

Efeito do tratamento químico sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao armazenamento

Effect of chemical treatment on the physiological quality of soybean seeds submitted to storage

Efecto del tratamiento químico sobre la calidad fisiológica de semillas de soja sometidas a almacenamiento

Recebido: 27/08/2022 | Revisado: 09/09/2022 | Aceito: 10/09/2022 | Publicado: 18/09/2022

Josef Gastl Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3492-1089>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: josef.gastl@ufu.br

Bruno de Moraes Nunes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5629-1287>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: bruno.nunes@uemg.br

Camila Moura Domingues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1176-9360>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: camila-domingues@hotmail.com

Vítor Batista Pereira Caetano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6908-2065>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: vitorbp2@hotmail.com

Letícia Alves da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0015-5574>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: leticia.alves2405@hotmail.com

Giulyana Isabele Silva Tavares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3709-4413>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: giulyanatavares@gmail.com

Arthur Ferreira Rezende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2567-4370>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: reezendeaf@gmail.com

Rúbya Nátyl Sousa Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8045-4747>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: rubyanataly@outlook.com

Vitória Cardoso Franco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8823-4527>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: vitoriaitba20@gmail.com

Ruan Ygor de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8650-1062>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: ruanycgolf@hotmail.com

Resumo

A prática do tratamento antecipado de sementes de soja pode ser prejudicial à qualidade fisiológica, devido ao potencial efeito fitotóxico. Assim, objetivou-se verificar o efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica de sementes de soja quando estas são submetidas a diferentes períodos de armazenamento. O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x5, isto é, duas cultivares de soja (NS6906 IPRO e NS7667 IPRO), dois tratamentos químicos de sementes (controle e tratada com fungicida e inseticida) e cinco períodos de armazenamento (0; 15; 30; 45 e 60 dias), com quatro repetições de 50 sementes cada. Os parâmetros avaliados no teste de germinação foram primeira contagem e porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio e velocidade média de germinação, enquanto que no teste de emergência foram porcentagem e índice de velocidade de emergência e, por fim, a foi avaliada a condutividade elétrica. O período de armazenamento das sementes de soja exerceu efeito negativo sobre seu vigor e qualidade, tendo este fator seus efeitos maximizados

quando aliado ao tratamento químico das sementes com inseticida e fungicida, em especial a partir dos 30 dias de armazenamento. O tratamento químico de sementes, no geral foi prejudicial para a condutividade elétrica, porcentagem de emergência, velocidade média e tempo médio de germinação. A cultivar NS6906 foi a que apresentou pior resposta ao período de armazenamento e ao tratamento químico das sementes, tendo a NS7667 maior tolerância às condições de armazenamento, portanto, indicada para o tratamento antecipado.

Palavras-chave: Deterioração; *Glycine max* L; Vigor.

Abstract

Soybean seeds early treatment practice of early treatment of soybean seeds can be harmful to the physiological quality, due to the potential phytotoxic effect. Thus, the objective was to verify chemical treatment effect on soybean seeds physiological quality when submitted to different storage periods. The design used was completely randomized, in a 2x2x5 factorial scheme, that is, two soybean cultivars (NS6906 IPRO and NS7667 IPRO), two chemical seed treatments (control and treated with fungicide and insecticide) and five storage periods (0; 15; 30; 45 and 60 days), with four replications with 50 seeds each. Parameters evaluated in germination test were: first count and germination percentage, germination speed index, average time and germination speed, while in emergency test they were percentage and emergence speed index and, finally, electric conductivity. The storage period of soybean seeds had a negative effect on their vigor and quality, and this factor maximized its effects when combined with the chemical treatment of the seeds with insecticide and fungicide, especially after 30 days of storage. The chemical treatment of seeds, in general, was harmful to electrical conductivity, percentage of emergence, average speed and average germination time. The cultivar NS6906 showed the worst response to the storage period and to the chemical treatment of the seeds, with NS7667 having the highest tolerance to storage conditions, therefore, indicated for early treatment.

Keywords: Deterioration; *Glycine max* L; Vigor.

Resumen

La práctica del tratamiento temprano de semillas de soja puede ser perjudicial para la calidad fisiológica, debido al potencial efecto fitotóxico. Así, el objetivo fue verificar el efecto del tratamiento químico sobre la calidad fisiológica de semillas de soja cuando son sometidas a diferentes períodos de almacenamiento. El diseño utilizado fue completamente al azar, en esquema factorial 2x2x5, es decir, dos cultivares de soja (NS6906 IPRO y NS7667 IPRO), dos tratamientos químicos a la semilla (testigo y tratada con fungicida e insecticida) y cinco periodos de almacenamiento (0; 15; 30; 45 y 60 días), con cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Los parámetros evaluados en la prueba de germinación fueron el primer conteo y porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, tiempo promedio y velocidad promedio de germinación, mientras que en la prueba de emergencia fueron porcentaje e índice de velocidad de emergencia y, por último, se evaluó la conductividad eléctrica. El período de almacenamiento de las semillas de soja tuvo un efecto negativo sobre su vigor y calidad, y este factor maximizó sus efectos cuando se combinó con el tratamiento químico de las semillas con insecticida y fungicida, especialmente después de 30 días de almacenamiento. El tratamiento químico de las semillas, en general, fue perjudicial para la conductividad eléctrica, porcentaje de emergencia, velocidad media y tiempo medio de germinación. El cultivar NS6906 mostró la peor respuesta al período de almacenamiento y al tratamiento químico de las semillas, siendo el NS7667 el de mayor tolerancia a las condiciones de almacenamiento, por lo tanto, indicado para tratamiento temprano.

Palabras clave: Deterioro; *Glycine max* L; Vigor.

1. Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill), pertencente à família Fabaceae, é originária da Ásia, utilizada há mais de 4.500 anos como grão na dieta humana e de animais, em função das suas características nutracêuticas, uma vez que seus grãos são ricos em proteínas e vitaminas, que trazem grandes benefícios para aqueles que o consomem (Mundstock & Thomas, 2005). A cultura é a mais importante do Brasil, ao ocupar a 1ª colocação, com produção estimada na safra 2020/21 de 133,692 milhões de toneladas (Conab, 2021).

O uso de sementes de boa qualidade é fundamental, pois estas proporcionarão a produção de plantas saudáveis com a obtenção de um estande adequado, que conseqüentemente, resultará em colheitas com elevadas produtividades (Delouche, 1997). Os aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários são componentes fundamentais para se determinar a qualidade de sementes (Marcos Filho, 2015).

A qualidade das sementes da soja são afetadas diretamente pela presença de fungos e insetos, que gradualmente tem se adaptado e se reproduzido em ambientes de armazenamento. De acordo com Grisi e Santos (2010) o tratamento químico das

sementes é um método preventivo e que visa retardar a disseminação de pragas e fungos fitopatogênicos, transmitidos pelas sementes, ao proporcionar segurança no estabelecimento do estande, e conseqüentemente, controlar doenças e pragas na fase inicial de implantação da cultura.

Devido ao crescente uso de fungicidas e inseticidas, existe a necessidade de analisar se estes produtos químicos influenciam à qualidade fisiológica das sementes armazenadas, pois esta é fundamental para uma boa produtividade e rendimento da cultura. Uma vez que os estudos nesta área são escassos e não há um consenso sobre a correlação negativa do tratamento das sementes com a redução da sua germinação e vigor, relevante do ponto de vista ecológico e econômico questionar o uso de tratamento químico durante o armazenamento, ao avaliar se afetam ou não, a usa qualidade fisiológica.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e no vigor de sementes de soja quando submetidas a diferentes períodos de armazenamento.

2. Metodologia

A condução do experimento ocorreu no Laboratório de Análise de Sementes (LASE) e no Laboratório de Química Industrial Sucroalcooleiro (LQIS) da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ituiutaba, no município de Ituiutaba (MG), entre os meses de dezembro de 2020 à fevereiro de 2021, conforme critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (RAS; Brasil, 2009).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 5, isto é, duas cultivares de soja (NS 6906 IPRO e NS 7667 IPRO), dois tratamentos químicos de sementes (controle e tratada com fungicida e inseticida) e cinco períodos de armazenamento (0; 15; 30; 45 e 60 dias), com quatro repetições de 50 sementes cada, o que totalizou 24 tratamentos e 96 parcelas experimentais.

A espécie utilizada no presente estudo foi *Glycine max* (L.) Merrill, popularmente denominada soja, em que foram utilizados dois genótipos distintos: a NS 6906 IPRO e a NS 7667 IPRO ambas da empresa Nidera Sementes. A NS 6906 IPRO é caracterizada como um material superprecoce, com alta produtividade, com excelente peso de grãos, arquitetura favorável ao controle de doenças, elevado potencial para antecipar plantio de safrinha, tipo de crescimento indeterminado, pertencente ao grupo de maturação 7.0. Suas sementes foram produzidas na safra agrícola 2019/2020. A NS 7667 IPRO é descrita com alto potencial produtivo, apresenta ampla adaptação geográfica, alta capacidade de engalhamento, tem arquitetura favorável ao controle de doenças, tipo de crescimento indeterminado, pertencente ao grupo de maturação 7.6. As sementes da cultivar foram obtidas da safra agrícola 2019/2020.

O tratamento químico das sementes das duas cultivares foi realizado em 11 de dezembro de 2020, ao utilizar um inseticida sistêmico comercial (150 g L⁻¹ de Imidacloprido e 450 g L⁻¹ de Tiodicarbe, 500 mL 100 kg de sementes⁻¹) e um fungicida sistêmico comercial (150 g L⁻¹ de Carbendazim e 350 g L⁻¹ de Tiram, 200 mL 100 kg sementes⁻¹). As sementes foram tratadas manualmente em sacos plásticos, por meio de movimentos aleatórios, durante 2 minutos e, de forma a homogeneizar o contato do inseticida e do fungicida com as sementes

O armazenamento das sementes foi simulado ao acondicionar estas em sacos plásticos transparentes, em que a boca do saco foi fechado com arame e guardado em local escuro, a temperatura ambiente e sem umidade. A abertura foi realizada a cada 15 dias tão somente para a amostragem e realização das análises da qualidade fisiológica e vigor.

Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes submetidas a diferentes períodos de armazenamento, foram aplicados três testes distintos: germinação realizado em papel germitest[®], o teste de emergência realizado em areia e o teste da condutividade elétrica das sementes.

O teste de germinação foi implantado conforme os critérios estabelecidos pelas RAS (Brasil, 2009). Com o auxílio de um contador de sementes, foram semeadas 50 sementes sobre duas folhas de papel Germitest[®], cobertas com a terceira folha,

em seguida umedecidas com volume de 2,5 vezes a massa das 3 folhas secas com água destilada para as sementes tratadas e solução de 1,5% de Nistatina® para o controle. (Brasil, 2009).

Posteriormente, foram confeccionados rolos, que foram acondicionados em sacos plásticos, levados para estufa de germinação à 25°C com fotoperíodo de 24 horas. A germinação foi monitorada diariamente, com contagens realizadas do quinto ao oitavo dia (Brasil, 2009).

A primeira variável obtida foi a primeira contagem de germinação (PCG) no quinto dia após a semeadura. O critério utilizado para considerar uma semente germinada foi a emissão de radícula mínima de 2 mm, conforme preconizado pelas RAS (Brasil, 2009). A fórmula empregada para cálculo da germinação foi a proposta por Nassif e Perez (2000):

$$\text{Sementes Germinadas (\%)} = \frac{A}{N} \times 100$$

Em que, A é o número de sementes germinadas; N é o número total de sementes colocadas para germinar. O resultado final foi expresso em porcentagem (%).

Aos oito dias após a semeadura foi realizada a última contagem, em que se avaliou a porcentagem total de sementes germinadas (%G). O critério empregado para considerar a semente germinada foi a emissão de radícula (Brasil, 2009). A fórmula utilizada para o cálculo da germinação foi a proposta por Nassif e Perez (2000).

Foram estimados o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG) e a velocidade média de germinação (VMG), a partir de dados obtidos diariamente do quinto ao oitavo dia, cujas sementes apresentaram de radícula mínima de 2 mm.

O IVG foi estimado por meio da fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \sum \frac{n_i}{t_i}$$

Em que, n_i é o número de sementes germinadas por dia; t_i é o tempo de incubação em dias. O resultado final foi expresso em unidade adimensional.

O TMG foi estimado utilizando a equação proposta por Nassif e Perez (2000):

$$TMG \text{ (dias)} = \frac{\sum n_i \times t_i}{\sum n_i}$$

Em que, TMG é o tempo médio de incubação; n_i é o número de sementes germinadas por dia; t_i é o tempo de incubação em dias. O resultado final foi expresso em dias.

A VMG foi estimada através da equação proposta por Nassif e Perez (2000):

$$VMG \text{ (semente dia}^{-1}\text{)} = \frac{1}{TMG}$$

Em que, VMG é a velocidade média de germinação; TMG é o tempo médio de germinação. O resultado final foi expresso em sementes dia⁻¹.

O teste de emergência foi implantado ao utilizar bandejas plásticas preenchidas com, aproximadamente, 5 cm de areia média. Cada bandeja plástica consistiu uma parcela experimental, em que foram semeadas 50 sementes a uma profundidade de 2 cm. O substrato foi umedecido até atingir 60% da capacidade de campo.

As bandejas plásticas foram mantidas a temperatura ambiente no LQIS com fotoperíodo constante, com a emergência monitorada diariamente, e a contagem das plântulas emergidas do quinto ao oitavo dia após a semeadura (Brasil, 2009).

A porcentagem de emergência (%E) foi determinada no oitavo dia após a semeadura. O critério utilizado para considerar uma plântula emergida foi ao atingir estágio VE. A fórmula empregada para o cálculo da emergência foi a proposta por Nassif e Perez (2000), utilizada para a PCG e %G.

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi estimado a partir dos dados de emergência obtidos diariamente do quinto ao oitavo dia. O IVE foi estimado por meio da fórmula proposta por Maguire (1962), supracitada.

Para a condutividade elétrica (CE) das sementes de soja foi utilizado o método de massa (Aosa, 1983), ao utilizar quatro repetições de 50 sementes, previamente pesadas, imersas em 75 mL de água destilada, que permaneceram em estufa de germinação a 25°C, por 24 horas (Hampton & Tekrony, 1995; Krzyzanowski et al., 2021).

A leitura de CE das soluções foi realizada com condutímetro portátil (Gehaka, CG1400, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$). A fórmula utilizada para estimar a CE das sementes foi descrita em Sá et al. (2011):

$$CE (\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}) = \frac{L-B}{P}$$

Em que, CE é a condutividade elétrica; L é a leitura da amostra no condutímetro, em $\mu\text{S.cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$; B é a leitura do branco, água destilada, em $\mu\text{S.cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$; P é o peso da amostra em g.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias do efeito simples de cultivar e do efeito simples de tratamento foram comparadas pelo teste de comparação múltipla de F de Snedecor a 5% de probabilidade de erro, enquanto as médias do efeito simples de períodos de armazenamento foram avaliadas por meio de análise de regressão polinomial, pelo critério de escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos em 5% de probabilidade pelo teste t de Student. O programa estatístico utilizado foi o R versão 3.6.2 (R Core Team, 2019), com scripts desenvolvidos para o pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (Ferreira et al., 2010). Os dados para gráficos foram organizados em planilhas eletrônicas, e então os gráficos foram gerados em software SigmaPlot 14.0.

3. Resultados e Discussão

Não foi verificada interação significativa entre os fatores cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para PCG. Para a interação entre tratamento químico e períodos de armazenamento das sementes foi verificada interação significativa, em que foram observadas diferenças significativas entre o controle e sementes tratadas nos períodos de armazenamento de 30, 45 e 60 dias, ou seja, o tratamento químico das sementes de soja reduziu o vigor das sementes a partir dos 30 dias de armazenamento (Tabela 1).

Outros pesquisadores constataram redução nos valores de primeira contagem da germinação ao longo do armazenamento quando utilizaram sementes de crambe (*Crambe abyssinica*) durante nove meses, em diferentes embalagens (Cardoso et al., 2012). De acordo com Cunha et al. (2009), a deterioração pode se intensificar com o prolongamento do período de armazenamento, mesmo em ambiente refrigerado.

Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares e períodos de armazenamento, uma vez que aos 0 e 15 dias após o armazenamento as sementes das cultivares NS 6906 e NS 7667 apresentaram a mesma taxa de PCG, entretanto, aos 30, 45 e 60 dias foi observado que a NS 6906 apresentou decréscimo significativo na taxa de primeira contagem de germinação quando comparada a NS 7667, o que indica que aquela cultivar foi mais afetada pelo período de armazenamento (Tabela 1).

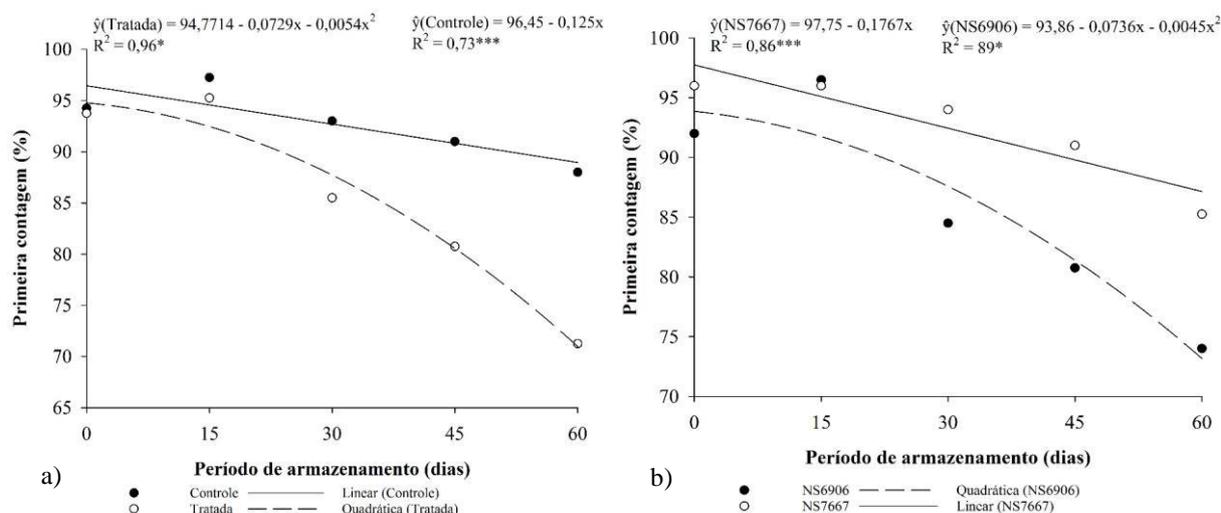
Tabela 1. Primeira contagem (%) de germinação de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes		Média
		Controle	Tratada	
0	NS 6906	91,50	92,50	92,00 A
	NS 7667	97,00	95,00	96,00 A
	Média	94,25 a	93,75 a	
15	NS 6906	99,50	93,50	96,50 A
	NS 7667	95,00	97,00	96,00 A
	Média	97,25 a	95,25 a	
30	NS 6906	86,50	82,50	84,50 B
	NS 7667	9,50	88,50	94,00 A
	Média	93,00 a	85,50 b	
45	NS 6906	85,00	76,50	80,75 B
	NS 7667	97,00	85,00	91,00 A
	Média	91,00 a	80,75 b	
60	NS 6906	83,00	65,00	74,00 B
	NS 7667	93,00	77,50	85,25 A
	Média	88,00 a	71,25 b	
Cultivar (C)			***	
Tratamento (T)			***	
Período (P)			***	
C x T			ns	
C x P			**	
T x P			***	
C x T x P			ns	
CV (%)			2,75	

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. **: significativo a 1% pelo teste F. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

Foi observado que a PCG, tanto nas sementes de soja tratadas, quanto nas sem tratamento, apresentaram tendência de decréscimo em função do aumento do período de armazenamento, em que as sementes tratadas se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, com PCG máxima de 94,78% aos 0,148 dias de armazenamento, enquanto que as sementes sem tratamento se ajustaram ao modelo linear de regressão. Foi possível inferir que as sementes de soja tratadas apresentaram queda na PCG mais acentuada que em relação ao controle (Figura 1a).

Figura 1. Primeira contagem de germinação de sementes de soja com e sem tratamento químico (a) e de duas cultivares (b) em função do período de armazenamento no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Foi verificado para PCG que as sementes da cultivar NS 7667 e NS 6906 foram afetadas negativamente pelo aumento do período de armazenamento, em que a PCG das sementes da cultivar NS 6906 se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, tendo tido PCG máxima de 94,76% aos -8,17 dias de armazenamento, enquanto que a PCG das sementes da cultivar NS 7667 se ajustaram ao modelo linear de regressão. Foi possível inferir que as sementes da cultivar NS 6906 apresentaram queda na PCG mais acentuada que em relação à NS 7667 (Figura 1b).

Não foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para %G de sementes de soja. Para a interação entre tratamento químico e períodos de armazenamento foi verificada interação significativa, isto é, foi observado que o comportamento germinativo das sementes do tratamento controle e do tratadas se manteve igual aos 0 e 15 dias de armazenamento, em que aos 30, 45 e 60 dias a %G das sementes tratadas foi menor que em relação ao tratamento controle, o que denota que as sementes tiveram uma redução significativa do seu vigor (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de germinação (%) de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes		Média
		Controle	Tratada	
0	NS 6906	98,00	96,00	97,00 A
	NS 7667	99,00	97,00	98,00 A
	Média	98,50 a	96,50 a	
15	NS 6906	100,00	95,50	97,75 A
	NS 7667	98,50	99,00	98,75 A
	Média	99,25 a	97,25 a	
30	NS 6906	91,00	86,50	88,75 B
	NS 7667	99,50	95,50	97,50 A
	Média	95,25 a	91,00 b	
45	NS 6906	99,00	90,50	94,75 A
	NS 7667	99,00	92,50	95,75 A
	Média	99,00 a	91,50 b	
60	NS 6906	98,50	91,00	94,75 A
	NS 7667	97,00	84,00	90,50 B
	Média	97,75 a	87,50 b	
Cultivar (C)				*
Tratamento (T)				***
Período (P)				***
C x T				ns
C x P				***
T x P				**
C x T x P				ns
CV (%)				2,10

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. *: significativo a 5% pelo teste F. **: significativo a 1% pelo teste F. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

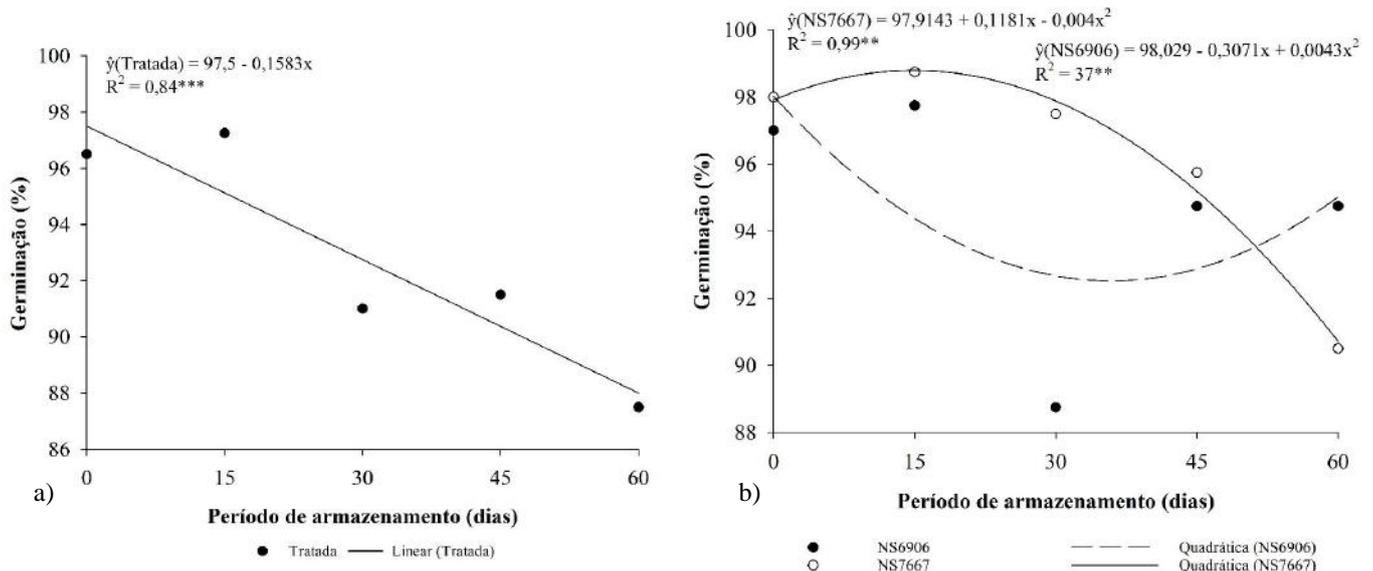
Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares e períodos de armazenamento, em que as taxas de %G foram similares entre si aos 0 e 15 dias de armazenamento, e que aos 30, 45 e 60 dias de armazenamento a cultivar NS 6906 apresentou os menores valores de %G quando comparada com a cultivar NS 7667, o que indica que aquela cultivar sofre mais os efeitos do armazenamento, com vigor diminuído (Tabela 2). Em relação a taxa de germinação das sementes, estas se mantiveram no período avaliado dentro do permitido pela Instrução Normativa 45 (Brasil, 2013) que preconiza germinação mínima de 80,0% para as sementes de soja.

Estevão e Possamai (2002) ressaltam que as sementes de soja perdem sua viabilidade após 120 dias de armazenamento em condições tropicais simuladas (câmara a 25 °C e 85% de UR), mas o resfriamento artificial manteve a qualidade fisiológica de sementes de milho e soja durante o armazenamento (Carvalho & Silva, 1994).

Foi observado que a %G das sementes sem tratamento (controle) não foram influenciadas significativamente pelo aumento do período de armazenamento, entretanto para as sementes tratadas a %G apresentou tendência linear negativa em função do aumento do período de armazenamento, com ajuste ao modelo linear de regressão (Figura 2a).

Dan et al. (2010) verificaram em seu estudo que a germinação das sementes de soja submetidas ao armazenamento e ao tratamento químico, que os inseticidas, com exceção do thiamethoxam, reduziram significativamente a germinação das sementes, no decorrer do armazenamento, em comparação com a testemunha, correlacionando-se com os resultados do presente estudo.

Figura 2. Porcentagem de germinação de sementes de soja com e sem tratamento químico (a) e de duas cultivares (b) em função do período de armazenamento no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Foi verificado para %G as cultivares NS 7667 e NS 6906 foram afetadas negativamente pelo aumento do período de armazenamento, em que a %G para NS 6906 se ajustou ao modelo quadrático de regressão, com %G mínima de 92,54% aos 35,71 dias de armazenamento, enquanto que a %G para NS 7667 se ajustou ao modelo quadrático de regressão, com %G máxima de 98,79% aos 14,76 dias de armazenamento. Foi possível inferir que as sementes da cultivar NS 6906 apresentaram queda na %G mais acentuada que em relação à NS 7667 (Figura 2b).

Almeida et al. (2010) observaram queda linear na germinação das sementes de soja durante o armazenamento de 180 dias, em condições ambientais. Pereira et al. (2007) observaram redução da germinação de sementes de soja submetidas ao armazenamento por nove meses, corroborando com os resultados do presente estudo.

Não foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para IVG. Para a interação entre tratamento químico e períodos de armazenamento das sementes foi verificada interação significativa, isto é, foi observado que o IVG do tratamento controle e do tratado se manteve igual aos 0 e 15 dias de armazenamento, em que aos 30, 45 e 60 dias a IVG das sementes tratadas foi menor que em relação ao tratamento controle, o que significa que as sementes tiveram uma redução significativa do seu vigor (Tabela 3).

Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares e períodos de armazenamento, em que as sementes das duas cultivares mantiveram IVG iguais entre si aos 0, 15 e 60 dias de armazenamento, em que aos 30 e 45 dias de armazenamento foi observado que NS 6906 apresentou menor vigor quando comparada com a NS 7667, o que indica que aquela cultivar sofre mais os efeitos do armazenamento, com seu vigor diminuído (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de velocidade de germinação de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes		Média
		Controle	Tratada	
0	NS 6906	9,6917	9,5357	9,6137 A
	NS 7667	9,8667	9,6667	9,7667 A
	Média	9,7792 a	9,6012 a	
15	NS 6906	9,9917	9,5063	9,7490 A
	NS 7667	9,7917	9,8399	9,8158 A
	Média	9,8917 a	9,6731 a	
30	NS 6906	8,9982	8,5670	8,7826 B
	NS 7667	9,9500	9,4125	9,6813 A
	Média	9,4741 a	8,9897 b	
45	NS 6906	9,5253	8,6961	9,1107 B
	NS 7667	9,8607	9,0655	9,4631 A
	Média	9,6930 a	8,8808 b	
60	NS 6906	9,3833	8,3690	8,8762A
	NS 7667	9,6229	8,2470	8,9350 A
	Média	9,5031 a	8,3080 b	
Cultivar (C)				***
Tratamento (T)				***
Período (P)				***
C x T				ns
C x P				**
T x P				***
C x T x P				ns
CV (%)				21,32

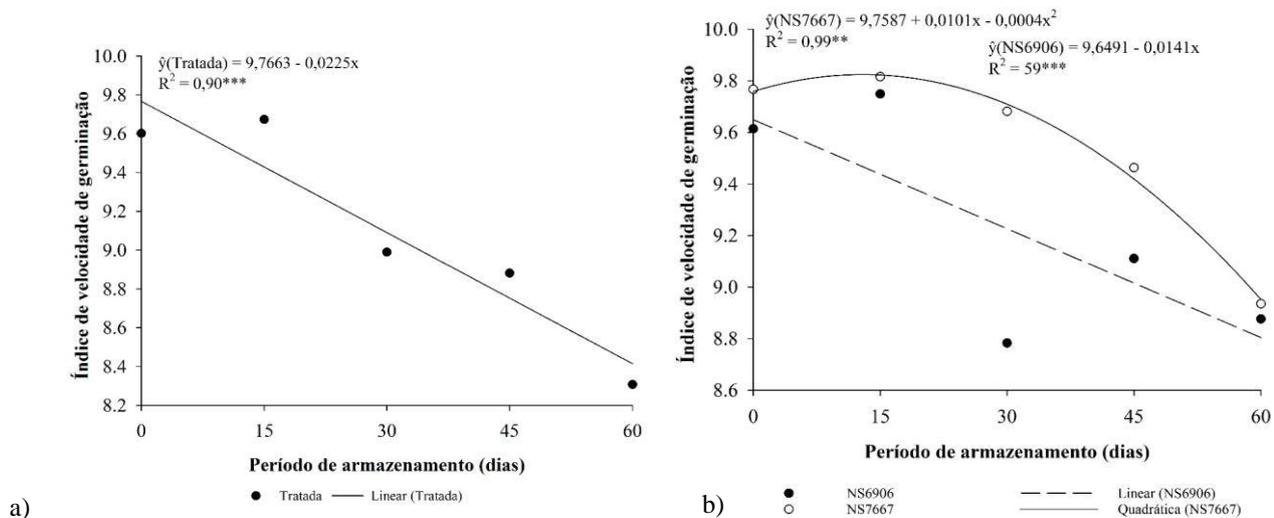
Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. **: significativo a 1% pelo teste F. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

Para Silva e Vieira (2006), entre os testes de vigor mais conhecidos inclui-se o IVG, que é de fácil execução, uma vez que a coleta de dados é efetuada no próprio teste de germinação. O teste de velocidade de germinação considera que lotes cujas sementes germinam mais rápido, são mais vigorosos havendo relação direta entre velocidade de germinação e vigor das sementes.

Foi observado que a IVG das sementes do tratamento controle não foram influenciadas significativamente pelo aumento do período de armazenamento, entretanto para as tratadas a IVG apresentou tendência linear negativa em função do aumento do período de armazenamento, se ajustado ao modelo linear de regressão (Figura 3a).

Foi verificado para IVG que NS 7667 e NS 6906 foram afetadas negativamente pelo aumento do período de armazenamento, em que a IVG NS 6906 se ajustou ao modelo linear de regressão, enquanto que NS 7667 se ajustou ao modelo quadrático de regressão, com IVG máximo de 9,8225 aos 12,63 dias de armazenamento. A NS 6906 apresentou queda no IVG mais acentuada que em relação à NS 7667 (Figura 3b).

Figura 3. Índice de velocidade de germinação de sementes de soja com e sem tratamento químico (a) e de duas cultivares (b) em função do período de armazenamento no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Não foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para TMG, assim como para a interação entre tratamento químico e períodos de armazenamento. Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares e períodos de armazenamento, em que, o tempo necessário para a germinação foi igual entre as duas cultivares aos 0, 15 e 30 dias, em que a partir dos 45 e 60 dias para NS 6906 demandaram um maior tempo, o que é um indicativo que seu vigor foi prejudicado pelo armazenamento. Em relação ao fator simples de tratamento químico, foi verificada diferenças significativas, em que foi observado que o tratamento com o inseticida e fungicida foi prejudicial, quando comparado ao controle, o que denota que o tratamento acelera a deterioração das sementes (Tabela 4).

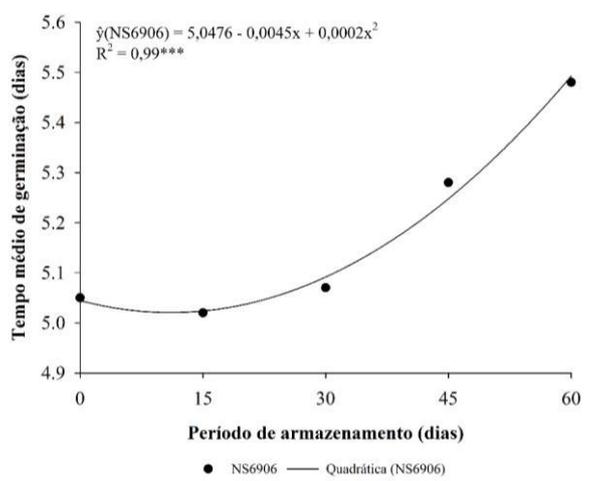
Tabela 4. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes		Média
		Controle	Tratada	
0	NS 6906	5,07	5,04	5,05 A
	NS 7667	5,02	5,02	5,02 A
15	NS 6906	5,01	5,03	5,02 A
	NS 7667	5,04	5,05	5,04 A
30	NS 6906	5,08	5,07	5,07 A
	NS 7667	5,00	5,09	5,05 A
45	NS 6906	5,27	5,28	5,28 B
	NS 7667	5,03	5,14	5,08 A
60	NS 6906	5,36	5,60	5,48 B
	NS 7667	5,05	5,12	5,09 A
	Média	5,09 a	5,14 b	
Cultivar (C)				***
Tratamento (T)				**
Período (P)				***
C x T				ns
C x P				***
T x P				ns
C x T x P				ns
CV (%)				33,84

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. **: significativo a 1% pelo teste F. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

Foi verificado para TMG que NS 7667 não foi afetada pelo aumento de período de armazenamento, entretanto, para NS 6906 foi observado que o tempo necessário para germinação apresentou tendência de crescimento, o que é negativo, se ajustou ao modelo quadrático de regressão com TMG mínimo de 5,02 dias aos 11,25 dias (Figura 4).

Figura 4. Tempo médio de germinação de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico em função do período de armazenamento das sementes no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Não foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para VMG, assim como para a interação entre tratamento químico e períodos de armazenamento. Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares e períodos de armazenamento, em que, a quantidade de

sementes germinadas por dia foi igual entre as duas cultivares aos 0, 15 e 30 dias, em que a partir dos 45 e 60 dias de armazenamento a cultivar NS 6906 apresentou menos sementes germinadas ao final do dia (Tabela 5).

Tabela 5. Velocidade média de germinação (sementes dia⁻¹) de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

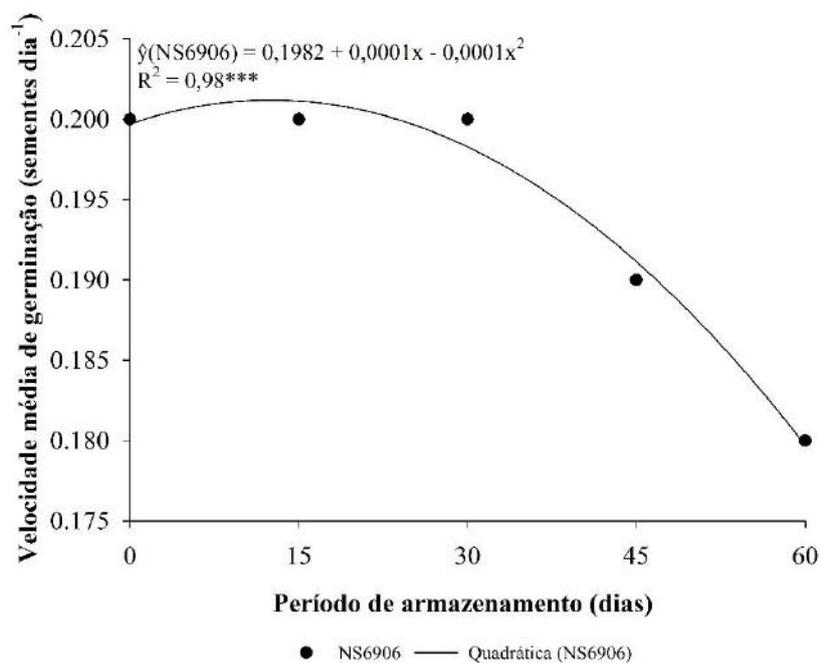
Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes		Média
		Controle	Tratada	
0	NS 6906	0,1974	0,1983	0,1979 A
	NS 7667	0,1992	0,1992	0,1992 A
15	NS 6906	0,1998	0,1988	0,1993 A
	NS 7667	0,1986	0,1982	0,1984 A
30	NS 6906	0,1971	0,1974	0,1972 A
	NS 7667	0,2000	0,1963	0,1982 A
45	NS 6906	0,1897	0,1893	0,1895 B
	NS 7667	0,1990	0,1946	0,1968 A
60	NS 6906	0,1868	0,1790	0,1829 B
	NS 7667	0,1980	0,1952	0,1966 A
	Média	0,1966 a	0,1946 b	
Cultivar (C)				***
Tratamento (T)				**
Período (P)				***
C x T				ns
C x P				***
T x P				ns
C x T x P				ns
CV (%)				11,43

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. **: significativo a 1% pelo teste F. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

Com relação ao fator simples de tratamento químico, foi observado que o tratamento com o inseticida e fungicida foi prejudicial para VMG, com queda na velocidade de germinação quando comparado ao controle, o que denota que o tratamento acelera a deterioração das sementes e prejudica a sua germinação, por causa de efeitos fitotóxicos (Tabela 5).

Foi verificado para VMG que a cultivar NS 7667 não foi afetada pelo aumento de período de armazenamento, entretanto, para NS 6906 foi observado que a quantidade de sementes germinadas por dia apresentou tendência de decréscimo, se ajustou ao modelo quadrático, com VMG máximo de 0,1982 sementes dia⁻¹ aos 0,5 dias (Figura 5).

Figura 5. Velocidade média de germinação de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico em função do período de armazenamento das sementes no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Não foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para %E. Para a interação entre tratamento químico e períodos de armazenamento não foi verificada interação significativa. Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares e períodos de armazenamento, em que, a taxa de emergência foi igual aos 15 e 45 dias entre as duas cultivares, enquanto que aos 0, 30 e 60 dias a %E da NS 6906 foi inferior ao da NS 7667. Com relação ao fator simples de tratamento químico, foi verificada diferenças significativas para %E, em que foi observado que o tratamento com o inseticida e fungicida foi prejudicial, reduzindo a velocidade de germinação quando comparado ao controle, o que denota que o tratamento acelera a deterioração das sementes (Tabela 6). Foi observado em alguns tratamentos, que a %E da NS 6906 foi inferior ao preconizado pela Instrução Normativa 45 (Brasil, 2013).

Tabela 6. Porcentagem de emergência (%) de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

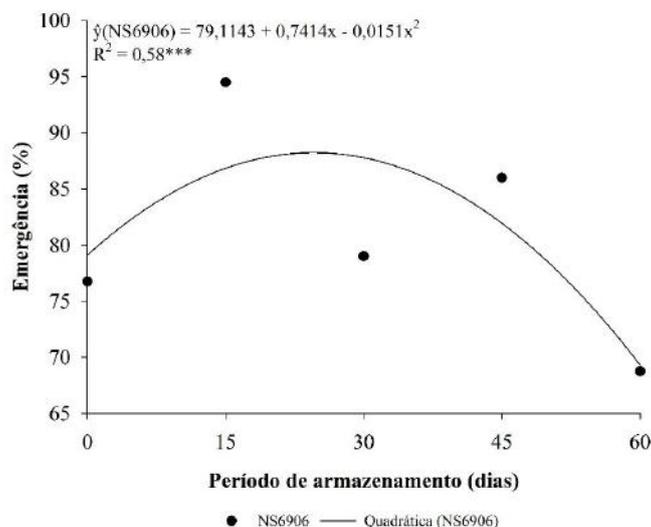
Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes		Média
		Controle	Tratada	
0	NS 6906	86,50	67,00	76,75 B
	NS 7667	99,00	97,00	98,00 A
15	NS 6906	95,00	94,00	94,50 A
	NS 7667	96,00	95,00	95,50 A
30	NS 6906	79,50	78,50	79,00 B
	NS 7667	96,00	86,00	91,00 A
45	NS 6906	86,50	85,50	86,00 A
	NS 7667	94,00	83,00	88,50 A
60	NS 6906	71,00	66,50	68,75 B
	NS 7667	96,00	83,50	89,75 A
	Média	89,95 a	83,60 b	
Cultivar (C)			***	
Tratamento (T)			***	
Período (P)			***	
C x T			ns	
C x P			***	
T x P			ns	
C x T x P			ns	
CV (%)			3,26	

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. ^{***}: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

Godoy et al. (1990) constataram menores porcentagens e velocidade de emergência, quando as sementes de milho foram tratadas com inseticidas como o carbofuran. Cunha et al. (2009) ao avaliarem qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento, verificaram que o armazenamento reduziu o vigor das sementes colhidas.

Foi verificado para %E que a NS 7667 não foi afetada pelo aumento de período de armazenamento, porém, para NS 6906 foi observado que a %E apresentou tendência de decrescimento, se ajustou ao modelo quadrático, com %E máxima de 88,22% aos 24,55 dias de armazenamento (Figura 6).

Figura 6. Porcentagem de emergência de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico em função do período de armazenamento das sementes no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para IVE de sementes de soja. Ao considerar o tratamento controle, foi verificado que NS 6906 apresentou o menor vigor que em relação à NS 7667 aos 0, 30, 45 e 60 dias. Enquanto que as sementes tratadas, NS 6906 apresentou IVE inferior aos 0 e 60 dias. A nível de cultivar, foi constatado que a NS 6906 apresentou menor IVE para as sementes tratadas apenas aos 0 dias. Em relação a NS 7667, foi observado que o IVE foi inferior aos 30, 45 e 60 dias, o que indica que o tratamento com inseticida e fungicida prejudicou o vigor das sementes a partir dos 30 dias (Tabela 7).

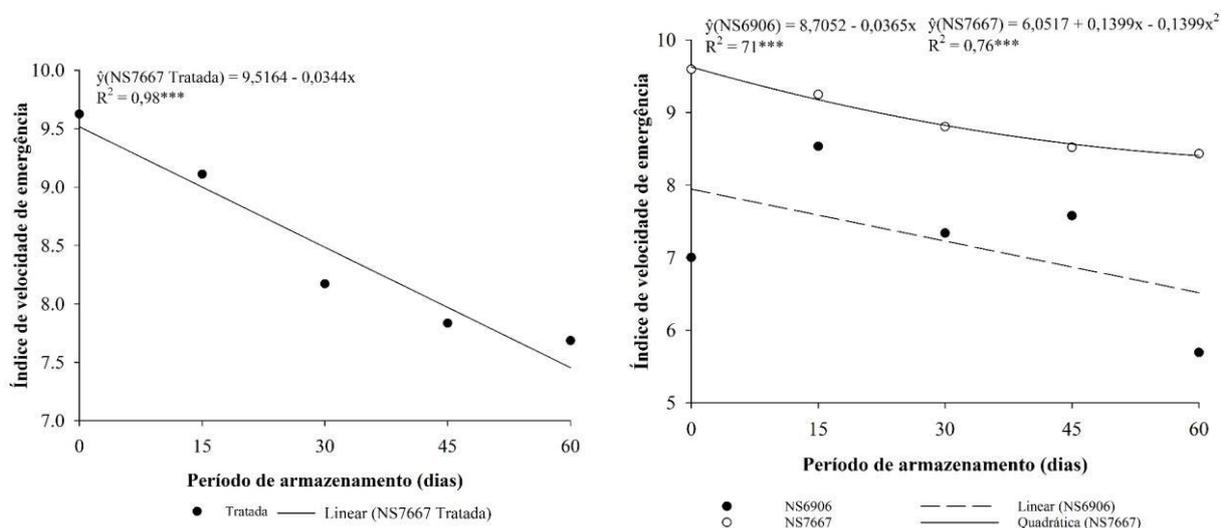
Tabela 7. Índice de velocidade média de emergência de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes	
		Controle	Tratada
0	NS 6906	8,2810 Ba	5,7259 Bb
	NS 7667	9,56601 Aa	9,6253 Aa
15	NS 6906	8,5753 Aa	8,8923 Aa
	NS 7667	9,3878 Aa	9,1101 Aa
30	NS 6906	7,4670 Ba	7,2122 Aa
	NS 7667	9,4399 Aa	8,1711 Ab
45	NS 6906	7,7914Ba	7,3676 Aa
	NS 7667	9,2063 Aa	7,8345 Ab
60	NS 6906	5,9342 Ba	5,4500 Ba
	NS 7667	9,1813 Aa	7,6854 Ab
Cultivar (C)		***	
Tratamento (T)		***	
Período (P)		***	
C x T		ns	
C x P		**	
T x P		ns	
C x T x P		*	
CV (%)		24,77	

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. *: significativo a 5% pelo teste F. **: significativo a 1% pelo teste F. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

Foi constatado para NS 7667 tratadas com inseticida e fungicidas que o IVE apresentou tendência linear negativa em função do aumento do período de armazenamento, em que o modelo se ajustou à regressão linear (Figura 7a).

Figura 7. Índice de velocidade de emergência de sementes de soja com e sem tratamento químico (a) e de duas cultivares (b) em função do período de armazenamento no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

Dan et al. (2010) verificaram que em relação ao IVE, foi observada diferença significativa entre a testemunha não tratada e os tratamentos fipronil e thiamethoxam, o que demonstra que a velocidade de emergência não foi afetada pelos respectivos tratamentos, quando submetidos aos períodos de armazenamento. O mesmo autor salienta que é de suma importância que a velocidade de emergência é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo. Plântulas com maior IVE possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir a estresses que por ventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (Dan et al., 2010).

Foi verificado para IVE que NS 7667 e NS 6906 foram afetadas negativamente pelo aumento do período de armazenamento, em que NS 6906 se ajustou ao modelo linear, enquanto que NS 7667 se ajustou ao modelo quadrático, com IVE máximo de 6,0866 aos 0,5 dias de armazenamento. Foi possível inferir que a NS 6906 apresentou queda no IVE mais acentuada que em relação à NS 7667 (Figura 7b). Esta redução observada nas sementes que foram armazenadas pode ser atribuída à toxicidade dos inseticidas as plântulas.

Não foi verificada interação significativa entre os fatores de cultivares, tratamento químico e períodos de armazenamento de sementes para CE. Para o fator simples de tratamento químico foi verificado que as sementes apresentaram maior CE quando tratadas, o que indica redução da qualidade fisiológica devido a aplicação do inseticida e fungicida. Enquanto que para o fator simples de cultivar, foi verificado que a NS 6906 apresentaram maiores valores, o que denota que sua qualidade fisiológica foi pior (Tabela 8).

Tabela 8. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de duas cultivares de soja submetidas ao tratamento químico e armazenadas em diferentes períodos de tempo no município de Ituiutaba (MG). Dados obtidos em 2021.

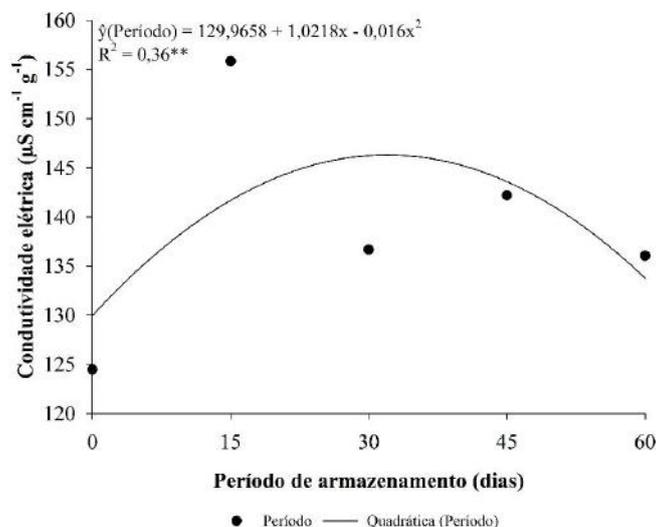
Período de armazenamento (dias)	Cultivar	Tratamento de sementes	
		Controle	Tratada
0	NS 6906	132,30	141,58
	NS 7667	110,68	113,38
15	NS 6906	151,62	182,59
	NS 7667	134,45	154,73
30	NS 6906	152,05	150,67
	NS 7667	114,91	129,00
45	NS 6906	148,77	157,24
	NS 7667	120,56	142,27
60	NS 6906	135,55	140,54
	NS 7667	119,06	149,07
	Média	131,99 a	146,11 b
Geral	NS 6906		149,29 B
	NS 7667		128,813 A
Cultivar (C)			***
Tratamento (T)			***
Período (P)			***
C x T			ns
C x P			ns
T x P			ns
C x T x P			ns
CV (%)			1,44

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, a uma probabilidade de 5% de erro pelo teste de F de snedecor. ^{ns}Não significativo. ***: significativo a 0,1% pelo teste F. Fonte: Autores.

De acordo com a *Association Of Official Seed Analysis* (Aosa, 1983), sementes com CE superior a $190,0 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ indica baixo vigor, em que não foi verificado tratamentos acima desse valor no presente estudo. Enquanto que Menezes et al. (2009) estabeleceram que as sementes que apresentam valores de CE de até $150,0 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ são muito vigorosas, sendo que alguns tratamentos as sementes apresentaram valores superiores a este.

Foi constatado que a CE apresentou tendência de crescimento até os 30 dias, com decréscimo a partir de então, resultado inconsistente, provavelmente resultantes de erros experimentais. Entretanto, o modelo se ajustou à regressão quadrática, tendo tido apresentado leitura máxima de 146,2795 aos 31.93 dias de armazenamento (Figura 8).

Figura 8. Condutividade elétrica de sementes de soja submetidas ao tratamento químico em função do período de armazenamento das sementes no município de Ituiutaba (MG).



Dados obtidos em 2021. Fonte: Os autores (2022).

4. Conclusão

O período de armazenamento das sementes de soja no intervalo de tempo avaliado, exerceu efeitos negativos na sua qualidade fisiológica (primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação, porcentagem de emergência e condutividade elétrica), com este fator seus efeitos maximizados quando aliado ao tratamento químico das sementes com inseticida e fungicida, em especial a partir dos 30 dias de armazenamento (primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e de emergência, condutividade elétrica, porcentagem de emergência, velocidade média e tempo médio de germinação). A cultivar NS 6906 foi a que apresentou pior resposta ao período de armazenamento e ao tratamento químico das sementes, em que a NS 7667 apresentou maior tolerância às condições de armazenamento, portanto, mais adequada para o tratamento antecipado.

Agradecimentos

À Universidade do Estado de Minas Gerais pelo espaço para realização do estudo.

Referências

- Almeida, F. A. C., Jerônimo, E. S., Alves, N. M. C., Gomes, J. P., & Silva, A. S. (2010). Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 12, 189- 202.
- Association of Official Seed Analysts – AOSA (1983). *Seed vigour testing handbook*. East Lasing.
- Brasil (2013). Instrução Normativa n° 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, amendoim, arroz, arroz preto, arroz vermelho, aveia branca e amarela, canola, centeio, cevada, ervilha, feijão, feijão caupi, gergelim, girassol variedades, girassol cultivares híbridas, juta, linho, mamona variedades, mamona cultivares híbridas, milho variedades, milho cultivares híbridas, painço, soja, sorgo variedades, sorgo cultivares híbridas, tabaco, trigo, trigo duro, triticale e de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico, a partir do início da safra 2013/2014. *Diário Oficial da União*.
- Brasil (2009). *Regras para análise de sementes*. Mapa/ASC.
- Cardoso, R. B., Binotti, F. F. S., & Cardoso, E. D. (2012). Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42, 272-278.
- Carvalho, M. L. M., & Silva, W. R. (1994). Refrigeração e qualidade de sementes de milho armazenadas em pilhas com diferentes embalagens. *Revista Agropecuária Brasileira*, 9,1319- 1332.

- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2021). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 5º levantamento safra 2020/21*. Conab.
- Cunha, J. P. A. R., Oliveira, P., Santos, C. M., & Mion, R. L. (2009). Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. *Ciência Rural*, 39, 1420-1425.
- Dan, L. G. M., Dan H. A., Barroso A. L. L., & Braccini A. L. (2010). Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (2), 131-139.
- Delouche, I. (1997). Qualidade das sementes. *Seed News*, 4(1), 46.
- Estevão, C. P., & Possamai, E. (2002). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja tratadas e armazenadas em diferentes ambientes. *Scientia Agraria*, 3,113-132.
- Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., & Nogueira, D. A. (2010). Package ‘ExpDes.pt’. 2010.
- Godoy, J. R., Crocomo, W. B., Nakagawa, J., & Wilcken, C. F. (1990). Efeito do armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes tratadas com inseticidas sistêmicos. *Científica*, 18(1), 81-93.
- Grisi, P. U., & Santos, C. M. (2010). Qualidade fisiológica de sementes de girassol tratadas com inseticidas e fungicidas durante o armazenamento. *Horizonte Científico*, 2(1), 1-20.
- Hampton, J. G., & Tekrony, D. M (1995). *Handbook of vigour test methods*. ISTA.
- Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., Marcos Filho, J., & França-Neto, J. B. (Ed.) (2021). *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. ABRATES.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2 (1), 176-177.
- Marcos Filho, J. (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. ABRATES.
- Menezes, M., Von Pinho, E. V. R., Jose, S. C. B. R., Baldoni, A., & Mendes, F. F. (2009). Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 1716-1723.
- Mundstock, C. M., & Thomas, A. L. (2005). *Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos*. EVANGRAF.
- Nassif, S. M. L., & Perez, S. C. J. G. (2000). Efeito da temperatura na germinação de sementes de Amendoimdo-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1), 1-6.
- Pereira, C. E., Oliveira J. A., Guimarães R. M., Vieira A. R., & Silva J. B. C. (2005). Condicionamento fisiológico e revestimento de sementes de pimentão. *Revista Ciência Agronômica*, 36(1), 74-81.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Sá, M. E., Oliveira, S. A., & Bertolin, D. C. (2011). *Roteiro prático da disciplina de produção e tecnologia de sementes: análise da qualidade de sementes*. Cultura Acadêmica.
- Silva, J. B., & Viera, R. D. (2006). Avaliação do potencial fisiológica de sementes de beterraba. *Revista Brasileira de Sementes*, 28, 128-134.