa agravada caso esse tegumento possua fendas, trincas, fissuras ou cicatrizes (MARCOS-FILHO, 2015).

Segundo Mertz et al. (2009), há muitas evidências já estudadas e relatadas na literatura, comprovando a existência de variabilidade nos genótipos de soja quanto à estrutura e permeabilidade do tegumento, mas além dos rompimentos relacionados aos ciclos de absorção e perda de água que rasga esse tecido, e dos que ocorrem a partir do hilo, provocados por microrganismos, existe o rasgo ocorrente em algumas cultivares devido a um fator genético, e que é dependente das condições ambientais na fase de enchimento do grão. Nota-se nesse rasgo, conhecido também como

ruptura fisiológica, a permanência de uma camada bastante delgada ainda conferindo pequena proteção ao embrião, no entanto não há uma elucidação quanto a quais são as camadas do tegumento afetadas por essa ruptura, nem mesmo as causas químicas da maior suscetibilidade de alguns genótipos a ocorrência desse fenômeno.

Dito isto, o objetivo deste estudo foi entender as causas de natureza química da ocorrência desse rasgo no tegumento de sementes de soja, assim como a sua dinâmica de formação.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido utilizando-se cinco lotes de sementes de soja de três cultivares cujo histórico apresenta presença de rasgo no tegumento, e uma cultivar referência, que não apresenta relatos de ocorrência de rasgo. Os lotes das cultivares com incidência de rasgo no tegumento foram fracionados em sementes com o tegumento íntegro e sementes com o tegumento rasgado (Tabela 1). Após, os tegumentos foram cuidadosamente separados das sementes com o auxílio de um bisturi, para obtenção de 3 g de tegumentos para cada lote. Posteriormente os tegumentos foram encaminhados para análise química e anatômica.

Tabela 1: Esquema dos tratamentos utilizados no estudo.

Ocorrência de Rasgo	Cultivar	Lote	Origem	Tegumento
Sim	8473RSF	A	MT	TI ^{1/}
				TR
	B	GO		TI
				TR
	M7110IPRO	-	MT	TI
				TR
NS7209IPRO		A	MT	TI
				TR
B		RS	TI	
			TR	
Não	FPS1867IPRO	-	RS	TI

^{1/}TI = tegumento íntegro; TR = tegumento rasgado.

- Teor de elementos nos tecidos

Os tegumentos foram colocados em estufa a 65°C até atingir peso constante e posteriormente foram triturados em moinho, para a realização das seguintes análises:

Silício (Si): foi obtido pelo Método Amarelo (KORNDÖRFER; PEREIRA; NOLLA, 2004), a partir de 100 mg de massa seca dos tegumentos. A leitura foi

realizada em espectrofotômetro a 410nm, no Laboratório de Bioquímica Vegetal, pertencente ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal (UFPEL).

Macronutrientes: aproximadamente 200 mg de massa seca de tegumentos foram pesados em balança analítica para posterior digestão sulfúrica dos macronutrientes (TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985). A partir do material digerido, foram feitas as leituras do Nitrogênio (N) - método Kjeldhal (destilador de nitrogênio TE-0364); Fósforo (P) - espectrofotômetro de UV a 660 nm; Potássio (K) - Fotômetro de Chama (Micronal B462); Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) - Espectrofotômetro de Absorção Atômica de Chama (Modelo AA 990F - marca PG Instruments). As análises descritas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Vegetal e no Laboratório de Química, pertencentes ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Conservação do Solo e da Água (MACSA - UFPEL).

- Anatomia do tegumento

A análise da anatomia dos tegumentos foi realizada no Laboratório de Anatomia Vegetal do Instituto de Biologia (UFPEL). Para verificar a ocorrência do rasgo em nível de camadas celulares no perfil do tegumento, tegumentos com e sem rasgo de cada cultivar foram coletados e fixados em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965; modificado com tampão fosfato pH 7,2), desidratados em série ascendente de etanol e infiltrados em resina plástica (Leica Historessin[®], Leica Microsystems Nußloch GmbH, Heidelberg, Alemanha) de acordo com as instruções do fabricante. Foram utilizados seis tegumentos por cultivar, sendo três com e três sem a presença do rasgo. As amostras foram cortadas em micrótomo rotativo manual (ANCAP) com lâmina descartável (Feather Safety Razor Co., Ltd., Osaka, Japão). Foram realizados 40 cortes para cada tegumento, totalizando 240 cortes por cultivar, os cortes foram realizados perpendicularmente ao hilo e em uma das repetições paralelamente ao hilo (Figura 1). Os cortes de sete micrômetros de espessura foram então corados com azul de toluidina 0,05% (SAKAI, 1973) em tampão fosfato e citrato, pH 4,5, e montados em resina sintética "Entellan" (Merck Millipore, Billerica, MA, EUA). As lâminas coradas foram documentadas com software de imagem usando uma câmera Leica DC 300F acoplada a um microscópio Leica DM LB (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Germany). Onde foi possível observar a formação do rasgo nas diferentes cultivares e identificar as distintas camadas do tegumento e suas espessuras.

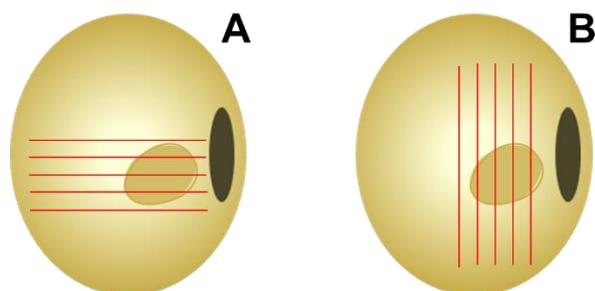


Figura 1. Direção dos cortes anatômicos realizados no tegumento da semente de soja, de forma perpendicular ao hilo (A) e paralelo ao hilo (B).

- *Delineamento experimental*

Foi realizado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial $5 \times 2 + 1$, sendo 5 lotes (8473RSF (A), 8473RSF (B), M7110IPRO, NS7209IPRO (A) e NS7209IPRO (B)), 2 segregações de tegumento (íntegro e rasgado) e 1 tratamento adicional (testemunha cultivar FPS1867IPRO) (Tabela 1), com três repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelos testes de Tukey ($p \leq 0,05$) ou “t” ($p \leq 0,05$), conforme maior adequação, com auxílio do software R (R Core Team, 2014).

2.3 Resultados e Discussão

Em média, as cultivares que apresentam incidência de rasgo no tegumento, apresentaram maior conteúdo de fósforo (P) e menor conteúdo de cálcio (Ca) no tegumento, em comparação com o lote da cultivar referência (FPS 1867 IPRO), não suscetível à ocorrência do rasgo (Tabela 2). Para os demais nutrientes, em média, não apresentaram diferenças entre as cultivares suscetíveis e a não suscetível ao rasgo (Tabela 2).

Essa diferença no conteúdo dos nutrientes também foi observada dentro da mesma cultivar, onde tegumentos rasgados apresentaram maior conteúdo de fósforo (P) que os tegumentos íntegros e menor conteúdo de cálcio (Ca) (Tabela 2). Íons de cálcio (Ca^{2+}) são utilizados na síntese de novas paredes celulares (TAIZ e ZEIGER, 2017), propiciando às sementes de soja, por exemplo, a formação de um melhor tegumento (PESKE e BARROS, 2006). Segundo autores, plantas desenvolveram mecanismos que restringem o transporte de Ca, mantendo baixas concentrações deste nutriente em alguns locais, inclusive no tegumento das sementes (MIX e MARSCHNER, 1976; FINK, 1991), o que pode explicar a maior susceptibilidade de

algumas cultivares ao rasgo no tegumento, sendo o próprio rasgo uma consequência da baixa concentração de Ca e não o contrário.

Tabela 2: Conteúdo dos nutrientes silício (Si), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no tegumento das sementes das cultivares suscetíveis ao rasgo (8473RSF A e B, M7110IPRO e NS7209IPRO A e B), com tegumento íntegro (TI) e com tegumento rasgado (TR), e na cultivar não suscetível ao rasgo (FPS1867IPRO). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Cultivar (lote)	Si (g kg ⁻¹)			N (g kg ⁻¹)		
	TI	TR	Média	TI	TR	Média
8473RSF (A)	3,86	3,75	3,81 b ^{1/}	12,70 b	12,40 bc	12,55
8473RSF (B)	5,04	4,31	4,68 a	12,70 b	12,52 bc	12,61
M7110IPRO	3,95	3,79	3,87 b	13,90 a*	11,86 c	12,88
NS7209IPRO (A)	3,77	3,69	3,73 b	13,12 ab	13,30 b	13,21
NS7209IPRO (B)	4,12	4,31	4,22 ab	13,78 a	15,76 a*	14,77
Média	4,15 ^{ns}	3,97	4,06 α	13,24	13,17	13,20 α
FPS1867IPRO			4,56 α			13,33 α

Cultivar (lote)	P (g kg ⁻¹)			K (g kg ⁻¹)		
	TI	TR	Média	TI	TR	Média
8473RSF (A)	0,85 a	0,89 b	0,87	9,32 a	9,76 b	9,54
8473RSF (B)	0,61 c	0,83 b*	0,72	8,06 b	8,24 c	8,15
M7110IPRO	0,83 a	0,88 b	0,86	5,46 d	7,97 c*	6,72
NS7209IPRO (A)	0,70 b	1,02 a*	0,86	9,94 a	10,75 a*	10,34
NS7209IPRO (B)	0,69 b	0,86 b*	0,78	6,81 c	6,18 d	6,50
Média	0,74	0,90	0,82 α	7,92	8,58	8,25 α
FPS1867IPRO			0,74 β			8,20 α

Cultivar (lote)	Ca (g kg ⁻¹)			Mg (g kg ⁻¹)		
	TI	TR	Média	TI	TR	Média
8473RSF (A)	7,51 bc*	5,47 b	6,49	2,91	3,32	3,12 bc
8473RSF (B)	7,32 bc*	6,17 ab	6,74	2,83	3,24	3,04 c
M7110IPRO	10,05 a*	6,37 ab	8,21	3,09	3,43	3,26 b
NS7209IPRO (A)	6,77 c	6,67 a	6,72	2,44	2,62	2,53 d
NS7209IPRO (B)	8,36 b*	7,16 a	7,76	3,40	3,89	3,65 a
Média	8,00	6,37	7,18 β	2,93	3,30*	3,12 α
FPS1867IPRO			8,66 α			3,02 α

^{1/}Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) (comparando as cultivares suscetíveis ao rasgo), e médias seguidas por mesma do alfabeto grego na coluna não diferem entre si pelo teste "t" (p≤0,05) (comparando a média das cultivares suscetíveis com a média da cultivar não suscetível ao rasgo). * e ^{NS} significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste "t" (p≤0,05) (comparando tegumento íntegro e tegumento com rasgo).

O conteúdo de magnésio (Mg), na média, foi maior nos tegumentos com rasgo, no entanto, os materiais com incidência de rasgo não diferiram da cultivar testemunha (FPS1867IPRO) para esse nutriente (Tabela 2). O magnésio (Mg) entra na composição do sal de Ca e Mg do ácido inositol fosfórico (fitina) que se acumula nas sementes (NEPTUNE, 1986), ambos são cátions bivalentes e desempenham papel

similar na constituição da lamela média e estabilização da parede celular, e, portanto, pode estar havendo uma substituição de cálcio (Ca) por magnésio (Mg) em cultivares suscetíveis ao rasgo e em tegumentos rasgados, havendo uma menor eficiência de amarração dos componentes da parede celular, permitindo que haja essa ruptura.

Quanto ao conteúdo de potássio (K), as cultivares variaram entre si dentro dos aspectos tegumento íntegro e rasgado, diferindo entre estes apenas M7110IPRO e NS7209IPRO (A), e considerando o rasgo no tegumento, NS7209IPRO (B) apresentou o menor conteúdo deste nutriente, diferentemente do que aconteceu em relação ao conteúdo de nitrogênio (N), onde esta mesma cultivar, além de apresentar maior conteúdo de N que as demais, diferiu em relação ao tegumento íntegro (Tabela 2). O conteúdo de N ainda variou dentro da cultivar M7110IPRO, onde seus resultados foram mais elevados no tegumento íntegro, e em média, os valores deste nutriente não variaram quando comparadas as médias das cultivares suscetíveis ao rasgo com a cultivar não suscetível, assim como no conteúdo de K (Tabela 2). O potássio na forma de íon K^+ é bastante móvel nas plantas, atuando principalmente como neutralizador de cargas e como importante componente inorgânico osmótico (CLARKSON e HANSON, 1980), prováveis funções que estejam sendo mais fortemente desempenhadas em sementes com rasgo no tegumento.

Por fim, o conteúdo de silício (Si) variou apenas na média das cultivares suscetíveis, em que 8473RSF (B) apresentou o maior valor, não diferindo da NS7209IPRO (B), que por sua vez não diferiu das demais, não havendo ainda diferença entre as médias das cultivares suscetíveis com a cultivar não suscetível ao rasgo no tegumento (Tabela 2). O silício (Si) forma complexos com polifenóis, servindo como alternativa à lignina no reforço das paredes celulares, um dos principais locais de depósito deste nutriente, que ocorre na forma de sílica amorfa hidratada (TAIZ e ZEIGER, 2017). No entanto, nesse estudo, parece não haver relação entre o conteúdo de Silício e a ocorrência do rompimento fisiológico no tegumento.

Observando-se a estrutura do tegumento, desconsiderando a cutícula, que é a primeira camada, e que neste estudo não foi possível avaliar, o tegumento tem sua espessura variável conforme a região da semente, e quanto mais próximo ao hilo mais espesso, enquanto mais distante mais fino. Então, considerando as camadas do tegumento, essa variação na espessura se deve principalmente ao alongamento das

células ampulheta e a menor compressão na camada de células paliçádicas (Figura 2).

Nesse estudo a espessura total do tegumento variou de 47 à 230 micrometros. A espessura do tegumento é influenciada pelo genótipo, pelo grau de hidratação dos tecidos e pelo envelhecimento da semente (YAKLICH e BARLA-SZABO, 1993; SILVA; VIEIRA; SANTOS, 2008). O rasgo no tegumento ocorre preferencialmente nas regiões mais espessas do tegumento, entre as regiões C e B, podendo se estender de C-A (Figura 2). O fato do rasgo estar localizado na região mais espessa do tegumento pode indicar uma redução na elasticidade do mesmo, com o aumento da espessura da camada de células ampulhetas, ou uma menor sustentação da camada de células paliçádicas.

A ruptura no tegumento (rasgo) ocorre primeiramente pelo rompimento entre as células paliçádicas, provavelmente em pontos mais frágeis, pela presença de poros (Figura 3A), como visto nos estudos de Ma et al. (2004b), que consideraram as rachaduras mais prováveis de ocorrência onde o depósito superficial era mais fino ou ausente.

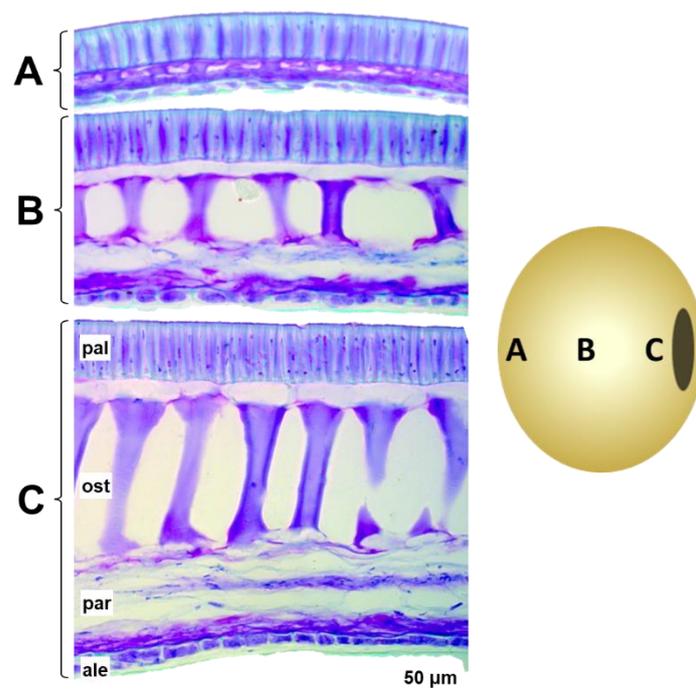


Figura 2. Corte anatômico do tegumento da semente de soja, na região A (oposta ao hilo), B (próxima ao pit) e C (próxima ao hilo). pal: células paliçádicas (epiderme); ost: osteosclerídeos (células ampulhetas, hipoderme); par: células parenquimatosas; ale: camada de aleurona. Neste estudo não foi possível avaliar a cutícula, que é a primeira camada do tegumento.

Conforme a semente vai expandindo em tamanho essa abertura vai crescendo, provocando um descolamento entre as células ampulheta e as células parenquimatosas (Figura 3A e 3B). Segundo autores, o aparecimento dessas rachaduras e a orientação das células ampulhetas indicam que a separação inicial ocorre ao longo de um plano perpendicular ao tegumento, e o movimento lateral, ocorre entre as células ampulhetas e as camadas celulares subjacentes (YAKLICH e BARLA-SZABO, 1993). Assim, a camada de células parenquimatosas acompanha a variação de tamanho da semente, pois essas células apresentam parede celular mais fina, sendo menos rígida e mais elástica em comparação com as demais camadas do tegumento.

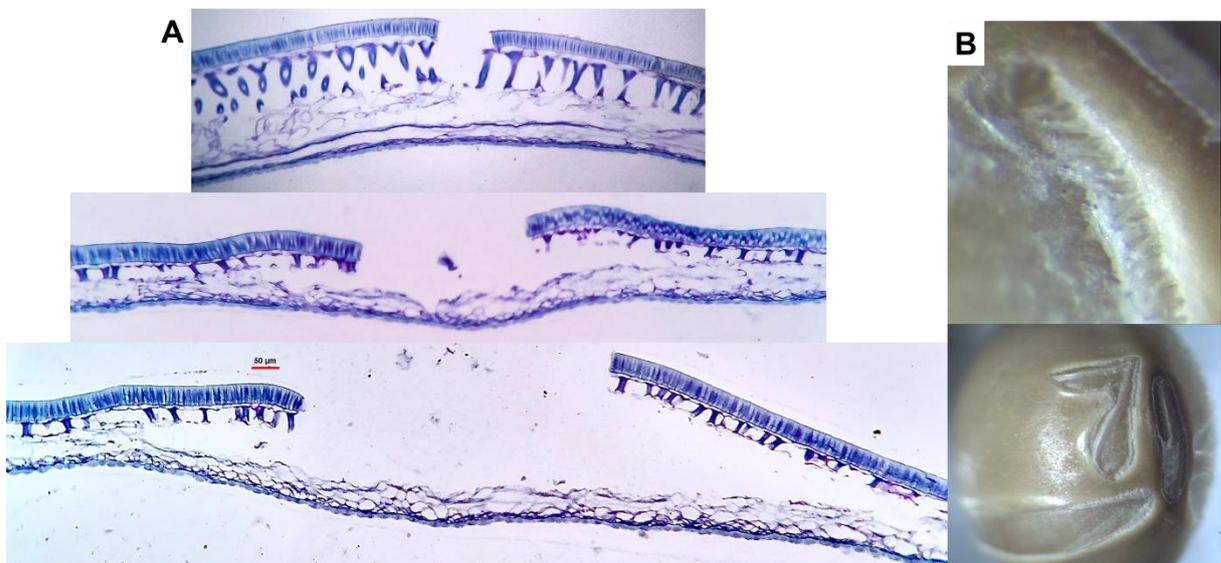


Figura 3. A: anatomia do tegumento com presença de rasgo, realizada no sentido perpendicular ao hilo; B: aparência visual da semente com rasgo no tegumento.

Alguns estudos sobre essa característica do tegumento rasgado já foram conduzidos. Liu (1949) reconheceu dois tipos de rachaduras no tegumento com base genética, Tipo I e Tipo II, onde basicamente a primeira era controlada por dois genes recessivos, *de1* e *de2*, e a segunda considerada como de controle por genes complementares, *de3* e *de4*. Mais recentemente, não relacionado ao âmbito genético, outros dois tipos de fissuras do revestimento foram considerados, o Tipo I, com fissuras irregulares e sem ramificações e o Tipo II, com fissuras ramificadas, ambos resultantes da separação dos tecidos epidérmicos e hipodérmicos do tegumento para expor o tecido parenquimatoso subjacente (BAHRY et. al., 2015).

Esse descolamento que acontece entre as camadas do tegumento (pal+ost descolam da par) (Figura 2), cria bolsões de ar entre as camadas que se estendem para além do local onde está o rasgo, os quais podem acumular água e produtos químicos (no tratamento de sementes, TS) (Figura 4A), provocando uma maior deterioração nesses pontos, facilmente verificado no teste de tetrazólio e germinação (Figura 4B e 4C).

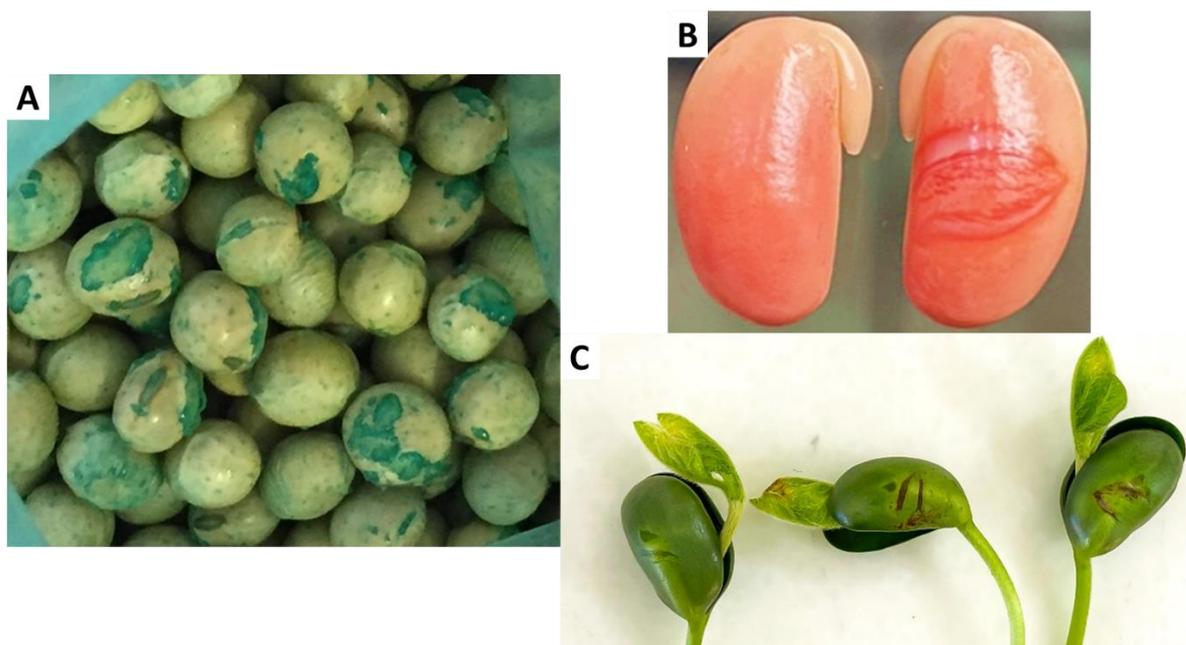


Figura 4. Acúmulo de produto químico na região do rasgo no tegumento (A) e deterioração no local do rasgo visualizada pelo teste de tetrazólio (B) e germinação (C).

Burchett et al. (1985), concluíram em seus estudos, realizados a mais de 30 anos, que os lotes de sementes que apresentavam rachaduras no tegumento, geralmente mostravam níveis mais baixos de germinação do que aqueles que apresentavam tegumento íntegro, considerando o rasgo no tegumento um problema agrônômico, visto que, assim como Okabe (1996), resulta na deterioração da aparência da semente, passando a não apresentar ideal proteção ao embrião e estando à mercê dos efeitos adversos do ambiente.

Trabalhos detalhados por Ma et al. (2004b) afirmam que a cutícula da camada paliçádica está relacionada à permeabilidade do tegumento, investigada então como um dos reguladores da entrada de água em embriões (QUTOB et al., 2008), por isso sementes com rasgo no tegumento deterioram mais rapidamente que sementes sem rasgo. Segundo Peske e Pereira (1983), a camada paliçádica é importante para

absorção de água pela semente, pois, dependendo da sua constituição química, arranjo e substâncias intercelulares, a semente pode embeber água ou não.

Os indícios da redução na qualidade de sementes de soja com rasgo no tegumento estão cada vez mais em evidência ao longo dos anos, levando pesquisadores aos estudos de métodos eficientes que buscam como proposta a detecção destas sementes (WANG; HUANG; WANG, 2021).

2.4 Conclusão

O rasgo no tegumento de sementes de soja é resultante dos conteúdos de fósforo (P) e cálcio (Ca), e conseqüentemente de magnésio (Mg), provenientes de metabolismos diferentes entre cultivares de uma mesma espécie.

Há variação na espessura do tegumento ao longo da semente e o rasgo ocorre preferencialmente nos locais mais espessos o qual atua como fonte de problemas secundários de permeabilidade, que podem reduzir a qualidade da semente.

3. CAPÍTULO II

Interação genótipo-ambiente para a característica de rasgo no tegumento da soja

3.1 Introdução

A soja é uma cultura amplamente cultivada no Brasil tendo as regiões Sul e Central como as líderes de produção do grão, com Mato Grosso como maior produtor brasileiro (35,885 milhões de toneladas), seguido por Rio Grande do Sul (20,787 milhões de toneladas) e Paraná (19,880 milhões de toneladas) (CONAB, 2021). De acordo com as projeções realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a produção de soja no Brasil para a safra 2029/2030 será de pelo menos 156,5 milhões de toneladas. Isso tudo dependerá da produtividade, considerada como grande desafio, além de um aumento na área semeada em torno 9,7 milhões de hectares, chegando em 2030 a 46,6 milhões de hectares, sendo a lavoura que mais deve expandir em área na próxima década, esse aumento deve ocorrer sobre áreas de pastagens, não comprometendo as florestas (MAPA, 2020).

O atendimento de todas essas projeções e expectativas quanto ao aumento na produção de soja estará sempre diretamente associado, principalmente, ao uso de sementes de alta qualidade e cultivares adaptadas as mais diversas regiões produtoras da cultura (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018), características essas que estão intrinsecamente ligadas, pois além de carregar toda a carga genética da cultivar, a qualidade fisiológica das sementes utilizadas está associada como um dos principais fatores limitantes para obtenção de altos rendimentos de grãos (CARVALHO; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2014). Portanto, a qualidade das sementes é de grande importância, pois afeta o retorno do capital investido e o potencial de rendimento para a próxima safra, conferindo, além da genética, atributos de qualidade física, fisiológica e sanitária a quem as utiliza corretamente, garantindo um desempenho agrônomo não encontrado com a utilização de sementes com baixa qualidade.

A semente de soja, assim como de qualquer outra espécie assim propagada, é vista pela sua composição e capacidade de gerar uma nova planta, sendo neste caso quase que exclusivamente composta pelo embrião, formado pelos cotilédones (tecido de reserva) ligados através do eixo-embrionário (plúmula, hipocótilo e radícula) e protegido por um tegumento delgado (ZORATO, 2018). A integridade das estruturas

que compõem essa semente é um dos principais fatores responsáveis pela preservação da qualidade da mesma e consequente viabilidade do embrião.

Tratando-se mais especificamente do tegumento, que nada mais é do que a barreira física existente entre o embrião, bastante frágil, e o meio externo, este tem como responsabilidade proteger o embrião de impactos e danos mecânicos, de ataques de insetos e patógenos, assim como controlar a velocidade de absorção de água pela semente, que mantendo seu tegumento íntegro, garante um baixo grau de deterioração e contaminação no seu interior se comparada com sementes danificadas (HESSELTINE; ROGERS; BOTHAST, 1978). O tegumento atua também nas modulações de trocas gasosas, entre a parte interna e externa da semente e, pelo controle de hidratação, na germinação, interferindo nos mecanismos de controle metabólico do desenvolvimento e da dormência (MARCOS-FILHO, 2015).

Fatores externos como oscilações de temperatura, umidade relativa do ar, chuvas e orvalhos podem causar flutuações no conteúdo de água dessas sementes, que podem produzir tensões mecânicas dentro do núcleo (BEWLEY; BLACK; HALMER, 2006), o que alguns estudos têm relacionado ao surgimento de rasgos no tegumento, e que afeta as camadas mais externas do tegumento, diminuindo drasticamente a sua espessura.

Inicialmente esse rasgo foi definido como o rápido crescimento do cotilédone não correspondido pela expansão do tegumento, resultando em rachaduras que afetam a qualidade das sementes (AGRAWAL e MENON, 1974). Em sementes de soja, é indicado como um defeito fisiológico, onde a ruptura pode ser explicada pela rachadura no revestimento dorsal, provocada pela rápida turgidez das células em função do excesso de água (QUTOB et al., 2008; SENDA et al., 2018). Ainda assim, o rasgo não é considerado como um surgimento da umidade, e sim um agregado dela, variando de acordo com as condições ambientais e com o histórico genético da cultivar (BURCHETT et al., 1985; OKABE, 1996).

Portanto, sabendo-se que o rasgo afeta a germinação e o vigor das sementes (BURCHETT et al., 1985; THOMISON; KULIK; MORRIS, 1989), a produção e manutenção das mesmas com tegumentos íntegros são de suma importância, pois é ele quem protege o embrião e determina a qualidade final de uma semente de soja. Neste contexto, está inserida a preocupação com a elevada incidência de rasgos no tegumento de sementes de soja nos últimos anos, rasgo este que provavelmente é

desencadeado por condições ambientais em cultivares predispostas geneticamente, e que ainda não foram profundamente elucidados quanto as causas de seu aparecimento e as consequências que apresenta sobre a qualidade das sementes. Assim sendo, com o presente estudo o objetivo foi buscar analisar as decorrências de rasgo no tegumento de sementes de soja a partir do uso de determinados genótipos em diferentes ambientes, visto que, um mesmo genótipo pode apresentar rasgo no tegumento quando produzidos em um ambiente e em outro não, sendo uma consequência fenotípica, a partir da interação entre genótipo e ambiente.

3.2 Material e Métodos

- Caracterização da semente e dos locais de produção

Para a realização deste estudo foram utilizados três lotes de sementes de soja com 100% de rasgo no tegumento (assegurado por meio da classificação manual), selecionados a partir de cultivares pré-dispostas a esta condição (Tabela 1).

Tabela 1. Detalhamento das cultivares utilizadas neste estudo.

Cultivar	Origem	PMS (g)	G (%)	Grupo de maturação	Hábito de crescimento
M 7110 IPRO	MT	227,4	90	6.8	Indeterminado
NS 7209 IPRO	RS	169,6	88	7.2	Indeterminado
8473 RSF	GO	214,5	90	7.4	Indeterminado

GO=Goiás; RS=Rio Grande do Sul; MT=Mato Grosso.

Devido a ampla variação de latitude entre os locais empregados neste estudo, optou-se por utilizar cultivares de grupo de maturação em torno de 7, o qual situa-se numa posição intermediária entre os grupos trabalhados no Brasil (entre 5 e 10).

Amostras de sementes de cada uma destas cultivares foram enviadas para semeadura em campo nas cidades de Correntina-BA, Pedra Preta-MT, Foz do Iguaçu-PR, Alegria-RS e Cachoeira do Sul-RS, com o intuito de englobar grandes regiões produtoras de soja, e assim, encontrar as possíveis variáveis ambientais que mais influenciam no aparecimento de rasgo no tegumento. Foram utilizados os mesmos lotes nos diferentes locais, para isolar o efeito epigenético possibilitando avaliar apenas a variável ambiente, visto que as respostas fenotípicas são decorrentes da interação entre o genótipo e o ambiente.

Para cada local, onde os experimentos foram instalados, registraram-se as informações de data de semeadura e colheita, coordenadas geográficas (latitude e longitude), altitude (Tabela 2), análise de solo (Tabela 3), precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas registradas (Figura 1).

Os tratos culturais seguiram o padrão utilizado em cada propriedade, sendo realizados conforme a necessidade de cada local.

Tabela 2. Data de semeadura e colheita, tamanho do ciclo da cultura e informações geográficas dos diferentes locais utilizados no experimento.

Local	Data de semeadura	Data de colheita	Ciclo (dias)	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (m)
BA	19/11/2019	26/03/2020	129	13°19'53"	45°59'05"	883
MT 1	15/10/2019	15/02/2021	124	16°49'09"	54°04'23"	730
MT 2	01/11/2019	26/02/2021	118	16°49'09"	54°04'23"	730
PR	03/11/2019	09/03/2020 (M7110IPRO)	128	25°39'02"	54°39'02"	234
		17/03/2020 (outras)	136			
RS A	03/11/2019	13/03/2020 (M7110IPRO)	132	27°48'29"	54°01'38"	383
		24/03/2020 (outras)	143			
RS C	02/12/2019	12/04/2020	133	30°13'25"	52°56'32"	48

BA: Correntina; MT 1: Pedra Preta 1ª época; MT 2: Pedra Preta 2ª época; PR: Foz do Iguaçu; RS A: Alegria; RS C; Cachoeira do Sul.

O experimento foi conduzido em duas épocas em Pedra Preta-MT, pois a primeira época sofreu a ocorrência de estiagem (baixa precipitação pluvial) no estabelecimento das parcelas o que poderia comprometer o experimento, optando-se por realizar nova semeadura por segurança quando não verificada ocorrência de estiagem após a instalação da segunda época (Figura 1).

O local utilizado para a instalação das parcelas no município de Cachoeira do Sul-RS, se caracteriza como uma região de várzea, onde o solo satura e seca rapidamente. Neste local não houve a ocorrência de precipitação pluvial suficiente para atender a demanda por evapotranspiração da cultura, logo foram realizadas quatro irrigações por inundação ao longo do ciclo (Figura 1).

Tabela 3. Análise de solo referente à área experimental de Correntina (BA), Pedra Preta (MT), Foz do Iguaçu (PR), Alegria (RS A) e Cachoeira do Sul (RS C).

Local	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	Índice SMP	Ca+Mg	cmolc/dm ₃				mg/dm ₃		
					Ca	Mg	Al	H+Al	K ₁	K	P
BA	-	5,37	-	2,3	1,9	0,4	0,1	1,7	0,2	61,7	16,3
MT	5,30	-	5,7	4,5	3,0	1,5	0,1	6,2	0,3	115,0	27,0
PR	5,95	-	-	9,1	6,9	2,2	0,0	-	0,4	-	21,7
RS A	6,00	-	6,1	14,3	11,7	2,6	0,0	3,8	-	154,0	12,7
RS C	6,30	-	6,1	11,4	5,5	5,9	0,1	3,8	0,2	93,0	9,3

Local	mg/dm ₃					g/dm ₃		%			
	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	CO	Argila	Silte	Areia
BA	15,5	0,1	1,6	35,3	4,3	1,5	11,4	6,6	27,0	2,5	70,5
MT	21,0	0,4	1,2	-	3,0	8,3	3,0	-	47,0	-	-
PR	4,2	0,4	7,3	35,6	81,2	4,9	2,7	-	71,3	22,1	6,6
RS A	12,2	0,6	13,4	-	26,0	4,0	3,2	-	59,0	-	-
RS C	-	-	-	-	-	-	2,1	-	27,0	-	-

Local	cmolc/dm ₃								%		
	CTC efet	Sat. Bases	Sat. Al	Sat. K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC	Ca/Mg	Ca/K ₁	Mg/K ₁
BA	4,2	56,3	4,9	-	44,1	8,3	3,9	43,7	4,8	9,5	2
MT	10,9	44,0	-	2,7	-	-	-	0,6	2,0	10,0	5,0
PR	14,7	65,3	-	-	-	-	-	-	3,1	17,3	5,5
RS A	14,6	79,0	0,0	-	-	-	-	-	4,5	-	-
RS C	11,6	75,5	0,5	1,6	-	-	-	-	0,9	27,5	29,5

- = não analisado.

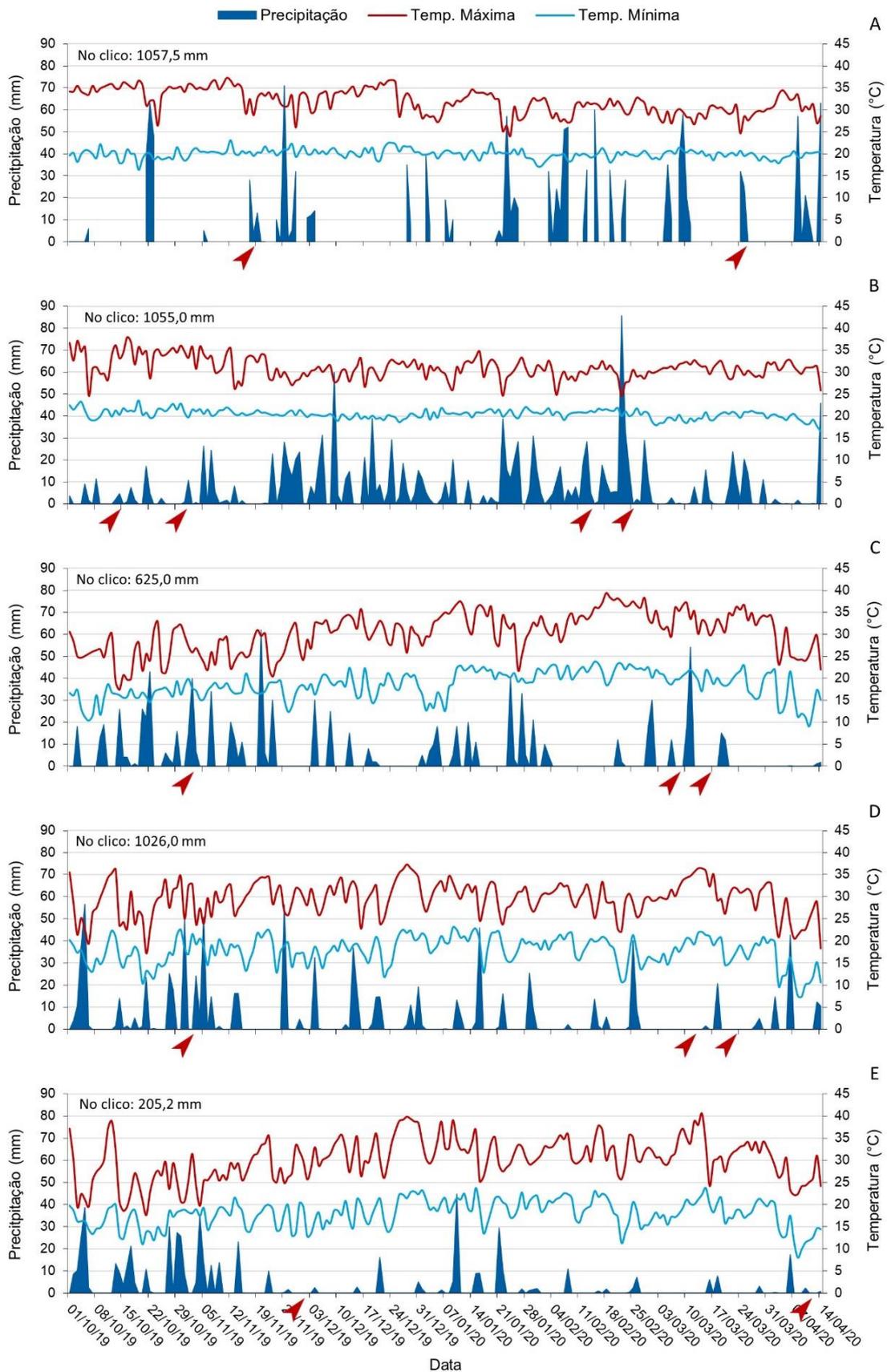


Figura 1. Precipitação (mm), temperaturas máximas e mínimas (°C) registradas ao longo dos dias de ciclo da cultura em Correntina-BA (A), Pedra Preta-MT (B), Foz do Iguaçu-PR (C), Alegria-RS (D) e Cachoeira do Sul-RS (E). Setas indicam as datas de semeadura e colheita.

- *Variáveis analisadas*

Nos locais de experimentação foram realizadas as seguintes avaliações:

- População: foi contado o número de plantas em dois metros de distância em cada parcela (três repetições por cultivar), nas linhas centrais para não haver efeito de bordadura.

Dez plantas das linhas centrais de cada parcela, ou seja, 30 plantas por cultivar, foram colhidas manualmente no estágio R8 e avaliadas quanto a:

- Altura da planta: medição utilizando fita métrica para verificar a altura de cada planta colhida por parcela, a medir-se a partir da superfície do solo até o ápice da planta.

- Diâmetro do colmo: na altura da barra de corte, com auxílio de paquímetro, foi medida em centímetros o diâmetro do colmo de cada planta.

- Número de nós: contagem, da base até a ponta da haste principal, do número de nós reprodutivos em cada planta colhida por parcela.

- Número de ramos reprodutivos: contagem, a partir da haste principal, do número de ramos reprodutivos das plantas colhidas.

As vagens de cada planta foram destacadas e colocadas em sacos de papel, devidamente identificados com o nome da cultivar, repetição e número da planta, e enviadas para o Laboratório de Análise de Sementes (LAS), do Departamento de Fitotecnia, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas - FAEM/UFPel, Campus Capão do Leão/RS, onde foram procedidas as seguintes contagens: número de vagens por planta, vagens com 0 (zero), 1, 2, 3 e 4 grãos, grãos por planta, grãos por vagem, PMS (BRASIL, 2009), produtividade, além de:

- Retenção em peneiras: todas as sementes da unidade experimental foram pesadas, para saber o peso inicial da amostra, e primeiramente foram passadas pela peneira oblonga 4x22 mm, para verificar a porcentagem de descarte das sementes com menor espessura (baixo enchimento do grão). Posteriormente as sementes passaram no jogo de peneiras redondas, na seguinte sequência: 8,0, 7,5, 7,0, 6,5, 6,0, 5,5 e 5,0 mm, e verificou-se a porcentagem de sementes retidas em cada uma das peneiras. Sementes com largura menor de 5,0 mm foram contabilizadas como descarte.

- Porcentagem de sementes com rasgo: foi verificada visualmente, avaliando-se todas as sementes colhidas da unidade experimental.

- Delineamento experimental

Os experimentos nos diferentes locais foram instalados em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada bloco foi constituído por cinco linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,5m entre linhas, para cada cultivar, totalizando doze parcelas em cada local. Em Pedra Preta foram instaladas 24 parcelas, 12 na primeira época e 12 na segunda.

Os dados, atendendo aos pressupostos, foram submetidos à análise de variância e constatando-se significância estatística, as médias foram submetidas ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), com o auxílio do software R (R Core Team, 2014).

3.3 Resultados e Discussão

A análise da variável população apresentou significância para as três cultivares avaliadas (Apêndice A). O experimento realizado em Cachoeira do Sul (RS C) apresentou o menor número de plantas por metro linear para as três cultivares. Na cultivar 8473 RSF e NS 7209 IPRO, Pedra Preta em sua segunda época de semeadura (MT 2) apresentou a maior população de plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Número médio de plantas por metro linear nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	População (plantas/m)					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	10,2	DE ^{1/}	9,3	CD	10,2	B
MT 1	13,0	B	10,5	BC	12,0	A
MT 2	15,0	A	13,0	A	12,0	A
PR	11,7	C	11,0	B	11,3	AB
RS A	10,4	CD	9,8	BCD	9,9	B
RS C	9,0	E	9,1	D	6,5	C

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Em Cachoeira do Sul (RS C) foi realizada a semeadura mais tardia de todos os locais, em 02 de dezembro de 2019, que coincidiu com baixas precipitações pluviais,

o que acarretou no estabelecimento de um menor número de plantas. Em Correntina (BA), que também apresentou umas das menores populações, foi realizada a semeadura em 19 de novembro de 2019, quando ocorreram precipitações entre 60 e 70mm nos sete dias que sucederam a semeadura (Figura 1), chegando à um acúmulo de quase 100mm sobre as sementes recém semeadas e com 100% de rasgo, o que provavelmente afetou a qualidade de germinação neste local, visto que, o excesso de umidade e encharcamento do solo prejudicam a germinação e a emergência uniforme de plântulas (GARCIA e GOULART, 2015).

Em relação à altura média das plantas, todas as cultivares apresentaram significância (Apêndice A). As maiores alturas de plantas foram observadas em Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A), que diferiram dos demais locais, com praticamente o dobro da altura de plantas (Tabela 5). A altura da planta pode ser influenciada, entre outros fatores, pela época de semeadura e resposta fotoperiódica da cultivar (ROCHA et al., 2012). Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A) representam os locais com as altitudes mais baixas, juntamente com Cachoeira do Sul (RS C), assim como as posições geográficas mais próximas, diferindo-se quanto à época de semeadura, que em Cachoeira do Sul (RS C) ocorreu 29 dias após Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A) (Tabela 2).

Tabela 5. Altura média das plantas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Altura (cm)					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	64,1	CD <u>1</u>	70,1	C <u>1</u>	61,5	C <u>1</u>
MT 1	71,0	C	70,3	C	65,1	C
MT 2	71,2	C	68,6	CD	64,8	C
PR	115,3	B	134,4	B	127,9	A
RS A	125,5	A	143,8	A	114,7	B
RS C	61,2	D	61,7	D	63,1	C

1Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Nos locais, de latitudes mais altas, o ciclo das cultivares se alonga em relação aos demais, ou seja, a cultura leva um maior número de dias para chegar à maturidade, é muito influenciado pela temperatura e fotoperíodo, principalmente sobre

o crescimento vegetativo (ALLIPRANDINI et al., 2009), o que pode ter elevado a altura das plantas destes locais. Esse alongamento do ciclo em resposta a maior latitude se deve ao fato da soja ser uma planta de dia curto (PDC), a qual é induzida ao florescimento sob noites longas, como na região sul os dias são mais longos que no cerrado (na época de cultivo da soja), essa tende a aumentar o período vegetativo. Devido a esse fator, todas as cultivares de soja são classificadas quanto ao grupo de maturação, para melhor zoneamento das cultivares por região produtiva. Em Cachoeira do Sul (RS C) as plantas sofreram maior restrição hídrica, o que prejudicou o alongamento celular, provocando a formação de entre-nós curtos e conseqüentemente menor crescimento em altura, o qual foi mais evidente nas cultivares 8473 RSF e NS 7209 IPRO (Tabela 5).

Quanto à diâmetro do colmo apresentado pelas plantas das diferentes cultivares, para 8473 RSF não foi observada significância (Apêndice A). As plantas cultivadas em Cachoeira do Sul (RS C) apresentaram o maior diâmetro de colmo para as cultivares NS 7209 IPRO e M 7110 IPRO, porém não diferiu de Alegria (RS A) e Foz do Iguaçu (PR) (Tabela 6). O diâmetro do colmo costuma ser maior em plantas isoladas ou sob baixa população de plantas, como a situação encontrada em Cachoeira do Sul (RS C) (Tabela 4).

Tabela 6. Diâmetro médio do colmo das plantas de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Diâmetro do colmo (cm)		
	8473 RSF	NS 7209 IPRO	M 7110 IPRO
BA	0,7 ^{NS}	0,7 B <u>1</u>	0,6 B <u>1</u>
MT 1	0,8	0,7 B	0,6 B
MT 2	0,7	0,7 B	0,6 B
PR	0,8	0,8 AB	0,7 AB
RS A	0,7	0,8 AB	0,7 AB
RS C	0,7	0,9 A	0,8 A

¹Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Para o número de nós da haste principal todas as cultivares foram significativas (Apêndice A). Em Alegria (RS A), houve maior número de nós que nos demais locais, ao ser utilizada a cultivar 8473 RSF, com uma média de 10 e 11 nós a mais que os

apresentados pelas plantas em Pedra Preta (MT), nas datas de semeadura 2 e 1, respectivamente (Tabela 10). Já para as cultivares NS 7209 IPRO e M7110IPRO o maior número de nós foi observado nas plantas cultivadas no RS (Alegria e Cachoeira), sendo que Cachoeira do Sul diferiu dos demais locais, com até 18 nós a mais, na cultivar NS 7209 IPRO em comparação a Pedra Preta em sua segunda data de semeadura (MT 2) (Tabela 7). Na cultivar M 7110 IPRO, Cachoeira do Sul (RS C) apresentou praticamente o dobro de nós que as plantas de Correntina (BA), Pedra Preta (MT 1 e 2) e Foz do Iguaçu (PR) (Tabela 7).

Tabela 7. Número médio de nós da haste principal das plantas de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Número de nós		
	8473 RSF	NS 7209 IPRO	M 7110 IPRO
BA	17 B ^{1/}	17 C ^{1/}	15 C ^{1/}
MT 1	13 C	14 C	15 C
MT 2	14 C	13 C	14 C
PR	17 B	16 C	15 C
RS A	24 A	24 B	21 B
RS C	18 B	31 A	30 A

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Segundo Zanon et al. (2018), o número final de nós em uma planta é um dos indicativos da duração do ciclo, visto que uma maior duração da fase vegetativa, corresponde à um maior número final de nós, o que, de fato, corrobora com os dados encontrados, visto que Alegria (RS A) e Cachoeira do Sul (RS C) estão entre os locais onde o ciclo das cultivares esteve entre os mais longos. Plantas com maior número de nós associado a boa disponibilidade hídrica na fase de crescimento apresentam maior altura de plantas, no entanto em casos de déficit hídrico o alongamento celular é prejudicado, resultado em plantas com entre-nós mais curtos e consequentemente de menor estatura, como pode ser observado nas plantas cultivadas em Cachoeira do Sul (RS C), que mesmo apresentando alto número de nós não refletiu em maior altura de plantas (Tabela 5). A emissão de um nó é dita como diretamente associada com a temperatura do ar e o fotoperíodo, com influência sobre a obtenção de um índice de área foliar crítico e a duração do ciclo até atingir R1 (STRECK et al., 2008).

Assim como na variável anterior, houve variação quanto ao número médio de ramos reprodutivos para todas as cultivares (Apêndice A). Na cv. 8473 RSF diferiram apenas Cachoeira do Sul (RS C) e Correntina (BA) com os maiores números (Tabela 8). Nas cultivares NS 7209 IPRO e M 7110 IPRO, o local que apresentou o menor número de ramos reprodutivos foi Pedra Preta (MT 1 e 2) em suas duas datas de semeadura, e o maior número foi apresentado por Correntina (BA) e Cachoeira do Sul (RS C) (Tabela 8). O número de ramos desenvolvido a partir da haste principal aumenta com espaçamentos entre linhas mais largos e com densidades de plantas mais baixas, o que é possível observar em Correntina (BA) e Cachoeira do Sul (RS C), que esteve associado à populações de plantas mais baixas nas diferentes cultivares (Tabela 4), e apresentou números elevados de ramos. Essa variável também tem relação com a nutrição mineral, disponibilidade de água, temperatura e radiação solar, fatores que provavelmente contribuíram para o destaque destes dois locais.

Tabela 8. Número médio de ramos reprodutivos das plantas de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Número de ramos					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	4,1	B <u>1</u>	5,2	A <u>1</u>	3,3	AB <u>1</u>
MT 1	1,8	C	1,9	D	1,9	C
MT 2	1,8	C	1,8	D	2,1	C
PR	1,8	C	4,0	BC	2,7	BC
RS A	0,8	C	3,7	C	2,2	BC
RS C	5,7	A	4,8	AB	3,9	A

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

O número de vagens por planta também foi uma variável significativa para todas as cultivares (Apêndice B). Na cultivar M 7110 IPRO apenas Cachoeira do Sul (RS C) diferiu dos demais locais, com até 45 vagens por planta a mais que Foz do Iguaçu (PR) (Tabela 9). Na 8473 RSF o maior número de vagens também foi apresentado por Cachoeira do Sul (RS C), que nesta cultivar não diferiu de Correntina (BA) e Foz do Iguaçu (PR) (Tabela 9). A cultivar NS 7209 IPRO, por sua vez, apresentou em Correntina (BA) seu maior número de vagens por planta, diferindo dos

demais locais (Tabela 9). Para alguns locais e dependendo da cultivar, é possível observar relação entre as variáveis número de ramos (Tabela 8) e número de vagens, onde locais que apresentaram altos valores para número de ramos, refletiram em maiores valores para número de vagens, isso porque cada ramo emitido pela planta também irá desenvolver folhas trifolioladas, nós, axilas, gemas axilares, flores e vagens, da mesma forma que a haste principal (RITCHIE et al., 1997), logo, a tendência é quanto mais ramos, mais vagens.

Tabela 9. Número médio de vagens das plantas de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Número de vagens					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	69,9	AB ^{1/}	68,8	A ^{1/}	54,2	B ^{1/}
MT 1	53,8	CD	55,1	B	51,9	B
MT 2	45,6	D	46,2	CD	47,3	B
PR	63,7	ABC	41,8	D	44,6	B
RS A	60,3	BC	52,4	BC	47,1	B
RS C	71,3	A	44,1	D	89,6	A

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Considerando as variáveis vagens com 0 (zero), 1, 2, 3 e 4 grãos houve efeito significativo para todas as cultivares (Apêndice B). Na cultivar 8473 RSF, Foz do Iguaçu (PR) apresentou mais vagens com 0 e 1 grão que os demais locais, conseqüentemente foi o local que apresentou menos vagens com 3 e 4 grãos, assim como para Alegria (RS A). O local que apresentou mais vagens com 3 grãos foi Correntina (BA), enquanto o maior número de vagens com 4 grãos, foi observado em Cachoeira do Sul (RS C), mas este não diferiu de Correntina (BA) (Tabela 10).

A NS 7209 IPRO, apresentou nos locais Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A), mais vagens com 0 e 1 grão que nos demais locais, diferentemente das vagens com 2 e 3 grãos, que apresentaram os maiores números em Correntina (BA) (Tabela 10). Nessa cultivar não foram observadas vagens de 4 grãos em Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A). Na cultivar M 7110 IPRO, Alegria (RS A) apresentou o maior número de vagens com 1 grão, Cachoeira do Sul (RS C) com 2 e 3 grãos, e Pedra Preta em

sua primeira época de semeadura (MT 1) apresentou mais vagens com 4 grãos (Tabela 10).

Tabela 10. Média de vagens com 0 (zero), 1, 2, 3 e 4 grãos das plantas de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	8473 RSF				
	0 grãos	1 grão	2 grãos	3 grãos	4 grãos
BA	0,1 C <u>1</u>	4,7 D <u>1</u>	22,6 ABC <u>1</u>	39,3 A <u>1</u>	3,2 AB <u>1</u>
MT 1	0,2 C	3,7 D	20,2 BC	26,9 BC	2,8 B
MT 2	0,1 C	3,4 D	16,1 C	23,0 CD	2,9 B
PR	2,6 A	15,8 A	25,9 AB	18,5 D	1,0 C
RS A	1,2 B	11,4 B	24,6 AB	21,5 CD	1,2 C
RS C	1,2 B	7,3 C	27,4 A	31,5 B	3,9 A

Local	NS 7209 IPRO				
	0 grãos	1 grão	2 grãos	3 grãos	4 grãos
BA	0,1 BC <u>1</u>	5,2 B <u>1</u>	33,8 A <u>1</u>	29,5 A <u>1</u>	0,2 A <u>1</u>
MT 1	0,2 BC	4,4 B	26,2 BC	24,0 AB	0,2 A
MT 2	0,0 B	3,6 B	23,6 BC	18,8 BC	0,2 AB
PR	0,9 AB	11,8 A	20,2 C	8,9 E	0,0 B
RS A	1,6 A	12,4 A	28,1 AB	10,4 DE	0,0 B
RS C	0,6 BC	4,3 B	22,3 BC	16,7 CD	0,1 AB

Local	M 7110 IPRO				
	0 grãos	1 grão	2 grãos	3 grãos	4 grãos
BA	0,3 A <u>1</u>	3,4 B <u>1</u>	17,0 AB <u>1</u>	32,7 B <u>1</u>	0,8 C <u>1</u>
MT 1	0,1 A	2,2 C	15,9 AB	31,3 B	2,4 A
MT 2	0,1 A	2,0 C	15,2 B	28,4 B	1,7 B
PR	0,4 A	3,5 B	15,7 AB	24,6 B	0,4 CD
RS A	0,5 A	5,4 A	19,4 AB	21,7 B	0,1 D
RS C	0,5 A	3,0 BC	24,2 A	60,0 A	1,9 AB

¹/₁Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

O número de grãos por plantas foi significativo para todas as cultivares (Apêndice C). Para NS 7209 IPRO e 8473 RSF o local que apresentou o maior número de grãos por planta foi Correntina (BA), que não diferiu, nesta última cultivar, de Cachoeira do Sul (RS C), que, por sua vez, foi o local de maior produção de grãos por planta na cultivar M 7110 IPRO, diferindo dos demais locais (Tabela 11). Foz do Iguaçu (PR) foi o local que a cultivar NS 7209 IPRO apresentou o menor número de grãos por planta, menos da metade do que foi produzido no local mais produtivo (Tabela 11). Já a cultivar 8473 RSF obteve seu menor número de grãos por planta em

Pedra Preta (MT 2), Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A), que não diferiram de Pedra Preta (MT 1) (Tabela 11). Essa variável tem relação direta com as anteriores, pois locais que apresentaram um elevado número de vagens com 2, 3 e até 4 grãos, foram locais com um número maior de grãos por plantas nas diferentes cultivares, assim como refletem os locais com maior número de vagens.

Tabela 11. Número médio de grãos por planta de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Grãos/planta					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	180,5	A ^{1/}	162,1	A ^{1/}	138,8	B ^{1/}
MT 1	135,9	BC	129,7	B	137,4	B
MT 2	116,3	C	107,9	C	124,2	B
PR	126,9	C	79,0	D	110,5	B
RS A	130,0	C	99,6	C	109,6	B
RS C	172,3	AB	99,6	C	239,0	A

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Quanto ao número médio de grãos por vagem houve significância para todas as cultivares trabalhadas (Apêndice C). As cultivares 8473 RSF e NS 7209 IPRO, Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A) obtiveram uma média entre 1,89 e 2,15 grãos por vagem, enquanto os demais locais foram superiores a esse número (Tabela 12). Não muito distante, na cultivar M 7110 IPRO esses mesmos locais também apresentaram os menores números de grãos por vagem, porém nesta, Foz do Iguaçu (PR) não diferiu de Correntina (BA) (Tabela 12).

Segundo Board (2000), o número de grãos por vagem é uma característica intrínseca da planta, não afetada por práticas de manejo. Alguns trabalhos revelam uma relação com a época de semeadura, onde houve um aumento nos valores desta variável-resposta à medida que se atrasou a semeadura (CARMO et al., 2018), o que corrobora, em parte, com os resultados encontrados, visto que os locais com menores valores de grãos por vagem, Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A), foram semeados mais precocemente, só não mais que em Pedra Preta (MT 1 e 2), onde provavelmente algum outro fator ambiental compensou satisfatoriamente a produção de grãos por vagem.

Tabela 12. Número médio de grãos por vagem de soja nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Grãos/vagem					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	2,58	A ¹	2,36	A ¹	2,57	AB ¹
MT 1	2,57	A	2,36	A	2,64	A
MT 2	2,53	A	2,34	A	2,61	A
PR	1,96	C	1,89	C	2,47	B
RS A	2,15	B	1,90	C	2,31	C
RS C	2,45	A	2,23	B	2,66	A

¹Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

O PMS das sementes produzidas nos diferentes locais foi significativo para todas cultivares (Apêndice C). Na 8473 RSF, Correntina (BA) obteve um maior PMS que os outros locais, seguido por Pedra Preta (MT 1 e 2), e pelos demais locais que não diferiram entre si (Tabela 13). A cultivar NS 7209 IPRO também obteve seu maior PMS em Correntina (BA), que não diferiu de Pedra Preta (MT 2) em sua segunda semeadura, enquanto o menor PMS foi obtido em Cachoeira do Sul (RS C) (Tabela 13). Utilizando a cultivar M 7110 IPRO, o local com maior PMS foi Pedra Preta (MT 1 e 2) e o menor PMS foi encontrado em Alegria (RS A), a qual não diferiu de Cachoeira do Sul (RS C) e Foz do Iguaçu (PR). Os menores PMS foram encontrados nas regiões de maior latitude, PR, RS A e RS C, nas 3 cultivares estudadas (Tabela 13). O fator PMS compõe uma característica genética, porém, sob condições estressantes de temperatura alta e/ou deficiência hídrica reduzem este componente de rendimento, onde pode haver compensação ou não. Neste caso, as variações observadas, conforme o local de produção, provavelmente foram devido a relação existente entre esses fatores de estresse e a fase de enchimento de grãos da cultura. Se considerar o volume de chuvas ocorrido em cada local durante o ciclo da cultura, em Correntina (BA) ocorreu uma média de 8 mm por dia, o mesmo que em Pedra Preta (MT 1 e 2), já em Foz do Iguaçu (PR) foi de 4,5 mm, em Alegria (RS A) 4 mm e Cachoeira do Sul (RS C) 1,5 mm/dia, lembrando que neste último local quatro irrigações por inundação foram realizadas, que provavelmente nesta fase foi mais benéfica à cultivar M 7110 IPRO. Uma menor disponibilidade de água para as plantas reduz as taxas

fotossintéticas, e como consequência diminui o acúmulo de fotoassimilados nos grãos, o que impacta negativamente na produtividade (HEIFFIG et al., 2006).

Tabela 13. Peso de mil sementes (PMS) das sementes de soja produzidas nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	PMS (g)					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	190,2	A <u>1</u>	212,1	A <u>1</u>	150,0	B <u>1</u>
MT 1	169,4	B	198,2	B	168,0	A
MT 2	165,6	B	203,4	AB	169,7	A
PR	132,6	C	162,3	C	140,7	BC
RS A	137,2	C	155,8	C	132,5	C
RS C	133,9	C	141,1	D	146,5	BC

1Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Diretamente relacionado com o PMS, tem-se o tamanho da semente, e no teste de retenção em peneiras pode-se observar que os locais que apresentaram o menor PMS (PR, RS A e RS C) também apresentaram a menor Diâmetro das sementes, com maior descarte na peneira oblonga de 4 mm x 22 mm para todas as cultivares avaliadas (Figura 2A, 2C e 2E). O diâmetro das sementes também é menor em sementes com menor PMS, por isso elas acabam ficando retidas em peneiras de menor diâmetro, fator observado principalmente na cultivar 8473 RSF nas sementes produzidas no RS (RS A e RS C) (Figura 2F).

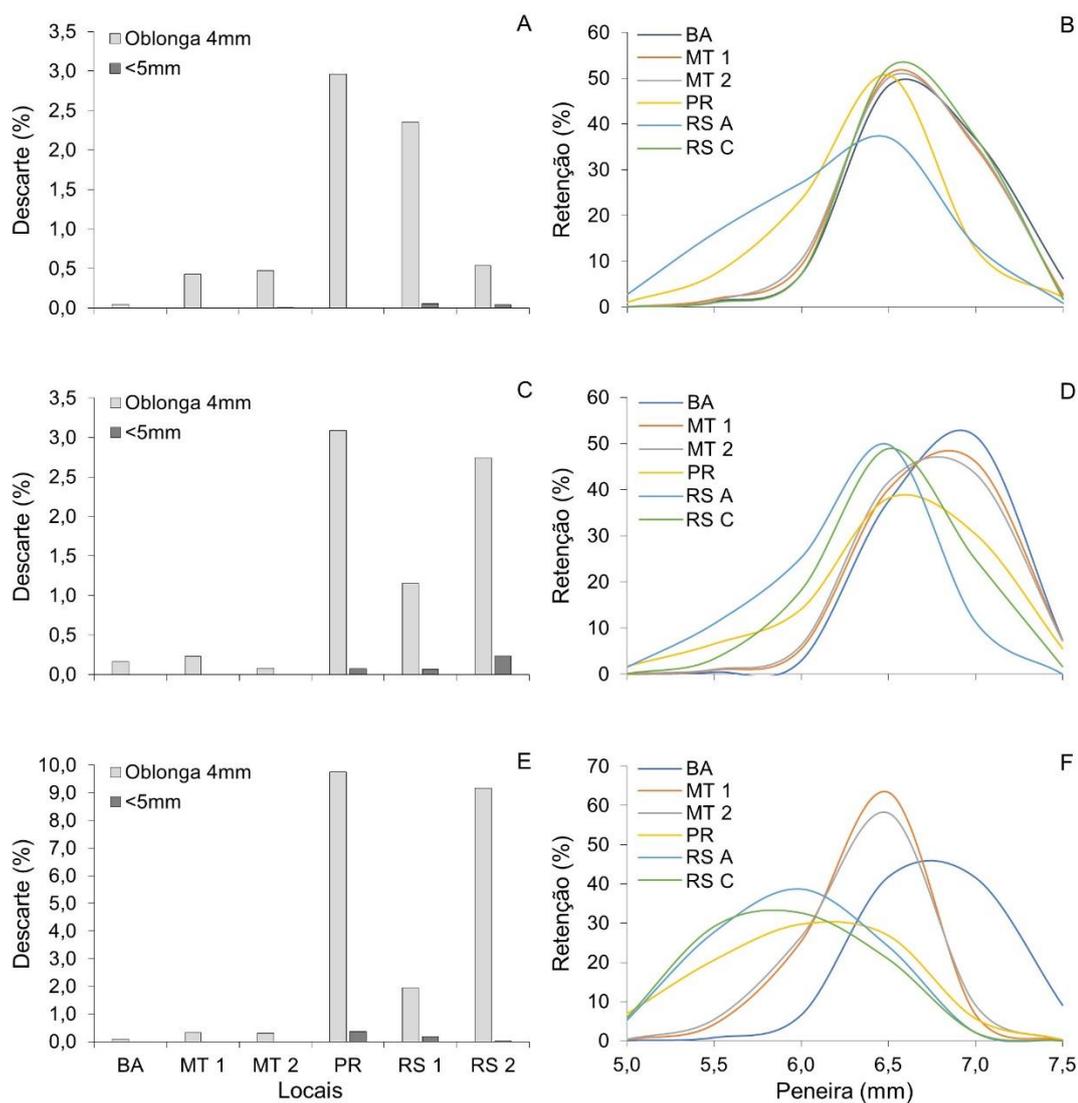


Figura 2. Dados de retenção em peneiras das sementes de soja produzidas nos diferentes locais de semeadura, para as cultivares M 7110 IPRO (A e B), NS 7209 IPRO (C e D) e 8473 RSF (E e F).

Para a variável produtividade, todas as cultivares foram significativas (Apêndice C). Na cultivar 8473 IPRO, Correntina (BA) foi o local de maior produtividade desta cultivar, pois além de apresentar alto número de grãos por planta, também obteve um maior PMS (Tabela 14). Neste caso, e para esta cultivar, os componentes de rendimento grãos por vagem (ou planta) e tamanho do grão, que são definidos geneticamente e variáveis conforme ambiente, variaram suficientemente em cada condição para proporcionar o aumento considerável de rendimento em cada local. A cultivar NS 7209 IPRO apresentou maior produtividade em Correntina (BA) e assim como a cultivar anterior, Foz do Iguaçu (PR), Alegria (RS A) e Cachoeira do Sul (RS C) obtiveram as menores produtividades, locais estes (PR e RS A) que também

apresentaram um menor PMS, menor número de grãos por vagem e por planta, em contrapartida, foram locais com plantas mais altas, e com um número razoável de nós e ramos, o que indica um maior gasto de energia da planta com partes vegetativas (Tabela 14). De acordo com Ritchie et al. (1997), as perdas de produção ocorridas no período de R4.5 (formação das últimas vagens) a aproximadamente R5.5, devem-se principalmente à redução no número total de vagens por planta, que pode ou não ser compensado pelo número de grãos por vagem ou tamanho de grão, o que não ocorreu em Foz do Iguaçu (PR) e Alegria (RS A). A cultivar M 7110 IPRO apresentou resposta um pouco diferente das demais, com maior produtividade encontrada nas plantas cultivadas no MT em ambos os períodos de cultivo (MT 1 e MT 2), porém não diferiu significativamente de Cachoeira do Sul (RS C). Diferentemente de Alegria (RS A), que apesar de ser um local do mesmo Estado, apresentou baixa produtividade, já proveniente de um baixo PMS, um baixo número de grãos por vagem e por planta, poucas vagens por planta, apesar de um maior número de nós e ramos que alguns locais, provável pelas baixas precipitações no período de florescimento, o que não levou o alto número de nós e ramos reprodutivos refletirem em produção de vagens (Tabela 14).

Tabela 14. Produtividade das plantas de soja (kg ha^{-1}) nos diferentes locais de semeadura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Produtividade (kg ha^{-1})					
	8473 RSF		NS 7209 IPRO		M 7110 IPRO	
BA	6960,0	A ^{1/}	6434,3	A ^{1/}	4231,8	BC ^{1/}
MT 1	5991,1	B	5397,3	B	5526,8	A
MT 2	5776,1	B	5708,0	B	5057,4	A
PR	3903,2	C	2813,0	C	3508,5	CD
RS A	3758,7	C	3031,0	C	2845,2	D
RS C	4125,0	C	2579,3	C	4692,5	AB

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Finalmente, a variável porcentagem de rasgo nas sementes descendentes daquelas com 100% de rasgo, foi significativa para todas as cultivares (Apêndice C). Correntina (BA) foi o local com maior percentual de sementes com rasgos nas sementes colhidas para todas as cultivares avaliadas, acima de 80%, e cerca de 75,5

pontos percentuais (pp) a mais em comparação com aquelas produzidas em Alegria (RS A) na cultivar 8473 RSF, e 82,7 e 80,8 pp mais que Cachoeira do Sul (RS C) nas cultivares NS 7209 IPRO e M 7110 IPRO, respectivamente, sendo estes locais, ambos do RS, os locais com as menores porcentagens de rasgo, não diferindo de Pedra Preta segunda sementeira (MT 2), nas cultivares NS 7209 IPRO e M7110IPRO (Tabela 15). Foz do Iguaçu (PR) se destaca com a segunda maior porcentagem de rasgo, para as cultivares NS 7209 IPRO e M 7110 IPRO, as quais apresentaram esse comportamento semelhante, apesar de ser possível observar que as porcentagens de rasgo nas sementes da cultivar M 7110 IPRO foram mais elevadas (Tabela 15) (Apêndice D).

Tabela 15. Porcentagem de rasgo no tegumento das sementes de soja produzidas nos diferentes locais de sementeira. FAEM/UFPEl, Capão do Leão/RS, 2021.

Local	Rasgo (%)		
	8473 RSF	NS 7209 IPRO	M 7110 IPRO
BA	80 A ^{1/}	84 A ^{1/}	94 A ^{1/}
MT 1	16 B	8 C	23 C
MT 2	11 C	3 D	15 E
PR	14 BC	22 B	62 B
RS A	5 D	5 D	20 D
RS C	7 D	1 E	13 E

^{1/}Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os locais de produção das cultivares. ^{NS} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de sementeira), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de sementeira), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

É importante salientar que, em Correntina (BA), onde o volume de chuvas foi dos maiores observados, com uma média de 8 mm por dia, a população de plantas foi baixa, compensada pela alta ramificação, elevado número de grãos por vagem e PMS em todas as cultivares, que culminaram para uma alta produtividade neste local para as cultivares 8473 RSF e NS 7209 IPRO. Assim sendo, observando-se o comportamento das plantas de cada local aliado às condições ambientais dos mesmos, o que ocorreu em Correntina (BA) não corrobora com alguns relatos de que condições quentes e secas podem levar ao aparecimento de rasgo no tegumento das sementes (SUZUKI; TAKAHASHI; MIYAKAWA, 1979; SARUTA et al.; 2019), não referente ao calor e sim a condição de seca, que neste caso não ocorreu, e pelo contrário, Alegria (RS A) e Cachoeira do Sul (RS C), com os menores acumulados de

chuva, estão entre os locais de menores percentuais de rasgo nas sementes, não diferindo em quaisquer das cultivares de Pedra Preta (MT 2), que apresentou a mesma média de chuvas que Correntina (BA).

Analisando pelo aspecto nutricional, diversos nutrientes estão envolvidos na formação das sementes, dentre os macronutrientes, o fósforo (P) se destaca pela atuação na permeabilidade de membranas, sendo o responsável por suprir com inositol fosfato e minerais o processo de germinação, contribuindo também para o aumento da massa das sementes (MARIN et al., 2015), sendo um componente que colabora para o incremento de produtividade da cultura (MOTERLE et al., 2009), tal como observado em Correntina (BA), que incrementou fatores de produção com um PMS elevado, que pode ter sido influenciado pela disponibilidade deste nutriente no solo, associado ao menor teor de argila, que reduz a adsorção do P pelos colóides do solo (imobilização), aliado ainda à uma baixa população de plantas e menor competição intraespecífica, diferentemente de outros locais. Logo, levando em consideração as variáveis avaliadas, o maior tamanho das sementes (diâmetro) e conseqüentemente o maior PMS, parecem estar altamente relacionados a característica fenotípica da ocorrência de rasgo no tegumento das sementes.

3.4 Conclusão

A maior disponibilidade de água e nutrientes durante a formação das sementes, combinado com altas temperaturas, contribui para, além de um alto rendimento da cultura pelo aumento do PMS, uma elevada porcentagem de sementes com rasgo no tegumento.

A cultivar M 7110 IPRO apresentou maior incidência de rasgo no tegumento, considerando os diferentes ambientes, demonstrando ser mais suscetível a ocorrência desse defeito genético que as demais cultivares estudadas.

4. CAPÍTULO III

Implicações do rasgo no tegumento na qualidade fisiológica de sementes de soja

4.1 Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma leguminosa de elevada importância para a produção de grãos e uma das culturas mais valorizadas do mundo. Devido à sua composição química única, é amplamente utilizada e para tal é cultivada como uma importante *commodity* agrícola em todo o mundo, principalmente no Brasil (131 mi t), Estados Unidos (112,3 mi t), Argentina (53,5 mi t), China (17.5 mi t) e Índia (10.5 mi t) (USDA, 2021).

Para atender a demanda mundial, ao longo dos anos, vem buscando-se incrementar a produção da soja no Brasil, por meio do aumento na área cultivada e sobretudo pelo incremento do rendimento por área. Neste contexto, entre outros fatores, se inserem sementes de alta qualidade, determinante para o sucesso do cultivo da soja. De acordo com França-Neto et. al. (2016), plantas de alto vigor, com desempenho superior em campo, garantem maior produtividade. O uso das sementes de alto vigor proporciona acréscimos de até 35% no rendimento, em relação ao uso das sementes de baixo vigor (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005).

No entanto, no sistema de produção de sementes, além de se produzir sementes de alta qualidade, a manutenção da qualidade até o momento da semeadura é um desafio, pois o período de armazenamento pode ser longo e sob condições nem sempre adequadas. O conhecimento do comportamento fisiológico das sementes durante o armazenamento é essencial para a tomada de decisão na gestão de perdas de qualidade (SMANIOTTO et al., 2014).

Dentre os fatores intrínsecos que tem implicância e que influenciam no potencial de armazenamento da semente, o tegumento apresenta papel de destaque, pois apesar de ser bastante delgado, desempenha uma importante função na proteção do embrião contra o ataque de patógenos e ocorrência de danos mecânicos. O tegumento é responsável por modular as trocas gasosas entre a semente e o meio, e de regular a velocidade de absorção ou dessorção de água, durante a embebição ou secagem da semente (MARCOS-FILHO, 2015). Sendo assim, para a preservação

da qualidade da semente de forma eficiente, é de suma importância que o tegumento esteja íntegro, ou seja, sem fissuras ou rachaduras em sua superfície.

Sementes imaturas e/ou com o tegumento danificado, geralmente apresentam menores potenciais de vigor e viabilidade, além de serem mais permeáveis (OLIVEIRA; MATTHEWS; POWELL, 1984). A permeabilidade é alterada na presença de rachaduras, fissuras e arranhões ao tegumento, resultantes de procedimentos de manuseio (por exemplo, operações de colheita, secagem, beneficiamento e semeadura), ataque de insetos ou certas condições ambientais durante a maturação das sementes. Um tegumento intacto é capaz de regular a velocidade de absorção de água pela semente, protegendo o embrião de lesões que poderiam ser causadas pela embebição rápida (CHACHALIS e SMITH, 2000).

Algumas cultivares de soja apresentam um rasgo no tegumento da semente, também conhecido como rompimento fisiológico. É definido como um defeito fisiológico da semente, sendo uma das formas de dano que acomete o tegumento, apresenta-se como uma ruptura/rachadura do revestimento dorsal, provocada pela rápida turgidez das células das sementes em função do excesso de água (QUTOB et al., 2008; SENDA et al., 2018), estando, portanto, correlacionado à umidade, mas não surgindo necessariamente dela. O rasgo apresenta variação entre os diferentes genótipos, com distintas formas e tamanhos, distribuídos aleatoriamente na semente. Dependendo do formato pode estender-se do cotilédone ao eixo embrionário, na região da radícula. Conforme as condições ambientais que as plantas irão enfrentar a campo, sobretudo ao atingir o ponto de maturidade fisiológica (estádio R7), os genótipos nos quais as sementes apresentam o rasgo de tegumento podem ser acometidos com deterioração por umidade. Com o avanço do armazenamento o rasgo pode deteriorar o cotilédone e/ou a ponta do cilindro central, podendo inviabilizar as células iniciais, importantes para a protrusão da radícula (HUTH et al., 2016; ZORATO, 2018).

O surgimento desse defeito fisiológico das sementes em diferentes genótipos de soja vem causando dúvidas com relação a sua consequência sobre o vigor e a viabilidade das sementes ao longo do armazenamento. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da presença do rasgo no tegumento sobre a qualidade fisiológica e longevidade das sementes de soja.

4.2 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pertencentes a Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão-RS. Foram utilizados três lotes de sementes de soja, um da cultivar NS 7209 IPRO (Nidera Seeds), grupo de maturação 7.2, produzida no Mato Grosso (MT) e dois da cultivar 8473 RSF (Brasmax-GDM), grupo de maturação 7.4, sendo um produzido em Goiás (GO) e outro no Mato Grosso (MT). As sementes de cada lote foram trabalhadas no sistema de lote original e também segregados manualmente em sementes com tegumento íntegro e sementes com rasgo no tegumento, conforme Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Caracterização inicial dos lotes quanto a origem, percentual de sementes com rasgo, grau de umidade (GU) e peso de mil sementes (PMS).

Cultivar	Origem	Identificação	Rasgo (%)	GU (%)	PMS (g)
NS 7209 IPRO	MT	Lote Original (LO)	18	11,6	220,0
NS 7209 IPRO	MT	Tegumento íntegro (TI)	0	11,6	220,6
NS 7209 IPRO	MT	Tegumento com rasgo (TR)	100	11,7	220,4
8473 RSF	GO	Lote Original (LO)	38	11,6	206,3
8473 RSF	GO	Tegumento íntegro (TI)	0	11,8	203,0
8473 RSF	GO	Tegumento com rasgo (TR)	100	11,8	212,9
8473 RSF	MT	Lote Original (LO)	24	11,5	189,4
8473 RSF	MT	Tegumento íntegro (TI)	0	11,6	186,4
8473 RSF	MT	Tegumento com rasgo (TR)	100	11,6	197,0



Figura 1. Aparência das sementes com rasgo no tegumento.

Os lotes (original, e com as segregações com e sem rasgo) das cultivares e origens elencadas na Tabela 1 foram acondicionadas em sacos de polietileno (30cm x 40cm) com zip de vedação, para a manutenção do grau de umidade das sementes

durante o período de armazenamento, e foram armazenados em dois ambientes, sendo conduzido na forma de dois experimentos, um ambiente a 15°C e 60% de umidade relativa, em câmara fria e outro a 28°C e 70% de umidade relativa, em incubadora do tipo BOD. As análises de monitoramento da qualidade foram realizadas em intervalos regulares de 45 dias, totalizando sete períodos de avaliação, aos zero, 45, 90, 135, 180, 225 e 270 dias de armazenamento. Os testes aplicados foram os seguintes:

Teste de germinação (G): foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes, por repetição, tendo como substrato três folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram mantidas em câmara de germinação com temperatura de 25°C \pm 2°C. As plântulas consideradas normais foram avaliadas aos oito dias após a semeadura, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Primeira contagem da germinação (PCG): foi realizada juntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais, presentes no quinto dia após a instalação do teste.

Teste de tetrazólio (TZ): foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes, por repetição, dispostas entre folhas de papel germitest umedecido com água destilada e pré-condicionadas por 16 horas em câmara incubadora, a 25°C \pm 2°C. Decorrido este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos, com volume de 50 mL, sendo totalmente submersas em solução de tetrazólio (0,075%), e mantidas a 35 °C no interior da câmara tipo BOD, até a sua coloração, em torno de 120 minutos. Após a coloração e a lavagem em água corrente, as sementes foram separadas em classes de 1 a 8. A viabilidade foi representada pela soma das porcentagens de sementes pertencentes às classes de 1 a 5; o nível de vigor, pelas classes de 1 a 3; e, a não viabilidade, pelas classes 6 a 8. O potencial de vigor e viabilidade foram expressos em porcentagem (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; COSTA, 1998).

Envelhecimento acelerado (EA): Neste teste foi adotada a metodologia recomendada pela ISTA (2017) e complementada por Marcos-Filho (1999). Aproximadamente 200 sementes de cada tratamento, por repetição, foram distribuídas em camada única sobre uma tela de alumínio fixada no interior do gerbox, funcionando como um compartimento individual. Em cada gerbox foram adicionados

40 mL de água e colocados em câmara tipo BOD, regulada a temperatura de $41^{\circ}\text{C} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ por período de 48 horas, e posteriormente as sementes foram submetidas ao teste de germinação, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Condutividade Elétrica de massa (CE): foram utilizadas 25 sementes por subunidades de cada repetição; as sementes foram pesadas, sendo em seguida imersas em 75 mL de água deionizada por um período de 24 horas, mantidas a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ em incubador (KRZYZANOWSKI et al., 2020). Passado esse período realizaram-se as leituras da condutividade da solução de embebição com o auxílio de um condutímetro digital de bancada da marca Digimed, sendo os valores expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Emergência em canteiro: para essa análise foram utilizadas 200 sementes, divididas em quatro subamostras de 50 sementes, por repetição, semeadas no solo, com profundidade de 3cm. A contagem do número de plântulas emergidas foi realizada aos 14 dias após a semeadura. Essa análise foi realizada a cada 90 dias (zero, 90, 180 e 270).

Procedimento estatístico: Utilizou-se o delineamento experimental em parcelas subdivididas, sendo 3 segregações x 7 tempos de armazenamento, com três repetições, para cada um dos seis experimentos, sendo avaliado separadamente os 3 lotes (NS 7209 IPRO, 8473 RSF (GO) e 8473 RSF (MT)), em cada uma das duas temperaturas (15°C e 28°C). Atendendo-se os pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância, seguido de comparações de médias pelo teste de Tukey, para cada uma das variáveis avaliadas. Para o fator quantitativo foi realizada análise de regressão polinomial. Utilizaram-se os programas estatísticos R (R Core Team, 2014) e SigmaPlot 12.5.

4.3 Resultados

A análise da variância dos dados (Apêndice A e B) revelou interação entre os fatores rasgo no tegumento e período de armazenamento ($p \leq 0.05$) para grande parte das variáveis avaliadas, tanto na temperatura de 15°C quanto na temperatura de 28°C .

Na tabela 2 encontram-se os resultados referentes a primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G), observa-se que não houve interação entre os

fatores rasgo no tegumento e período de armazenamento (PA) na primeira contagem da germinação nas sementes armazenadas na temperatura de 15 °C. No entanto, é possível observar que em média as sementes com tegumento rasgado (TR) foram significativamente inferiores que as sementes com tegumento íntegro (TI), para essa variável (Tabela 2).

No armazenamento a 28 °C, houve interação entre os fatores e as diferenças significativas, entre as segregações das sementes, foram observadas a partir dos 45, 90 e 180 dias, para as cvs. 8473 RSF (MT), NS 7209 IPRO, e 8473 RSF (GO), respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

PA (dias)	NS 7209 IPRO						8473 RSF (GO)						8473 RSF (MT)						
	15 °C			28 °C			15 °C			28 °C			15 °C			28 °C			
	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	
0	93	94	98	93	94	98	100	98	99	100	98	99	99	98	96	99	98	96	NS
45	91	90	89	87	85	85	99	98	98	96	95	94	98	98	96	95	96	89	A
90	93	92	91	86	85	76	99	98	99	96	94	91	98	97	98	96	92	85	AB
135	93	91	85	71	62	59	97	97	95	92	93	89	94	94	92	91	89	85	B
180	93	92	89	18	15	7	98	96	96	70	49	40	97	95	93	80	67	49	BC
225	89	91	88	0	0	0	99	96	96	54	30	15	96	96	94	45	35	27	C
270	83	79	76	0	0	0	97	94	95	11	3	0	95	95	90	5	0	0	
Média	91	90	88	51	49	46	98	97	97	74	66	61	97	96	94	73	68	62	
0	97	98	98	97	98	98	100	100	99	100	100	99	99	98	99	99	98	99	
45	94	91	90	92	89	89	99	98	98	98	97	97	98	98	96	97	97	91	
90	94	93	93	88	85	77	100	99	99	96	95	93	98	98	98	97	92	87	
135	95	94	88	74	66	59	97	97	97	96	96	94	95	95	93	93	92	86	
180	97	94	91	21	16	7	99	98	96	76	53	46	98	97	97	83	69	62	
225	92	93	91	0	0	0	99	98	97	64	34	16	98	97	96	49	39	32	
270	92	81	79	0	0	0	97	98	97	11	3	0	96	99	92	5	0	0	
Média	94	92	90	53	51	47	99 ^{ns}	98	98	77	68	64	97	97	96	75	70	65	

^{1/} Médias que apresentam a mesma coloração na linha, dentro de cada cultivar/origem e para cada temperatura, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). PA: Período de armazenamento. ^{ns}: não significativo.

Apesar da primeira contagem de germinação não ter apresentado interação entre os fatores no armazenamento a 15 °C, na contagem final de germinação as sementes com rasgo no tegumento tinham germinação inferior as sementes com tegumento íntegro, a partir de 135 dias de armazenamento para a cv NS 7209 IPRO e aos 270 dias para a cv. 8473 RSF (MT) (Tabela 2). Entretanto, na cv. 8473 RSF (GO) não foi possível observar diferenças estatísticas entre as sementes com e sem rasgo durante os períodos avaliados.

Na temperatura de 28 °C observou-se a mesma diferença entre as segregações de sementes, porém diferenças significativas ocorreram aos 90 dias de armazenamento para as cvs. NS 7209 IPRO e 8473 RSF (MT). Já a cv. 8473 RSF (GO), só apresentou essa diferença a partir dos 180 dias, onde todas as segregações de sementes já estavam com a germinação abaixo do exigido por lei para a comercialização (80%) (MAPA, 2013) (Tabela 2).

Ao avaliar o desempenho dos lotes ao longo do armazenamento a 15 °C pode-se observar que a cv. NS 7209 IPRO, manteve sua porcentagem de PCG até os 225 dias. Após esse período apresentou redução de aproximadamente 10 pontos percentuais (Figura 2A). Todavia os lotes da cv. 8473 RSF tanto produzido em GO como no MT, apresentaram redução de 3,4 e 3,9 pontos percentuais ao final da armazenagem, respectivamente (Figura 2C e 2E).

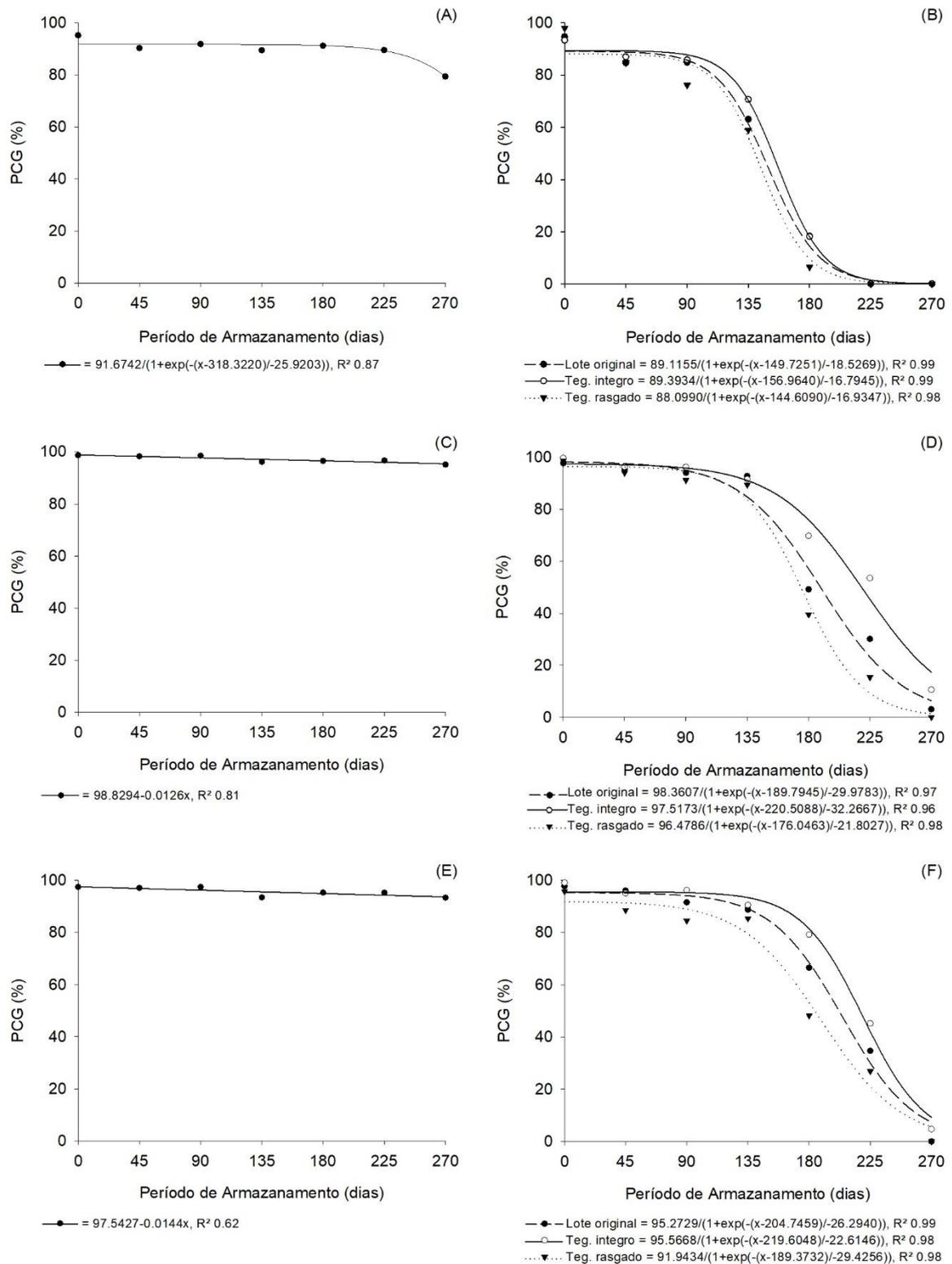


Figura 2. Primeira contagem de germinação (PCG) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita).

Os lotes armazenados a 28 °C apresentaram valores de PCG praticamente inalterados por quase 90 dias. Passado esse período ocorreu redução exponencial da PCG até os 180 dias para a cv. NS 7208 IPRO e até 270 dias para a cv. 8473 RSF (GO e MT) (Figura 2B, 2D e 2F). As sementes com tegumento rasgado de ambos os lotes de 8473 RSF apresentaram menor potencial de armazenamento que as demais segregações (Figura 2D e 2F).

Sementes da cv. NS 7209 IPRO na temperatura de 15 °C apresentaram menor germinação a partir de 225 dias de armazenamento (Figura 3A). Enquanto as armazenadas a 28 °C, a porcentagem de germinação reduziu aos 90 dias, com queda drástica até 180 dias, seguindo por período de estabilização, sendo representado pelo modelo sigmoidal (Figura 3B). Não houve interação entre os fatores para a cv. 8473 RSF (GO), apresentando redução geral de apenas 2,2% na germinação durante todo o período de armazenamento a 15 °C (Figura 3C). Contudo, no armazenamento a 28 °C, houve maior longevidade das sementes dessa cv. sem rasgo no tegumento, a qual manteve sua germinação por aproximadamente 180, enquanto as outras segregações apresentaram diminuição na germinação aos 135 dias (Figura 3D). Foi constatado comportamento similar na cv. 8473 RSF (MT) (Figura 3E e 3F).

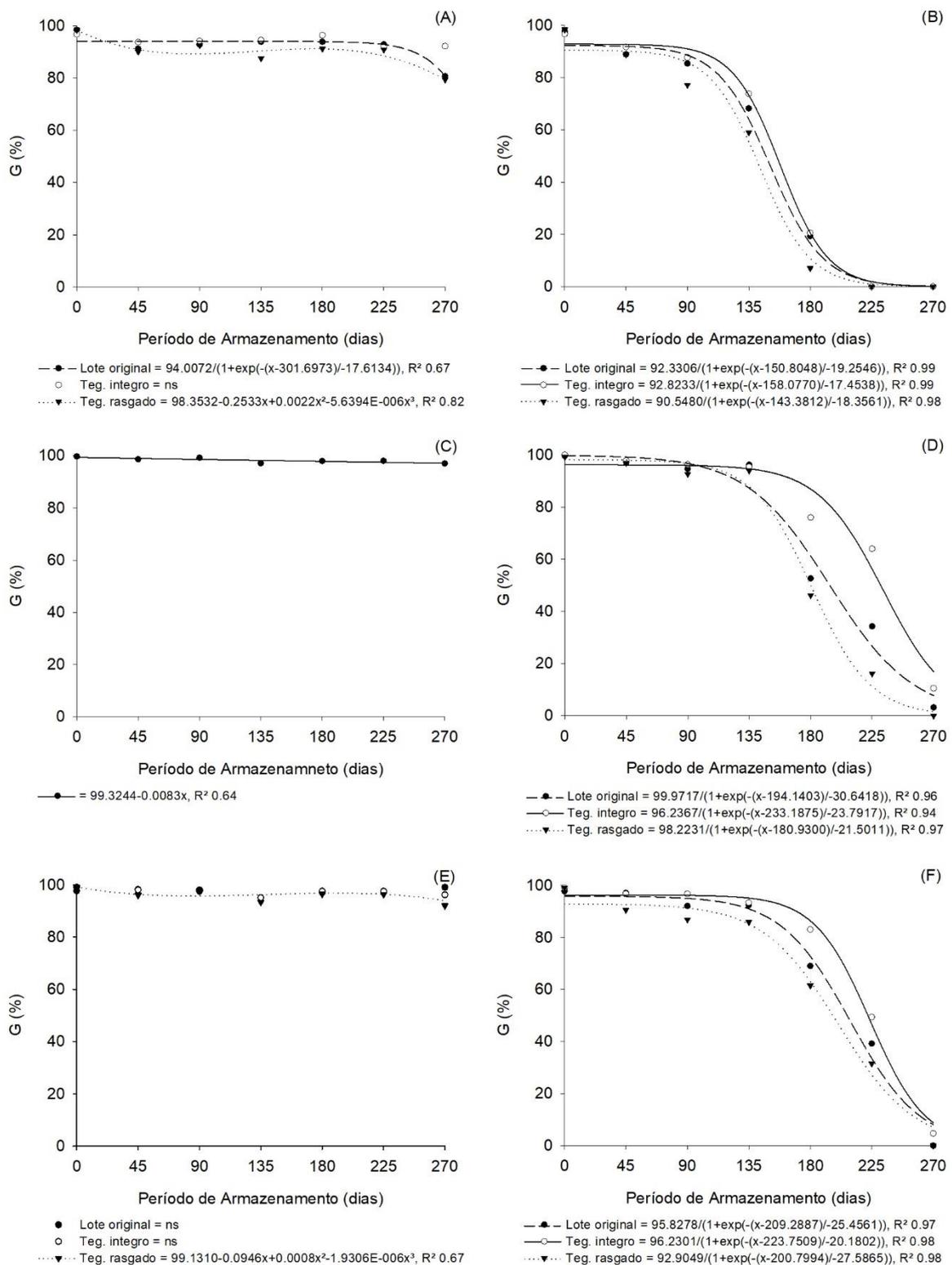


Figura 3. Porcentagem de germinação (G) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPR0 (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita).

Na tabela 3 estão expressos os resultados referentes ao vigor e a viabilidade das sementes obtidos pelo teste de tetrazólio. Comparando-se os três lotes utilizados, notou-se resposta superior no vigor das sementes com tegumento íntegro (TI), em relação àquelas que apresentavam rasgo no tegumento (TR e LO). Isso foi constatado para ambas as temperaturas (15°C e 28°C), desde o tempo zero de armazenamento, sendo mais evidente a partir dos 90 dias, sobretudo para a cultivar NS 7209 IPRO, no armazenamento a 28°C. As sementes do lote original (LO) apresentaram resultados intermediários, tendendo aos resultados das sementes sem rasgo no tegumento, já que a porcentagem de rasgo encontrado nos lotes originais estava abaixo de 40% nos três lotes avaliados, demonstrado na Tabela 1.

Tabela 3. Porcentagem de vigor (VG) e viabilidade (VB), obtida pelo teste de tetrazólio (TZ), de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2021.

PA (dias)	NS 7209 IPRO			8473 RSF (GO)			8473 RSF (MT)			NS A AB B BC C									
	15 °C			28 °C			15 °C				28 °C								
	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR		TI	LO	TR						
0	91	89	92	91	89	92	94	97	90	94	97	90	98	97	92	98	97	92	NS
45	94	93	83	88	89	85	98	95	93	91	89	87	95	95	94	87	91	83	A
90	95	90	89	78	77	70	97	94	87	88	86	86	92	92	86	88	85	81	AB
135	93	91	83	78	76	66	93	92	87	87	82	78	96	93	91	82	75	71	B
180	97	90	88	54	46	37	94	92	87	70	64	47	96	94	88	79	74	68	BC
225	88	84	79	5	3	0	95	91	85	60	45	19	94	84	80	38	37	27	C
270	78	73	68	0	0	0	87	82	79	22	21	8	89	86	79	6	3	3	C
Média	91	87	83	56	54	50	94	92	87	73	69	59	94	92	87	68	66	61	C
0	95	96	95	95	96	95	99	97	96	99	97	96	98	99	95	98	99	95	NS
45	97	97	92	97	95	94	100	98	97	97	96	95	97	98	96	95	95	90	A
90	98	97	95	88	88	87	100	97	92	96	92	90	96	92	89	95	90	89	AB
135	97	99	93	93	89	83	99	98	96	93	87	88	97	98	93	93	86	81	B
180	99	95	92	86	79	68	98	94	95	85	77	65	97	95	94	88	85	80	BC
225	95	92	89	29	18	11	98	94	91	74	59	50	94	96	87	67	60	52	C
270	85	80	77	7	0	0	96	94	89	43	34	16	95	93	84	30	25	17	C
Média	95	94	90	71	66	63	99	96	94	84	77	71	96	96	91	81	77	72	C

^{1/} Médias que apresentam a mesma coloração na linha, dentro de cada cultivar/origem e para cada temperatura, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). PA: Período de armazenamento. ^{ns}: não significativo.

Os resultados de viabilidade das sementes obtida pelo teste de tetrazólio, foram semelhantes ao vigor, seguindo a mesma tendência, ou seja, as sementes com o tegumento rasgado apresentaram dados significativamente inferiores as demais segregações a partir de 90 dias de armazenamento para os lotes da cv. 8373 RSF e 135 dias para a cv. NS 7209 IPRO em ambas as temperaturas (Tabela 3),

demonstrando que a presença de rasgo atua como um ponto de maior deterioração, contribuindo para redução não só do vigor como também da viabilidade.

A figura 4, demonstra o vigor dos lotes ao longo do período de armazenamento. Os lotes armazenados na temperatura de 15 °C (Figura 4A, 4C e 4E), reduziram em média 10 pontos percentuais no vigor, ao comparar os tempos zero e 270 dias. Resultados esses que se ajustaram em modelos de regressão polinomial de segundo e terceiro graus. Também foi observado que as sementes com rasgo no tegumento foram menos longevas que as sementes do lote original e as sementes íntegras, sem rasgo.

Por outro lado, os lotes armazenados a temperatura de 28°C tiveram um comportamento diferente, obtendo-se curvas de regressão não-linear, com tendência sigmoidal. Foi verificado que as sementes passaram por um período de certa estabilização do nível de vigor do tempo zero até 135 dias, desde o início do armazenamento, quando então apresentaram inexpressiva redução no vigor (Figura 4B, 4D e 4F). Depois desse período, houve uma redução drástica no vigor dessas sementes, seguido por nova fase de estabilização. Essa redução do vigor foi mais pronunciada no lote da cv. NS 7209 IPRO, e nas sementes com rasgo da cv. 8473 RSF (GO). Nessa cultivar a estabilização se deu aos 225 dias de armazenamento (Figura 4B). Notou-se ainda, que conforme aumentou o período de armazenagem houve um maior distanciamento entre o vigor em comparação ao lote original, o de tegumento íntegro e o de tegumento rasgado, para a cv. 8473 RSF (GO) (Figura 4D). Não houve interação entre os fatores na cv. 8473 RSF (MT), para a variável vigor.

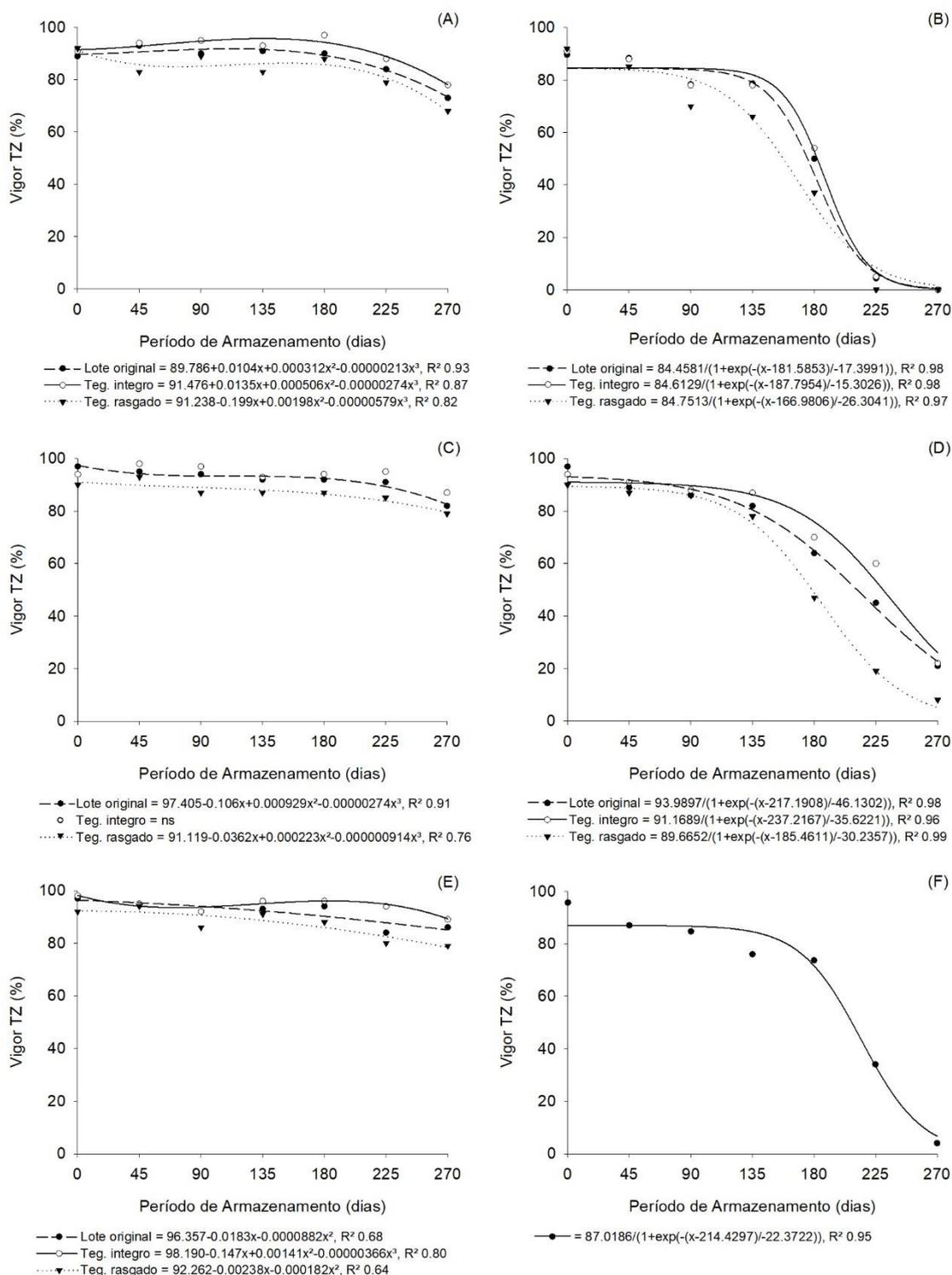


Figura 4. Porcentagem de vigor, obtida pelo teste de tetrazólio (TZ), de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita).

Na figura 5 constam resultados da viabilidade dos lotes ao longo do período de armazenamento. Notou-se que no armazenamento a 15 °C, ocorreu uma pequena

redução na viabilidade das sementes somente a partir de 225 dias de armazenamento (Figura 5A, 5C e 5E). No entanto, nos lotes armazenados a 28 °C, foi notada redução acentuada aos 180 dias, e, em especial, na cv. NS 7209 IPRO (Figura 5B). As sementes com tegumento rasgado da cv. 8473 (GO) apresentaram menor longevidade que as demais segregações, principalmente em relação as sementes de tegumento íntegro (Figura 5D).

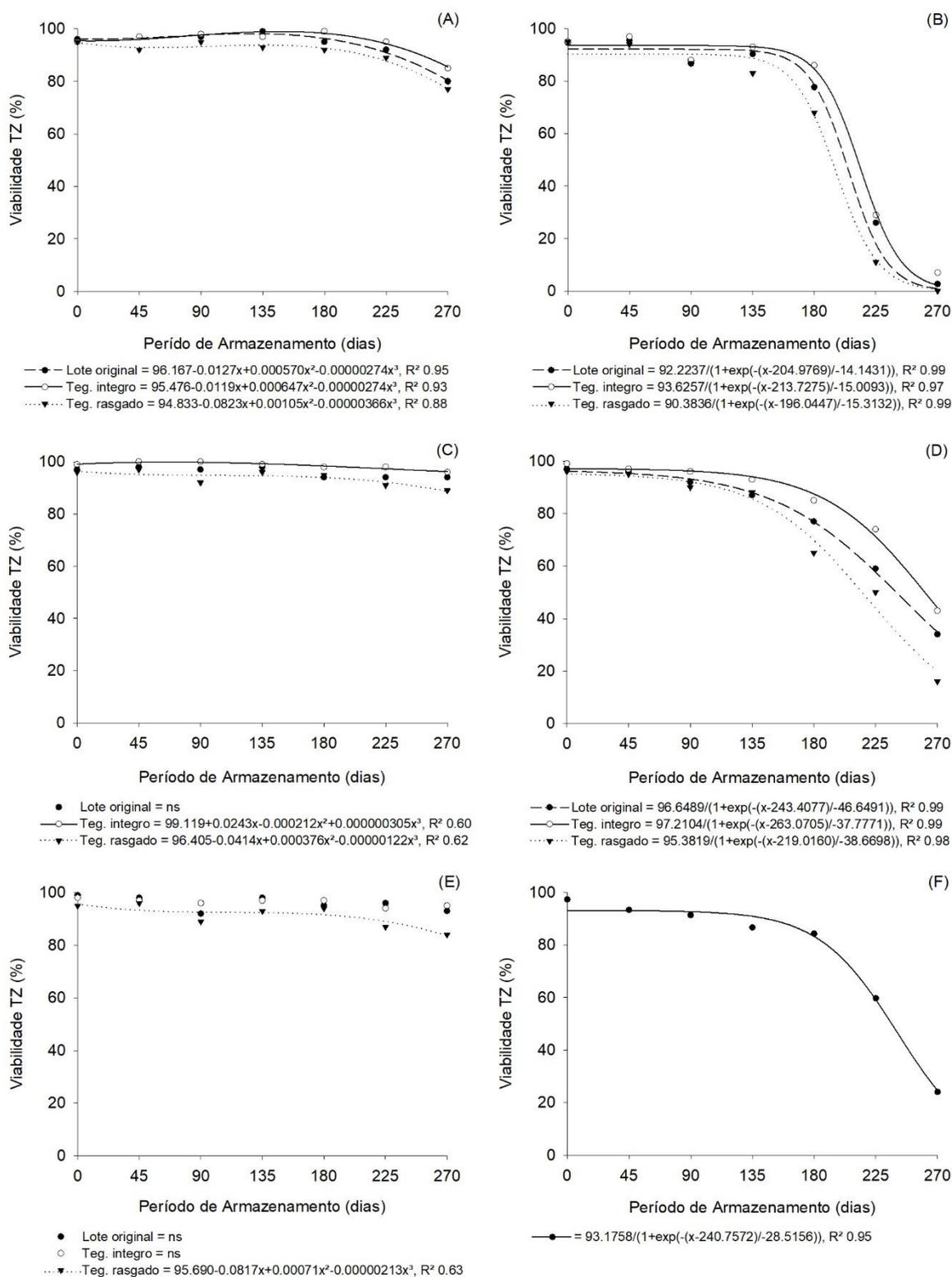


Figura 5. Porcentagem de viabilidade, obtida pelo teste de tetrazólio (TZ), de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita).

No teste de envelhecimento acelerado as sementes foram submetidas ao estresse por período de 48 horas e não houve interação entre os fatores para as cultivares NS 7209 IPRO e 8473 RSF (MT), armazenadas a 15 °C. Porém foi mais notório em sementes com o tegumento rasgado respostas mais nocivas com o período de exposição, quando relacionadas às demais. Essa diferença foi observada aos 180 dias de armazenamento para a cv. 8473 RSF (GO) (Tabela 4). Todavia, no armazenamento sob temperatura de 28 °C, a partir do 45 dias foram evidenciadas diferenças significativas entre as segregações das sementes, com menores valores de envelhecimento em sementes com tegumento rasgado, caracterizando-se como um ambiente estressante (Tabela 4).

Tabela 4. Envelhecimento acelerado (EA) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

PA (dias)	NS 7209 IPRO			8473 RSF (GO)			8473 RSF (MT)			15 °C			28 °C						
	15 °C			28 °C			15 °C			28 °C			15 °C				28 °C		
	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR		TI	LO	TR
0	88	86	85	88	86	85	98	96	92	98	96	92	93	96	93	93	96	93	NS
45	83	78	75	41	27	21	95	96	95	88	87	65	94	90	87	85	85	66	A
90	78	67	61	5	4	0	95	94	93	59	56	51	89	90	87	58	54	26	AB
EA 135	71	64	56	0	0	0	90	91	92	51	41	20	92	88	84	40	29	4	B
180	70	67	60	0	0	0	95	90	88	0	0	0	90	88	84	0	0	0	BC
225	71	52	50	0	0	0	92	85	84	0	1	1	88	84	81	0	0	0	C
270	21	17	10	0	0	0	75	70	58	0	0	0	77	74	67	0	0	0	
Média	69	62	57	19	17	15	91	89	86	42	40	33	89	87	83	39	38	27	

^{1/} Médias que apresentam a mesma coloração na linha, dentro de cada cultivar/origem e para cada temperatura, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). PA: Período de armazenamento. ^{ns}: não significativo.

No armazenamento na temperatura de 15 °C as sementes das cvs. NS 7209 IPRO e 8473 RSF (MT) apresentaram curva de tendência sigmoidal quanto ao envelhecimento acelerado ao longo do período de armazenamento, reduzindo o vigor até os 90 dias, seguido de um período de estabilização que durou até os 180 dias e posterior queda (Figura 6A e 6E). Entretanto, para a cv. 8473 RSF (GO) as sementes com tegumento íntegro mantiveram sua qualidade até os 225 dias após o início do armazenamento, enquanto as sementes do lote original e com o tegumento rasgado começaram a redução de vigor aos 180 dias (Figura 6C).

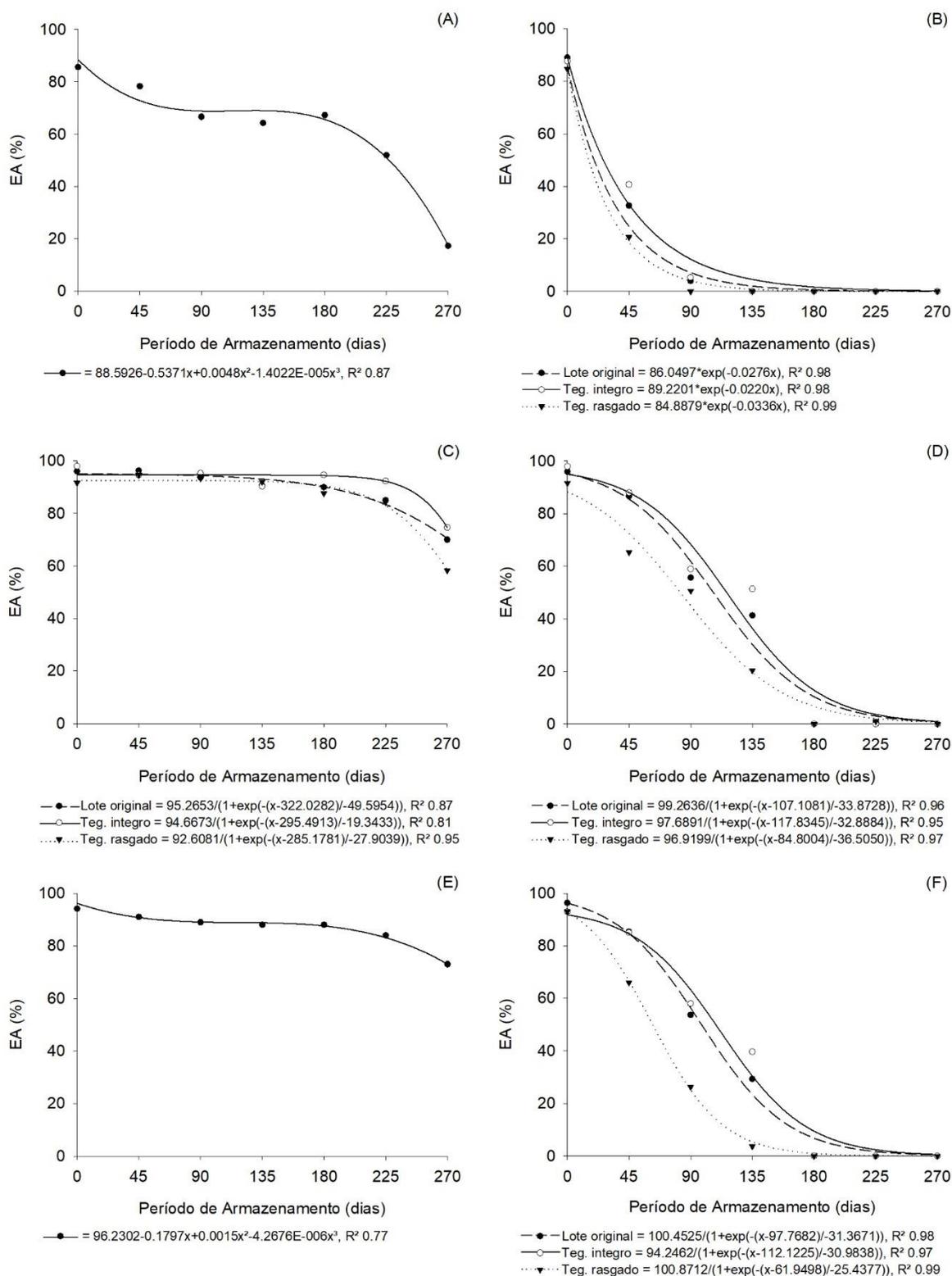


Figura 6. Envelhecimento acelerado (EA) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita).

As sementes da cv. NS 7209 IPRO na temperatura de 28 °C, após o EA 48h, apresentaram redução pronunciada no vigor desde os primeiros dias de armazenamento, chegando próximo de zero aos 135 dias de armazenamento (Figura 6B). Essa redução só foi observada nos demais lotes (8473 RSF do GO e MT) aos 45 dias de armazenamento e chegando a zero aos 225 dias e aos 180 dias para as sementes de tegumento rasgado da cv. 8473 RSF GO e MT, respectivamente (Figura 6D e 6F).

No teste de condutividade elétrica, a massa das sementes que continham rasgo no tegumento (LO e TR), apresentaram maior lixiviação que as sementes com tegumento íntegro (TI), principalmente no armazenamento a 28 °C. Na cv. 8473 RSF (MT) armazenada a 15 °C, não apresentou interação entre os fatores, no entanto, a TR foi 21% superior que a TI (Tabela 5).

Tabela 5. Condutividade elétrica (CE) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

PA (dias)	NS 7209 IPRO						8473 RSF (GO)						8473 RSF (MT)						
	15 °C			28 °C			15 °C			28 °C			15 °C			28 °C			
	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	TI	LO	TR	
0	50	61	66	50	61	66	44	46	49	44	46	49	39	41	45	39	41	45	NS
45	64	65	65	74	74	91	51	62	63	62	63	64	53	59	61	63	64	72	A
90	77	86	87	96	110	125	61	70	67	75	77	89	61	58	70	63	64	84	AB
135	71	73	73	137	124	142	63	59	67	96	92	100	55	57	66	67	78	81	B
180	74	98	93	145	151	157	74	86	82	95	90	106	65	78	77	76	90	116	BC
225	85	88	88	178	190	192	58	72	77	106	119	137	59	64	72	97	106	112	C
270	90	111	116	199	217	231	83	81	90	133	143	163	62	74	81	133	141	144	
Média	73	83	84	125	132	143	62	68	71	87	90	101	56	61	67	77	83	93	

^{1/} Médias que apresentam a mesma coloração na linha, dentro de cada cultivar/origem e para cada temperatura, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). PA: Período de armazenamento. ^{ns}: não significativo.

Houve um incremento na condutividade elétrica da solução de embebição das sementes conforme se aumentava o período de armazenamento, sobretudo naquelas armazenadas a 28 °C (Figura 7). Esse aumento foi mais expressivo na lixiviação de exsudatos celulares nos primeiros 45 dias de armazenamento e após 225 dias, se ajustando em modelos de regressão sigmoidal (Figura 7A, 7C, 7D, 7E e 7F). As sementes do lote original e de tegumento íntegro da cv. NS 7209 IPRO armazenadas a 28 °C apresentaram incremento linear na condutividade elétrica, na ordem de 5,9 e 5,6 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ a cada 10 dias de armazenamento (Figura 7B). Não foi verificada interação entre os fatores para a cv. 8473 RSF (MT) armazenada a 15 °C (Figura 7E).

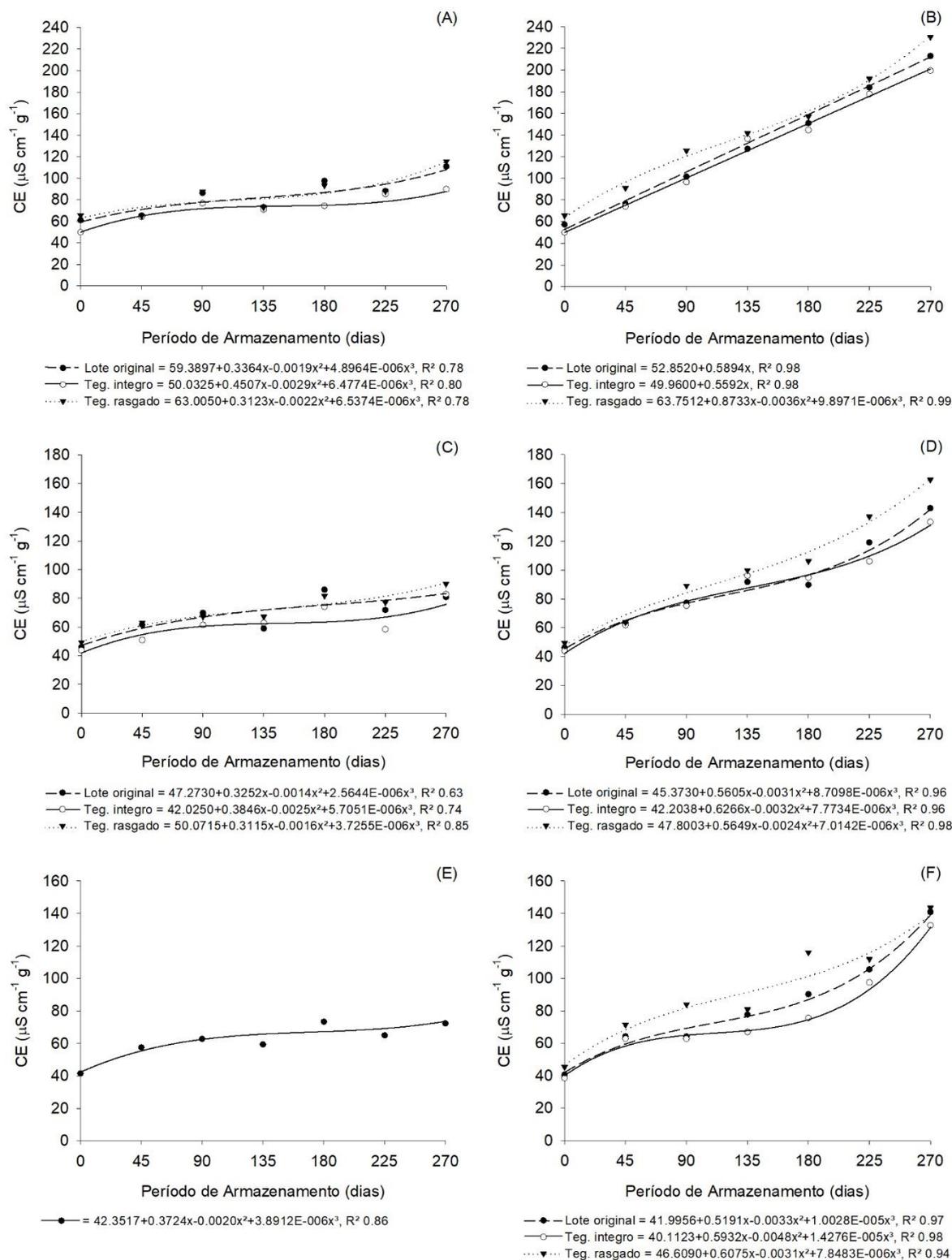


Figura 7. Condutividade elétrica (CE) de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO (A e B), 8473 RSF oriunda do GO (C e D) e do MT (E e F), segregados em lote original, sementes com tegumento íntegro e sementes com tegumento rasgado, armazenados sob temperaturas de 15°C (esquerda) e 28°C (direita).

Com relação ao teste de emergência em canteiro, na cv. NS 7209 IPRO armazenada a 15°C, as sementes com rasgo no tegumento apresentaram resultado significativamente inferior as demais, aos 90 e 180 dias de armazenamento. Foi a única segregação do lote que perdeu qualidade com o decorrer do armazenamento (Tabela 6). Para essa mesma cultivar, armazenada a 28°C, aos 90 dias de armazenamento a semente sem rasgo apresentou maior emergência. Na cultivar 8473 RSF (GO), não houve interação entre os fatores, quando as sementes foram armazenadas a 15°C. No entanto, sementes com rasgo no tegumento apresentaram na média, emergência inferior que as demais, e a redução foi notada na emergência aos 180 dias. Para cultivar 8473 RSF (MT) em ambas as temperaturas (15°C e 28°C) e para a cv. 8473 RSF (GO) armazenada a 28°C, as sementes com rasgo no tegumento apresentaram emergência inferior aos demais em todos os tempos testados, enquanto as sementes do LO apresentaram resultados intermediários.

Tabela 6. Emergência em canteiro de três lotes de sementes de soja, das cultivares NS 7209 IPRO, 8473 RSF oriunda do GO e do MT, segregados em lote original (LO), sementes com tegumento íntegro (TI) e sementes com tegumento rasgado (TR), armazenados sob temperaturas de 15°C e 28°C. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

PA (dias)	Emergência em canteiro (%)												NS A AB B BC C
	NS 7209 IPRO				8473 RSF (GO)				8473 RSF (MT)				
	15 °C												
	TI	LO	TR	Média	TI	LO	TR	Média	TI	LO	TR	Média	
0	88 a	88 a	92 a	89	94	90	86	90 a	96 a	92 a	88 a	92	
90	87 a	85 a	83 b	85	95	93	89	92 a	90 a	88 b	83 b	87	
180	91 a	88 a	79 b	86	85	84	78	82 b	95 a	89 b	82 b	89	
Média	89	87	85	-	91 A	89 A	84 B	-	94	90	84	-	
	28 °C												
	TI	LO	TR	Média	TI	LO	TR	Média	TI	LO	TR	Média	
0	88 a	88 a	92 a	89	94 a	90 a	86 a	90	96 a	92 a	88 a	92	
90	73 b	61 b	58 b	61	85 b	83 b	70 b	79	82 b	79 b	76 b	79	
180	22 c	20 c	20 c	21	57 c	52 c	42 c	50	64 c	57 c	57 c	59	
Média	61	56	57	-	79	75	66	-	81	76	74	-	

^{1/} Médias que apresentam a mesma coloração na linha, dentro de cada cultivar/origem e para cada temperatura, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). PA: Período de armazenamento. ^{ns}: não significativo.

Nas condições em que foi realizado esse experimento, observou-se que durante o período de armazenamento, todas as cultivares armazenadas a 28 °C apresentaram redução na emergência a cada intervalo de 90 dias. Já sementes com o tegumento visualmente íntegro (TI) armazenadas a 15°C não apresentaram redução significativa na emergência ao longo do período avaliado (Tabela 6).

4.4 Discussão

A armazenabilidade das sementes é um caráter regulado geneticamente e é influenciada pela qualidade inicial, histórico pré-armazenamento, teor de água da semente, umidade relativa e temperatura do ambiente de armazenamento, duração do armazenamento e agentes bióticos, dentre outros fatores de menor importância (KHATUN; KABIR; BHUIYAN, 2009; GRIS et al., 2010; BIABANI et al., 2011). Além do potencial de armazenamento variar entre as cultivares, dentro de uma mesma espécie, também varia entre os lotes e até mesmo entre as sementes de um mesmo lote. O que foi confirmado nesse estudo, onde segregações de sementes (LO, TI e TR), oriundas de um mesmo lote, apresentaram potencial de armazenamento diferenciado, o qual foi mensurada através da utilização de diferentes testes de avaliação de vigor e viabilidade.

A importância do tegumento na longevidade das sementes vem sendo observada há muito tempo (BECQUEREL, 1906). Problemas fisiológicos das sementes no campo foram relacionados as características específicas do tegumento das sementes e, exemplificando, estão a longevidade e o potencial de deterioração que são associados ao grau de permeabilidade do tegumento das sementes (SOUZA e MARCOS-FILHO, 2001; MA et al., 2004b; QUTOB et al., 2008). De acordo com Mertz et al. (2009), sementes com tegumento íntegro são menos permeáveis, tem menor incidência de patógenos, maior resistência a danos mecânicos e maior potencial de armazenamento, ou seja, a semente se torna menos suscetível à deterioração. Devido a isso, o rasgo no tegumento da soja afetou negativamente a qualidade fisiológica das sementes (TR), em comparação com as sementes que não apresentaram rasgo (TI) (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6). Resultados que corroboram com estudos prévios realizados por Burchett et al. (1985) e Thomison, Kulik e Morris (1989).

A germinação é um parâmetro que avalia a capacidade máxima de uma semente originar uma plântula normal, porque o teste é realizado em condições favoráveis de ambiente para uma determinada espécie. Entretanto, a capacidade de germinar das sementes, diminui à medida que o tempo de armazenamento aumenta. Esta redução na viabilidade é altamente influenciada pela temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ambiente (RADHA et al., 2014), sendo que quanto menor for a T e a UR, menor será a velocidade de redução da qualidade (Figuras 3 e 5). Em

contrapartida, quando elevadas, ocorre incremento nas taxas metabólicas, em especial nas reações catabólicas, nas quais se destaca a respiração das sementes. Nessa ocasião os açúcares solúveis (sacarose) e os oligossacarídeos (glicose), são oxidados a CO₂ e na reação é liberada energia, que é extremamente importante para iniciar a germinação (ZHOU et al., 2018). Dessa maneira, quando essas sementes são posteriormente expostas à ambiente favorável de germinação, ocorre redução significativa na viabilidade e no estabelecimento das plântulas, podendo causar inclusive a morte da semente. (Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7). De fato, T e UR mais altas, durante o armazenamento, favorecem a oxidação do óleo nas sementes de soja, para convertê-lo em radicais livres e, em seguida, reduzir a viabilidade e o vigor das sementes como resultado do aumento da peroxidação lipídica além da degradação do RNA necessário para o start da germinação (FLEMING; RICHARDS; WALTERS; 2017). Aguiar et al. (2012) verificaram que a diminuição na temperatura reduz a velocidade das reações bioquímicas e metabólicas das sementes, o que permite a manutenção das características iniciais por um período maior de tempo. Devido a isso há maior preservação da qualidade das sementes armazenadas a temperatura de 15°C, em comparação à de 28°C.

Enquanto na germinação se avalia o potencial máximo de um lote de sementes, o vigor caracteriza-se pela habilidade dessa semente estabelecer plântula normal sob uma ampla variedade de condições ambientais (AOSA, 1983). O vigor não pode ser mensurado, logo, os testes são utilizados para avaliar indicativos de vigor, visando à identificação de diferenças entre os desempenhos de lotes de sementes durante o armazenamento. Neste estudo, foram utilizados os testes de vigor de método indireto: os bioquímicos, como tetrazólio (Tabela 3 e Figura 3) e condutividade elétrica de massa, “bulk” (Tabela 5 e Figura 7), e o teste fisiológico, como primeira contagem da germinação (Figura e Tabela 2); ainda foram aplicados os testes de método direto: de resistência ao estresse, como envelhecimento acelerado (Tabela 4 e Figura 6) e emergência em canteiro (Tabela 6).

O teste de envelhecimento acelerado é amplamente utilizado por se tratar de um teste de simples execução, rápido, barato e eficiente para ranquear lotes com diferentes níveis de deterioração (BAKHSHANDEH e GHOLAMHOSSIENI, 2018). Quanto aos testes de vigor e com as cultivares usadas nesse estudo, o envelhecimento acelerado (48 horas) foi capaz de identificar diferenças no vigor das

sementes com e sem rasgo no tegumento em um tempo de armazenamento bem inferior aos demais testes se configurando uma excelente alternativa para auxiliar na tomada de decisão. A redução na germinação após a realização do envelhecimento foi pequena nos primeiros meses de armazenamento, mas se tornou gradativamente maior conforme aumentou esse período, chegando a diferenças de mais de 80 pontos percentuais entre os valores de germinação e EA aos 180 dias de armazenamento, demonstrando que lotes com baixíssimo vigor, ainda podem apresentar altos valores de germinação. No entanto, como no teste de EA utiliza-se uma atmosfera com elevada umidade relativa ar e alta temperatura dentro da câmara gerbox, e há uma entrada facilitada de água nas sementes com rasgo no tegumento, o tempo que essas sementes demoram a entrar em equilíbrio higroscópico com o ambiente é muito menor quando comparado com uma semente sem a presença de rasgo. Logo, em cultivares mais sensíveis, o EA pode estar super estimando o efeito negativo do rasgo, principalmente nas sementes que não apresentam uma deterioração severa no local do rasgo. Como alternativa, outro teste muito útil para quantificar o efeito do rasgo no tegumento sobre a qualidade de sementes de soja é o teste de tetrazólio, o qual, quando utilizado em sua totalidade, fornece informações rápidas e precisas sobre a existência, localização e intensidade da deterioração por umidade que ocorre na região do rasgo. A subclasse 3R e as classes 4-5 e 6-8 (DU 4-5 e DU 6-8), são altamente úteis e responsivas para estimar a qualidade de lotes com presença de rasgo no tegumento das sementes, devido a facilidade em se identificar a deterioração por umidade associada ao rasgo. A deterioração por umidade na região do rasgo quando classificada inicialmente como 3R (semente com vigor), pode vir a evoluir durante o período de armazenamento para DU 4-5 (semente viável não vigorosa) e posteriormente DU 6-8 (semente não viável, morta), de acordo com a intensidade do dano e com as condições de armazenamento. Nesse estudo, foi possível observar que sementes com rasgo no tegumento deterioraram mais rapidamente que sementes sem rasgo, evoluindo de DU 4-5 para DU 6-8 mais rapidamente que sementes com o tegumento íntegro (Apêndice E). O somatório das sementes que perderam vigor e viabilidade pelo motivo de deterioração por umidade foi superior em sementes com rasgo no tegumento, sendo possível verificar inclusive nas sementes armazenadas a 15°C.

Durante o processo de envelhecimento das sementes, sob alta temperatura, possivelmente ocorre um afrouxamento das membranas, aumentando a velocidade das reações metabólicas, o que facilita a formação de radicais livres, favorecendo também a maior lixiviação de conteúdos intracelulares, normalmente açúcares, criando ao redor na semente um ambiente favorável ao desenvolvimento de microrganismos (Figura 5 e Tabela 7). Esse efeito cascata de reações deletérias é ainda mais pronunciado em sementes com rasgo no tegumento, visto que estas apresentam uma barreira de proteção a menos que as demais, por apresentar um caminho facilitado para a entrada de água e saída de conteúdo intracelulares, sendo assim mais suscetíveis a deterioração.

Deve-se enfatizar a inevitabilidade de monitoramento em campo em genótipos/cultivares de soja que apresentam sementes com rasgo no tegumento, pois, as condições ambientais desfavoráveis, sobretudo nas fases finais de produção (R7 a R9) podem propiciar a deterioração por umidade. Sendo assim, dependendo da localização e extensão do rasgo, no armazenamento, essa umidade pode se estender até o eixo embrionário, provocando a deterioração ainda mais rápida das células, principalmente da radícula. E a sensibilidade do eixo embrionário à deterioração é uma importante razão para a diminuição do vigor das sementes de soja.

O processo de deterioração é inevitável e intensifica-se com o aumento do tempo de armazenamento, no entanto, pode ser retardado, através da utilização de armazenamento refrigerado e adequado grau de umidade das sementes. O rasgo no tegumento da soja é um defeito real que está presente em um grande número das cultivares utilizadas no mercado atualmente, e necessita ser compreendido e administrado com responsabilidade, sempre priorizando a qualidade final da semente.

4.5 Conclusão

Nas condições utilizadas neste estudo (temperatura, cultivar e lotes escolhidos) conclui-se que:

O rasgo no tegumento influencia negativamente o potencial de armazenamento dos lotes, principalmente se as sementes de soja já apresentam início de deterioração no local do rasgo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rasgo no tegumento da semente de soja contribui para o aumento da deterioração das sementes, pois é uma entrada facilitada de água na semente, principalmente durante a maturação das sementes. Do mesmo modo, sementes com rasgo no tegumento tendem a lixiviar mais exsudatos, tornando a semente mais atrativa ao ataque de microrganismos saprófitas e/ou patogênicos. E o rasgo por ocorrer preferencialmente em locais próximos ao hilo, onde as células ampulhetas são mais alongadas e conseqüentemente o tegumento é mais espesso, exige preocupação redobrada devido à esta região ser próxima ao eixo embrionário, parte vital do embrião.

Sobre o aspecto químico, conteúdos elevados de fósforo (P) e magnésio (Mg) e reduzidos de cálcio (Ca) apresentam-se como causa do rasgo no tegumento de sementes de soja. O conteúdo menor de Ca no tegumento parece estar relacionado com baixos valores de cálcio no solo, logo, elevar o conteúdo de cálcio no solo pode ser uma das alternativas para a menor ocorrência de rasgo no tegumento das sementes de soja.

O rasgo no tegumento de sementes de soja é uma consequência fenotípica e é favorecido em ambientes com alta disponibilidade de água e nutrientes durante a formação das sementes, combinado com altas temperaturas, situação está que também gera sementes com maior PMS, o que parece estar relacionado. No entanto, em lavouras de cultivo comercial de soja, o rasgo foi observado em estágio fenológico R5.4, onde o tamanho da semente não é grande o suficiente para exercer excesso de pressão sobre o tegumento, exemplificando que a ocorrência do rasgo no tegumento de sementes de soja é uma resultante de um conjunto de fatores favoráveis tanto intrínsecos como extrínsecos.

Entretanto, estudos mais aprofundados são necessários para entender a interação entre o rasgo no tegumento das sementes de soja, com a qualidade fisiológicas e o tratamento de sementes, o qual é amplamente utilizado, independente da presença ou não de rasgo no tegumento da semente.

Assim como estudos detalhados sobre as causas genéticas ou fisiológicas da ocorrência do rasgo no tegumento, pois a compreensão da causa pode contribuir com o melhoramento genético, para a seleção de cultivares com menor

aparecimento de rasgo no tegumento, de forma precisa através de sistemas de seleção assistida por marcadores moleculares.

REFERÊNCIAS

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. Estatística da produção. **Abrasem, 2020**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/estatisticas/#>>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- AGRAWAL, V.K.; MENON, S.K. Lignin content and seedcoat thickness in relation to seedcoat cracking in soybean. **Seed Research**, India, v. 2, p. 64-66, 1974.
- AGUIAR, R.W.D.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**, v. 43, n. 3, p. 554-560, 2012.
- ALGAN, G.; BÜYÜKKARTAL, H.N.B. Ultrastructure of seed coat development in the natural tetraploid *Trifolium pratense* L. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 184, n. 3, p. 205-213, 2000.
- ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P.F.; CAVASSIM, J.E.; GABE, H.L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M.N.; OLIVEIRA, M.A.R.; PITOL, C.; PRADO, L.C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, p. 801-808, 2009.
- ALVAREZ, P.J.C. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science & Technology**, v. 25, p. 209-214, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).
- AZANI, N. et al. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny – The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **Taxon**, v. 66, n. 1, p. 44-77, 2017.
- BAHRY, C.A.; ACUNHA, T.S.; FERNANDO, J.A.; CHAVES, F.C.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D. Chemical composition and structural characterization of contrasting colors of soybean seed coats. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 1913-1925, 2015.
- BAKHSHANDEH, E.; GHOLAMHOSSIENI, M. Quantification of soybean seed germination response to seed deterioration under peg-induced water stress using hydrotime concept. **Acta physiologiae plantarum**, v. 40, n. 7, p. 126, 2018.
- BECQUEREL, Paul. Sur la longevité des graines. **CR Hebd. Acad. Sci. Paris**, v. 142, p. 1549-1551, 1906.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M.; HALMER, P. **The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses**. CABI, Oxfordshire, England, 2006.

BIABANI, A.; CARPENTER BOGGS, L.; KATOZI, M.; SABOURI, H. Effects of seed deterioration and inoculation with *Mesorhizobium ciceri* on yield and plant performance of chickpea. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 1, p. 66, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. **Crop Science**, v. 40, p. 1285-1294, 2000.

BONETTI, L.P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.

BURCHETT, C.A.; SCHAPAUGH JR, W.T.; OVERLEY, C.B.; WALTER, T.L. Influence of Etched Seed Coats and Environmental Conditions on Soybean Seed Quality. **Crop Science**, v. 25, n. 4, p. 655-660, 1985.

CARBONELL, S.A.M. **Metodologia para seleção de genótipos de soja com semente resistente ao dano mecânico**. Londrina. 1991. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Londrina, 1991.

CARMO, E.L.; BRAZ, G.B.P.; SIMON, G.A.; SILVA, A.G.; ROCHA, A.G.C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, p. 61-69, 2018.

CARVALHO, E.R. **Manganês via foliar em soja convencional e transgênica RR: efeitos na qualidade de sementes, atividade enzimática, lignina e produtividade**. 2013. 134 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CARVALHO, E.R.; OLIVEIRA, J.A.; CALDEIRA, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR produzidas sob aplicação foliar de manganês. **Bragantia**, v. 73, n. 3, 2014.

CAVINESS, C.E.; SIMPSON, A.M.Jr. Influence of variety and location on seed coat thickness of mature soybean seed. **Proc. Assoc. of Seed Anal.**, v. 64, p. 102-108, 1974.

CHACHALIS, D.; SMITH, M.L. Imbibition behavior of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) accessions with different testa characteristics. **Seed Science and Technology**, v. 28, p. 321-331, 2000.

CLARKSON, D.T.; HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 239-298, 1980.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 19 de novembro de 2021.

DALL'AGNOL, A., LAZAROTTO, J.J., HIRAKURI, M.H. **Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira**. Paraná: Embrapa Soja, p. 20, 2010. (Comunicado Técnico, 74).

DUKE, S.H.; KAKEFUDA, G. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. **Plant physiology**, v. 67, n. 3, p. 449-456, 1981.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Paraná 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2004.

FINK, S. The micromorphological distribution of bound calcium in needles of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **New Phytol**, v. 119, p. 33-40, 1991.

FLEMING, M.B.; RICHARDS, C.M.; WALTERS, C. Decline in RNA integrity of dry-stored soybean seeds correlates with loss of germination potential. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 9, p. 2219-2230, 2017.

FRANÇA NETO, J.B.; POTTS, H.C. Efeitos da colheita mecânica e da secagem artificial sobre a qualidade da semente dura em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, n. 2, p. 64-77, 1979.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1998, 72p. (Documentos 116).

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PADUA, G.P.; LORINI, I. HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Documentos 380).

FREITAS, F.S.; ALBRECHT, A.J.P. Estudo do Mercado das Mantenedoras das Cultivares de Soja no Estado do Mato Grosso. **Revista iPecege**, Piracicaba, v. 1, n. 3/4, p. 7-25, 2015.

GARCIA, R.A.; GOULART, A.C. **Excesso de chuvas na região sul de MS pode atrapalhar desenvolvimento da soja**. Embrapa: Notícias. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8225673/artigo---excesso-de-chuvas-na-regiao-sul-de-ms-pode-atrapalhar-desenvolvimento-da-soja>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2020, 2015.

GIJZEN, M.; VAN HUUSTEE, R.; BUZZELL, R.I. Soybean seed coat peroxidase (a comparison of high-activity and low-activity genotypes). **Plant Physiology**, v. 103, n. 4, p. 1061-1066, 1993.

GIJZEN, M.; MILLER, S.S.; KUFLU, K.; BUZZELL, R.I.; MIKI, B.L. Hydrophobic protein synthesized in the pod endocarp adheres to the seed surface. **Plant physiology**, v. 120, n. 4, p. 951-960, 1999.

GILLIKIN, J.; GRAHAM, J.S. Purification and developmental analysis of the major anionic peroxidase from the seed coat of *Glycine max*. **Plant Physiology**, v. 96, p. 214-220, 1991.

- GRIS, C.F.; PINHO, E.V.R.V.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M.L.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**, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.
- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Handbook of seed vigour test methods. 3.ed. Zurich, **International Seed Testing Association**. 1995. 117p.
- HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.
- HENNING, A.A.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J. Tratamento com fungicidas, aplicação de micronutrientes e inoculação de sementes de soja. **Embrapa Soja**, n. 58, p. 1-6, nov. 1997.
- HESELTIME, C.W.; ROGERS, R.F.; BOTHAST, R.J. Microbiological study of exported soybeans. **Cereal Chem**, v. 55, n. 3, p. 332-340, 1978.
- HIRAKURI, M.H.; LAZZAROTTO, J.J. Agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 2014. 70 p.
- HORLINGS, G.; GAMBLE, E. E.; SHANMUGASUNDARAM, S. The influence of seed size and seed coat characteristics on seed quality of soybean in the tropics: field weathering. **Seed Science and Technology**, v. 19, n. 3, p. 665-685, 1991.
- 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**, v. 38, n. 4, p. 296-304, 2016.
- ISTA – INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Seed vigour testing. In: International rules for seed testing. ed. 2017. Bassersdorf, cap.15, p. 15.6-8.
- KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, n. 15, p. 137-138, 1965.
- KHATUN, A.; KABIR, G.; BHUIYAN, M.A.H. Effect of harvesting stages on the seed quality of lentil (*Lens culinaris* L.) during storage. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 34, n. 4, p. 565-576, 2009.
- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, 2005.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. In: KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A. **Correção da acidez do solo com a silicatagem**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 34p. (Boletim técnico, 2).
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. Vigor de Sementes: conceitos e testes. 2 ed. **ABRATES**, Londrina-PR, 2020. 601p.

KRZYANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P.A. **Semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades** - Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Circular técnica 55).

KRZYANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. A alta qualidade de sementes de soja: fator importante para a produção da cultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 136. Mai. 2018, 24p.

LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M.H. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a produção de Soja nos contextos Mundial e Brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Documentos 39).

LE, B.H.; WAGMAISTER, J.A.; KAWASHIMA, T.; BUI, A.Q.; HARADA, J.J.; GOLDBERG, R.B. Using genomics to study legume seed development. **Plant Physiology**, v. 144, n. 2, p. 562-574, 2007.

LIMA, W.A.A.; BORÉM, A.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A.; DIAS, L.A.S.; DENIZPIOVESAN, N. Retardamento de colheita como método de diferenciação de genótipos de soja para qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, p. 186-192, 2007.

LIU, H.L. Inheritance of defective seed coating soybeans. **J. Hered**, v. 40, p. 317-322, 1949.

LOWRY, J.B.; CONLAN, L.L.; SCHLINK, A.A.C.; McSWEENEY, C.S. Acid detergent dispersible lignin in tropical grasses. **J. Sci. Food Agric.**, Barking, v. 65, n. 1, p. 41-49, 1994.

MA, F.; PETERSON, C.A.; GIJZEN, M. Reassessment of the pits and antipits in soybean seeds. **Canadian journal of botany**, v. 82, n. 5, p. 654-662, 2004a.

MA, F.; CHOLEWA, E.W.A.; MOHAMED, T.; PETERSON, C.A.; GIJZEN, M. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. **Annals of Botany**, v. 94, n. 2, p. 213-228, 2004b.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 45, de 17 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de soja.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio - Brasil 2019/20 a 2029/2030**. 11ª edição, 2020.

MARCOS-FILHO, J. Avaliação da qualidade de sementes de soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Coord.). Soja: tecnologia da produção. Piracicaba: Publique, p. 206-243, 1998.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, Cap. 2, p. 1-24, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARIN, R.S.F.; BAHRY, C.A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 265-274, 2015.

McDONALD, M.B.; VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.C. Soybean seed imbibition: water absorption by seed parts. **Crop Science**, v. 28, p. 993-997, 1988.

MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; CRUZ, H.L.D.; MENEGHELLO, G.E.; FERRARI, C.D.S.; ZIMMER, P.D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

MILLER, S.S.; BOWMAN, L.A.; GIJZEN, M.; MIKI, B.L. Early development of the seeds coat of soybean. **Annals of Botany**, London, v. 84, n. 3, p. 297-304, 1999.

MIX, G.P.; MARSCHNER, H. Calcium-Umlagerung in Bohnenfrüchten während des Samenwachstums. **Z. Pflanzenphysiol**, v. 80, p. 354-366, 1976.

MOÏSE, J.A.; HAN, S.; GUDYNAITE-SAVITCH, L.; JOHNSON, D.A.; MIKI, B.L. Seed coats: structure, development, composition, and biotechnology. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 41, n. 5, p. 620-644, 2005.

MOTERLE, L.M.; SANTOS, R.F.; LUCCA E BRACCINI, A.; SCAPIM, C.A.; LANA, M.C. Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 256-265, 2009.

NEDEL, J.L. Fundamentos da qualidade de sementes. In: **Sementes fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003, p.95-138.

NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. EMBRAPA: Ageitec. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/Abertura.html>>. Acesso em: 29 mai 2018, 2008.

NEPTUNE, A.M.L. O Mg como nutriente para as culturas. In: Situação atual e perspectiva na agricultura, São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo, Manah S/A, 1986. 144p.

OKABE, A. Inheritance of seed coat cracking and effective selection method for the resistance in soybean. **Jpn. Agric. Res. Q**, v. 30, p. 15-20, 1996.

OLIVEIRA, M.D.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. **Seed Science and Technology**, v. 12, p. 659-668, 1984.

PENARIOL, A. Soja: cultivares no lugar certo. **Informações Agronômicas**, v. 90, p. 13-14, 2000

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

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Produção de sementes In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 2a Edição (Revisada e Ampliada), Pelotas, Editora e Gráfica Universitária/UFPEL, 470p, 2006.

QUTOB, D.; MA, F.; PETERSON, C.A.; BERNARDS, M.A.; GIJZEN, M. Structural and permeability properties of the soybean seed coat. **Botany**, v. 86, n. 3, p. 219-227, 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2014.

RADHA, B.N.; CHANNAKESHA, B.C.; BHANUPRAKASH, K.; PANDURANGE GOWDA, K.T.; RAMACHANDRAPPA, B.K.; MUNIRAJAPPA, R. DNA damage during seed ageing. **IOSR J. Agric. Vet. Sci**, p. 34-39, 2014.

RAGUS, L.N. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, v. 15, p. 285-296, 1987.

RAMSAY, G. Inheritance and linkage of a gene for testa-imposed seed dormancy in faba bean (*Vicia faba* L.). **Plant Breeding**, v. 116, p. 287-289, 1997.

RAPER, C.D.; KRAMER, P.J. Stress physiology. In: Wilcox J.R. (ed.) **Soybeans: Improvement, production and uses**. 2 ed. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI. p. 589-641.1987.

REIS, E.F.; NETO, V.C.L.; GODOY, C.V.; ROSA, C.T.; CASTANHO, H.E.; VICENTE, N.G. Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, 2007.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean plant develops**. Piracicaba: Potafos, 1997. 21p.

ROCHA, R.S.; SILVA, J.A.L.; NEVES, J.A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-Pi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 154-162, 2012.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 48, n. 5, p. 247-249, 1973.

SARUTA, M.; TAKADA, Y.; YAMASHITA, K.; SAYAMA, T.; KOMATSU, K. A QTL associated with high seed coat cracking rate of a leading Japanese soybean variety. **Breeding Science**, v. 69, n. 4, p. 665-671, 2019.

SEDIVY, E.J.; WU, F.; HANZAWA, Y. Soybean domestication: the origin, genetic architecture and molecular bases. **New Phytologist**, v. 214, n. 2, p. 539-553, 2017.

SENDA, M.; KAWASAKI, M.; HIRAOKA, M.; YAMASHITA, K.; MAEDA, H.; YAMAGUCHI, N. Occurrence and tolerance mechanisms of seed cracking under low temperatures in soybean (*Glycine max*). **Planta**, v. 248, n. 2, p. 369-379, 2018.

SILVA, M.A.D.; VIEIRA, R.D.; SANTOS, J.M. Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv. Monsoy 8400. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 091-099, 2008.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C. & SIMON, G.A. Physiological quality of soybean seeds stored in different conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 446-453, 2014.

SOUZA, F.H.D.; MARCOS-FILHO, J. The seed coat as a modulador of seed environment relationships in Fabaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 365-375, 2001.

STRECK, N.A.; PAULA, G.M.; CAMERA, C.; MENEZES, N.L.; LAGO, I. Estimativa do plastocromo em cultivares de soja. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 67-73, 2008.

SUZUKI, M.; TAKAHASHI, E.; MIYAKAWA, H. Characteristic of seed coat cracking of soybean and its difference by climatic condition. **Tohoku Agric. Res.**, v. 25, p. 59-60, 1979.

SWANSON, B.G., HUGHES, J.S.; RASMUSSEN, H. Seed microstructure: review of water imbibition in legumes. **Food Microstructure**, v. 4, p. 115-153, 1985.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p.

TEÓFILO, E.M.; DUTRA, A.S.; DIAS, F.T.C. Potencial fisiológico de sementes de soja produzidas no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 04, p. 401-406, 2007.

THOMISON, P.R.; KULIK, M.M.; MORRIS, D.A. influence of etched seed coats on *Phomopsis* infection and electrolyte leakage of soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, p. 9-18, 1989.

TOLEDO, T.C.F.; BRAZACA, S.G.C.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S.M.S. Composição, digestibilidade protéica e desaminação em cultivares brasileiras de soja submetidas à radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas: v. 27, n. 4, p. 812-815, 2007.

USDA. United States Department of Agriculture. **Statistics by Commodity: South America and North America: Oilseeds - Oilseed, Soybean: Production Reported On: Nov'21**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

VAN DONGEN, J.T.; AMMERLAAN, A.M.H.; WOUTERLOOD, M.; VAN AELST, A.C.; BORSTLAP, A.C. Structure of the developing pea seed coat and the post-phloem transport pathway of nutrients. **Annals of Botany**, v. 91, n. 6, p. 729-737, 2003.

VIJAYAKUMAR, H.P. et al. Correlation among physiological and histological changes in soybean seeds during storage. **Journal of Environmental Biology**, v. 40, n. 2, p. 217-225, 2019.

WANG, H.L.; GRUSAK, M.A. Structure and development of *Medicago truncatula* pod wall and seed coat. **Annals of Botany**, v. 95, n. 5, p. 737-747, 2005.

WANG, L.; HUANG, Z.; WANG, R. Discrimination of cracked soybean seeds by near-infrared spectroscopy and random forest variable selection. **Infrared Physics & Technology**, v. 115, p. 103731, 2021.

WEBER, H.; BORISJUK, L.; WOBUS, U. Molecular physiology of legume seed development. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 56, p. 253-279, 2005.

YAKLICH, R.W.; BARLA-SZABO, G. Seed coat cracking in soybean. **Crop science**, v. 33, n. 5, p. 1016-1019, 1993.

ZANON, A.J.; SILVA, M.R.; TAGLIAPIETRA, E.L.; CERA, J.C.; BEXAIRA, K.P.; RICHTER, G.L.; DUARTE JUNIOR, A.J.; ROCHA, T.S.M.; WEBER, P.S.; STRECK, N.A. **Ecofisiologia da soja visando altas produtividades**. 1. ed. Santa Maria: Palloti, 2018. 134p.

ZHOU, W. et al. DA-6 promotes germination and seedling establishment from aged soybean seeds by mediating fatty acid metabolism and glycometabolism. **Journal of experimental botany**, v. 70, n. 1, p. 101-114, 2018.

ŽILIĆ, S.; ŠUKALOVIĆ, V.H.T.; SREBRIĆ, M.; DODIG, D.; MAKSIMOVÍĆ, M.; DRINIC, S.M.; CREVAR, M. Chemical composition as quality parameters of ZP soybean and wheat genotypes. **Genetika**, v. 41, n. 3, p. 297-308, 2009.

ZIMMER, P.D. Fundamentos da qualidade de sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas, RS: Ed. Universitária/UFPel, 2006. 470p.

ZORATO, M.F. O tegumento de sementes de soja e o seu impacto na qualidade. **Seed News**, Ed. XXII, 2018.

Apêndices

Capítulo I

Apêndice A: Resumo da análise de variância (QM) para as variáveis conteúdo de Silício (Si), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

FV	GL	Si	N	P	K	Ca	Mg
Lotes	4	0.9261**	5.0069**	0.0267**	17.2245**	3.4122**	0.9751**
Tegumento	1	0.2359 ^{ns}	0.0389 ^{ns}	0.1920**	3.2802**	19.9757**	1.0047**
Cv x Teg	4	0.1723 ^{ns}	3.0791**	0.0224**	2.0149**	2.6766**	0.0192 ^{ns}
Ad x Fatorial	1	0.6928 ^{ns}	0.0433 ^{ns}	0.0147**	0.0074 ^{ns}	5.9094**	0.0275 ^{ns}
Resíduo	22	0.1765	0.1910	0.0011	0.1174	0.2423	0.0141
CV		42.19	15.13	174.59	21.01	19.32	45.50

**significativo ao nível de 1% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo.

Capítulo II

Apêndice A: Resumo da análise de variância (QM) para as variáveis população, altura de plantas, Diâmetro do colmo, número de nós e número de ramos por planta, nas diferentes cultivares analisadas.

FV	GL	População	Altura	Diâmetro	Nº nós	Nº ramos
M7110IPRO						
Local	5	17,1581**	3625,2**	0,0446**	154,71**	2,4945**
Bloco	3	0,0445	26,0*	0,00608	33,063*	0,570
Resíduo	15	0,5101	6,1	0,00431	6,309	0,274
CV (%)		6,92	2,97	9,05	13,65	19,63
NS7209IPRO						
Local	5	8,2757**	5508,7**	0,0296**	201,49**	7,9884**
Bloco	3	1,0033	23,0	0,0078	2,46	0,5278
Resíduo	15	0,3696	11,4	0,0033	4,431	0,1976
CV (%)		5,82	3,68	7,70	11,00	12,46
8473 RSF						
Local	5	19,078**	3163,6**	0,00842 ^{ns}	60,461**	13,5386**
Bloco	3	0,7826	5,3	0,0033	0,873	0,8193
Resíduo	15	0,2999	11,5	0,0042	1,752	0,3766
CV (%)		4,75	4,01	8,67	7,65	22,92

* e ** significativo ao nível de 5% e 1%, respetivamente, pelo teste F ($p \leq 0,05$). ^{ns} não significativo. GL=graus de liberdade; QM=quadrado médio; CV=coeficiente de variação; FV=fontes de variação.

Apêndice B: Resumo da análise de variância (QM) para as variáveis número de vagens por planta, vagens com 0 (zero), 1, 2, 3 e 4 grãos nas diferentes cultivares analisadas.

FV	GL	nº vagens	v 0 grãos	v 1 grão	v 2 grãos	v 3 grãos	v 4 grãos
M7110IPRO							
Local	5	1144,21**	0,1328*	6,071**	46,722*	761,14**	3,323**
Bloco	3	69,87	0,0344	0,123	10,650	36,33	0,143
Resíduo	15	92,32	0,0376	0,236	14,378	38,00	0,065
CV (%)		17,22	61,20	14,94	21,19	18,62	20,97
NS7209IPRO							
Local	5	392,55**	1,4579**	64,212**	94,681*	249,072**	0,0299**
Bloco	3	10,19	0,0133	0,834	10,674	8,787	0,0144
Resíduo	15	9,93	0,1453	1,122	10,812	7,931	0,0060
CV (%)		6,13	65,40	15,26	12,79	15,59	66,40
8473 RSF							
Local	5	386,83**	3,6967**	98,141**	68,41**	232,24**	5,3393**
Bloco	5	5,51	0,0004	0,327	2,838	5,369	0,1678
Resíduo	15	21,69	0,0568	0,755	9,187	7,008	0,1878
CV (%)		7,66	25,85	11,24	13,30	9,88	17,45

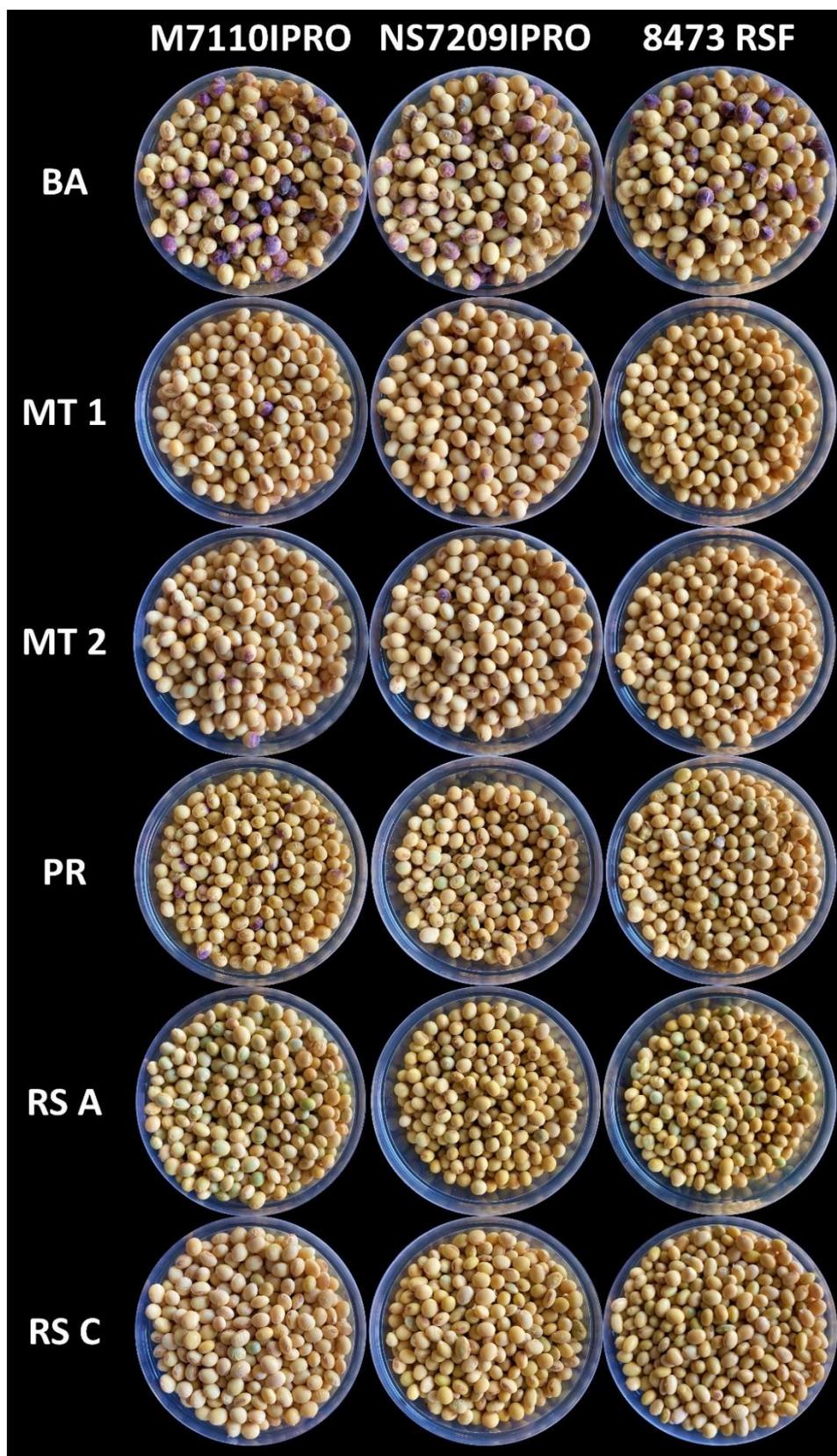
* e ** significativo ao nível de 5% e 1%, respetivamente, pelo teste F ($p \leq 0,05$). ^{ns} não significativo. GL=graus de liberdade; QM=quadrado médio; CV=coeficiente de variação; FV=fontes de variação.

Apêndice C: Resumo da análise de variância (QM) para as variáveis grãos por planta (gr/pl), grãos por vagem (gr/vg), peso de mil sementes (PMS), produtividade (kg ha⁻¹) e porcentagem de rasgo nas diferentes cultivares analisadas.

FV	GL	gr/pl	gr/vg	PMS	kg ha ⁻¹	rasgo (%)
M7110IPRO						
Local	5	9429,3**	0,0713**	884,55**	3983768**	7469,1**
Bloco	3	537,7	0,0047	78,16	52146	13,7
Resíduo	15	619,1	0,0035	43,07	172642	4,6
CV (%)		17,37	2,32	4,34	9,64	4,19
NS7209IPRO						
Local	5	3386,1**	0,2029**	3447,4**	11615821**	10288,5**
Bloco	3	5,8	0,0008	4,7	39579	2,1
Resíduo	15	35,9	0,0019	14,5	57104	2,8
CV (%)		5,30	2,01	2,13	5,52	6,13
8473 RSF						
Local	5	2759,35**	0,2638**	2255,89**	7113424**	3296,0**
Bloco	3	36,42	0,0044	36,36	17969	1,8
Resíduo	15	124,7	0,0067	32,55	57006	2,1
CV (%)		7,77	3,43	3,69	4,69	6,52

* e ** significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F ($p \leq 0,05$). ns não significativo. GL=graus de liberdade; QM=quadrado médio; CV=coeficiente de variação; FV=fontes de variação.

Apêndice D: Visual das sementes produzidas, de acordo com os diferentes locais.



BA: Correntina; MT:1 - Mato Grosso (Pedra Preta - primeira data de semeadura), MT 2 - Mato Grosso (Pedra Preta - segunda data de semeadura), PR - Paraná (Foz do Iguaçu), RS A - Rio Grande do Sul (Alegria) e RS C - Rio Grande do Sul (Cachoeira do Sul).

Capítulo III

Apêndice A. Resumo da análise de variância para as variáveis: vigor (VG), viabilidade (VB), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de soja armazenadas sob temperatura de 15°C.

NS 7209 IPRO - 15°C							
FV	GL	PCG	G	VG	VB	EA	CE
Rasgo	2	50.048*	94.619**	312.57**	122.71**	775.7**	785.77**
erro a	6	10.698	3.603	4.19	5.952	20.9	24.49
PA	6	217.032**	152.32**	411.14**	290.91**	4565.2**	2274.93**
Rasgo*PA	12	16.381 ^{ns}	23.989**	20.57**	8.548**	39.7 ^{ns}	91.65**
erro b	36	8.72	5.307	4.19	2.063	23.30	27.48
CV 1	-	3.65	2.06	2.35	2.62	7.33	6.18
CV 2	-	3.29	2.5	2.35	1.54	7.75	6.54
8473 RSF (GO) - 15°C							
FV	GL	PCG	G	VG	VB	EA	CE
Rasgo	2	13.825*	4.8254 ^{ns}	282.143**	124.00**	154.78*	417.99**
erro a	6	2.3016	1.7778	3.857	0.952	14.97	25.52
PA	6	16.4233**	8.8783**	147.905**	32.905**	852.80**	1515.48**
Rasgo*PA	12	1.5661 ^{ns}	1.1402 ^{ns}	7.976**	5.833**	32.46**	50.48**
erro b	36	2.542	1.6481	2.524	2.063	9.56	18.08
CV 1	-	1.56	1.36	2.16	1.02	4.36	7.55
CV 2	-	1.64	1.31	1.75	1.49	3.48	6.35
8473 RSF (MT) - 15°C							
FV	GL	PCG	G	VG	VB	EA	CE
Rasgo	2	40.444*	16.302 ^{ns}	273.00**	171.00**	176.57**	641.28**
erro a	6	5.429	4.0952	0.619	1.571	4.43	27.19
PA	6	29.037**	14.958**	164.33**	61.905**	414.81**	1034.60**
Rasgo*PA	12	3.648 ^{ns}	5.4497*	16.83**	13.333**	11.85 ^{ns}	33.57 ^{ns}
erro b	36	2.71	2.0952	5.841	3.016	13.95	19.18
CV 1	-	2.43	2.08	0.86	1.33	2.43	8.46
CV 2	-	1.72	1.49	2.66	1.84	4.31	7.10

** Significativo a nível de 1% de probabilidade. * Significativo a nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. PA: Período de armazenamento. CV: Coeficiente de variação. FV: fontes de variação. GL: Grau de liberdade.

Apêndice B. Resumo da análise de variância para as variáveis: vigor (VG), viabilidade (VB), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de soja armazenadas sob temperatura de 28°C.

NS 7209 IPRO - 28°C							
FV	GL	PCG	G	VG	VB	EA	CE
Rasgo	2	100.8**	178.8**	216.60**	348.4**	86.9**	1693.2**
erro a	6	3.1	5.5	15.4	2.8	3.7	31
PA	6	16330.7**	17242.1**	13334.0**	13581.2**	9401.3**	28356.0**
Rasgo*PA	12	38.6**	40.6**	36.7**	46.6*	42.4**	119.5**
erro b	36	4.00	4.5	12.3	18.7	8.80	32.1
CV 1	-	3.64	4.64	7.34	2.50	11.27	4.17
CV 2	-	4.13	4.19	6.56	6.49	17.5	4.23
8473 RSF (GO) - 28°C							
FV	GL	PCG	G	VG	VB	EA	CE
Rasgo	2	879.3**	995.3**	1068.1**	811.3**	530.3**	1131.4**
erro a	6	31.1	49.3	4.6	4.6	22	26.4
PA	6	12553.6**	12457**	7530.0**	5315.2**	14430.7**	10300.8**
Rasgo*PA	12	178.2**	266.7**	157.8**	95.0**	131.8**	120.9**
erro b	36	16.700	30.7	10.4	6.1	23.10	26.7
CV 1	-	8.30	10.05	3.2	2.77	12.22	5.53
CV 2	-	6.08	7.93	4.8	3.17	12.52	5.57
8473 RSF (MT) - 28°C							
FV	GL	PCG	G	VG	VB	EA	CE
Rasgo	2	695.8**	490.9**	316.7**	415.4**	954.1**	1468.2**
erro a	6	4.1	18.6	2	13.3	20.8	51
PA	6	11877**	11882.1**	10034**	6212.3**	13983.4**	8926.6**
Rasgo*PA	12	81.5**	49.9*	17.2 ^{ns}	18.3 ^{ns}	223.3**	120.6**
erro b	36	12.00	23.1	26.4	16	14.40	15.1
CV 1	-	3.01	6.16	2.15	4.76	13.13	8.46
CV 2	-	5.14	6.86	7.9	5.22	10.92	4.61

** Significativo a nível de 1% de probabilidade. * Significativo a nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. PA: Período de armazenamento. CV: Coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade.

Apêndice C. Resumo da análise de variância para a variável emergência em canteiro (EC) de sementes de soja armazenadas sob temperatura de 15°C e 28°C.

FV	GL	15°C			28°C		
		EC	EC	EC	EC	EC	EC
		NS 7209 IPRO	8473 RSF (GO)	8473 RSF (MT)	NS 7209 IPRO	8473 RSF (GO)	8473 RSF (MT)
Rasgo	2	40.444 ^{ns}	155.58 ^{**}	212.19 ^{**}	73.0 [*]	492.1 ^{**}	366.78 ^{**}
erro a	9	12.815	5.24	3.981	13.1	5.4	6.33
PA	2	80.444 ^{**}	361.00 ^{**}	87.11 ^{**}	14607.0 ^{**}	5136.1 ^{**}	2325.44 ^{**}
Rasgo*PA	4	68.778 ^{**}	3.08 ^{ns}	35.861 ^{**}	93.5 ^{**}	23.6 [*]	199.94 ^{**}
erro b	18	11.037	8.57	6.426	14.30	6.00	12.00
CV 1	-	4.14	2.60	2.24	6.25	3.19	3.21
CV 2	-	3.84	3.32	2.84	6.54	3.35	4.43

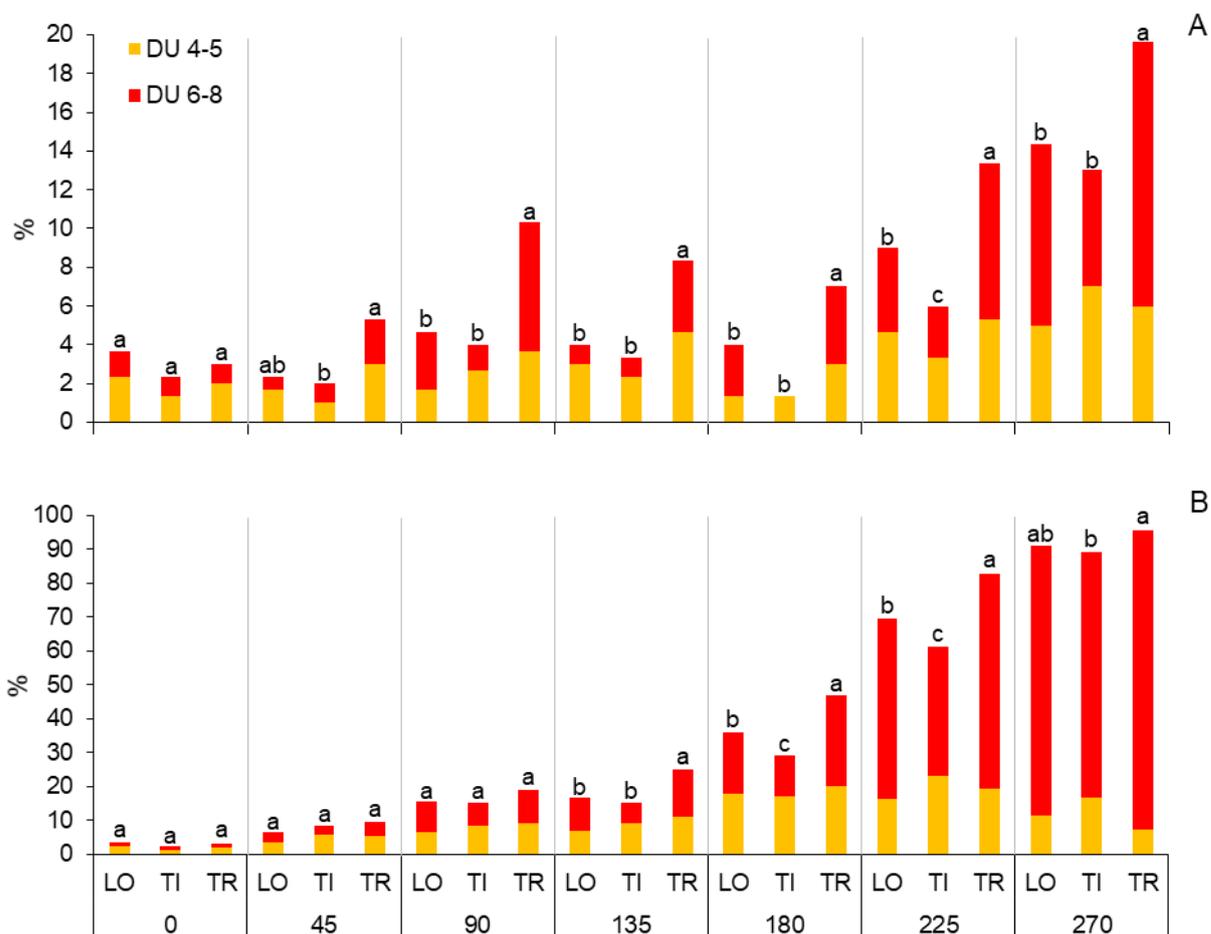
^{**} Significativo a nível de 1% de probabilidade. ^{*} Significativo a nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. PA: Período de armazenamento. CV: Coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade.

Apêndice D. Resumo da análise de variância para o somatório das classes DU 4-5 e DU 6-8, obtidas pelo teste de tetrazólio das sementes de soja do lote original (LO), tegumento integro (TI) e tegumento rasgado (TR), armazenadas sob temperatura de 15°C e 28°C.

FV	GL	15°C			28°C		
		DU 4-5	DU 6-8	DU 4-5 + DU 6-8	DU 4-5	DU 6-8	DU 4-5 + DU 6-8
Rasgo	2	9.333 ^{**}	82.730 ^{**}	133.635 ^{**}	27.68 ^{**}	505.2 ^{**}	426.3 ^{**}
erro a	6	0.282	0.831	1.438	1.05	2.5	5.8
PA	6	21.397 ^{**}	84.704 ^{**}	184.386 ^{**}	389.39 ^{**}	7959.4 ^{**}	10319.4 ^{**}
Rasgo*PA	12	1.833 ^{ns}	6.101 ^{**}	5.450 ^{**}	16.78 ^{**}	64.9 ^{**}	50.2 ^{**}
erro b	36	1.305	0.769	1.890	2.9	4.8	6.8
CV 1	-	16.9	25.6	17.9	9.7	6.4	6.8
CV 2	-	36.3	24.7	20.6	16.2	8.9	7.4

^{**} Significativo a nível de 1% de probabilidade. ^{*} Significativo a nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. PA: Período de armazenamento. CV: Coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade.

Apêndice E. Somatório das classes DU 4-5 e DU 6-8, obtidas pelo teste de tetrazólio das sementes de soja do lote original (LO), tegumento íntegro (TI) e tegumento rasgado (TR), armazenadas sob temperatura de 15°C (A) e 28°C (B).



* barras com mesma letra não diferem entre si, dentro de cada tempo de armazenamento (0, 45, 90, 135, 180, 225 e 270 dias).