



**PAULO CÉSAR SILVA ALVARENGA**

**TRATAMENTO INDUSTRIAL DE SEMENTES E  
ARMAZENAMENTO: USO DE NEMATICIDAS E AS  
CONSEQUÊNCIAS SOBRE A QUALIDADE, NODULAÇÃO E  
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**LAVRAS - MG  
2023**

**PAULO CÉSAR SILVA ALVARENGA**

**TRATAMENTO INDUSTRIAL E ARMAZENAMENTO: SEMENTES TRATADAS  
COM NEMATICIDAS E AS CONSEQUÊNCIAS SOBRE A QUALIDADE,  
NODULAÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

Dr. Alfredo Henrique Rocha Gonring  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Alvarenga, Paulo César Silva.

Tratamento industrial e armazenamento: sementes tratadas com  
nematicidas e as consequências sobre a qualidade, nodulação e  
produção da soja / Paulo César Silva Alvarenga. - 2023.

70 p.

Orientador(a): Everson Reis Carvalho.

Coorientador(a): Alfredo Henrique Rocha Gonring.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Glicine max. 2. Nodulação. 3. Tratamento de sementes. I.  
Carvalho, Everson Reis. II. Gonring, Alfredo Henrique Rocha. III.  
Título.

**PAULO CÉSAR SILVA ALVARENGA**

**TRATAMENTO INDUSTRIAL E ARMAZENAMENTO: SEMENTES  
TRATADAS COM NEMATICIDAS E AS CONSEQUÊNCIAS SOBRE A QUALIDADE,  
NODULAÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA**

**INDUSTRIAL TREATMENT AND STORAGE: NEMATOCIDE-TREATED SEEDS  
AND CONSEQUENCES ON QUALITY, NODULATION AND YIELD OF SOYBEAN**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 18 de agosto de 2023.

Dr. João Almir Oliveira CQ SEED

Dra. Marcela Carlota Nery UFVJM

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

Prof. Dr. Alfredo Henrique Rocha Gonring  
Coorientador

**LAVRAS - MG**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelas oportunidades a mim proporcionadas e por ter colocado pessoas tão importantes na minha vida.

Aos meus pais, minhas avós Maria e Sebastiana pela confiança, incentivo e pelos ensinamentos que me fizeram uma pessoa honesta digna e esforçada. Esta realização dedico a vocês! Aos meus irmãos Pedro e Maria, pelas palavras de conforto nas horas mais difíceis.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado na instituição.

À empresa Corteva Agriscience pela parceria e oportunidade de desenvolvimento dos ensaios realizados desta dissertação.

Ao Setor de Sementes e seus servidores, por proporcionar ambiente propício para a construção do conhecimento na área.

Ao professor e orientador Dr. Everson Reis Carvalho, não só pela orientação, mas pela amizade, pelos conselhos e pelo exemplo profissional.

Ao meu coorientador, Dr. Alfredo Gonring, pela amizade, apoio, confiança, e por ter me guiado no período de execução do mestrado.

Aos colegas da Corteva Agriscience, Orlando Garcia, Nelson Jaime, Camila Haddad, Pedro Rampazzo, Andreza Zunkeler, Nelson Alvarenga e Josemar Foresti pela amizade, disposição e colaboração na realização deste trabalho.

Aos amigos que fizeram parte de etapa, em especial aos que moraram comigo Diego Carvalho, Pedro e Leandro.

A todos que estiveram presente na minha vida e que, de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

**OBRIGADO A TODOS!!!**

## RESUMO

Para alcançar relevante produtividade é necessário um eficiente manejo da cultura da soja, dentre eles o controle de pragas e doenças. Nesse escopo o tratamento de sementes pode contribuir com a proteção das sementes e plântulas, favorecendo o estabelecimento inicial da lavoura. Nos dias atuais, é comum a prática do tratamento de sementes com uso de diversos produtos, tanto químicos quanto biológicos, porém esses não devem afetar a qualidade das sementes e não apresentar incompatibilidade entre eles, principalmente quando armazenadas. O tratamento e armazenamento de sementes é necessário sobretudo no tratamento industrial, por questões técnicas e logísticas. No caso da soja, um dos grandes desafios do tratamento industrial é buscar formulações que não interfiram na viabilidade dos *Bradyrhizobium* e consequentemente na nodulação (fixação biológica de nitrogênio - FBN). Portanto, o objetivo nesse trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de soja com nematicidas químicos e biológicos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas e a nodulação por *Bradyrhizobium*. Sementes da cultivar 97R50IPRO foram tratadas com nematicidas químicos, Abamectina, Tiofanato-metílico + Fluazinam e Fluopiram e biológicos *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*, *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico* e inoculadas com *Bradyrhizobium*. Todas as sementes foram tratadas com fungicida Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim e inseticida Clorantraniliprole, além do polímero L232 e pó secante. O primeiro experimento em laboratório e casa de vegetação foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 9x4, as sementes tratadas foram armazenadas por diferentes períodos até as avaliações e semeadura, 0, 15, 30 e 45 dias, em seguida foram avaliadas quanto à qualidade fisiológica, por meio dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, já em vasos em casa de vegetação foram avaliadas nodulação, massa seca dos nódulos e de raízes, volume e comprimento das raízes. Os tratamentos de sementes junto ao armazenamento de 45 dias ocasionaram redução na qualidade fisiológica no tratamento com Fluopiram e Controle. As moléculas nematicidas proporcionam diferentes taxas de nodulação nas plantas de soja, com influência do tempo de armazenamento das sementes tratadas. No segundo experimento realizado a campo, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 9x3, as sementes tratadas e inoculadas foram armazenadas por 0, 15 e 30 dias até a semeadura. As avaliações em campo foram estande, índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) e produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>). No maior tempo de armazenamento, houve a ocorrência de fitotoxicidade em campo medida por meio do NDVI. Para algumas moléculas nematicidas, como o Fluopiram, Abamectina e Tiofanato-Metílico + Fluazinam apresentaram maiores resultados de fitotoxidez. A produtividade foi afetada quando utilizado as moléculas químicas de nematicidas em relação aos nematicidas biológicos.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Inoculantes. *Bradyrhizobium*. Tratamento de sementes.

## ABSTRACT

In order to achieve significant productivity, it is necessary to efficiently manage the soybean crop, including pest and disease control. In this context, seed treatment can help protect seeds and seedlings, favoring the initial establishment of the crop. Nowadays, it is common practice to treat seeds using a variety of products, both chemical and biological, but these must not affect the quality of the seeds and there must be no incompatibility between them, especially when stored. Seed treatment and storage is especially necessary in industrial processing, for technical and logistical reasons. In the case of soybeans, one of the great challenges of industrial treatment is to find formulations that do not interfere with the viability of *Bradyrhizobium* and consequently nodulation (biological nitrogen fixation - BNF). Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of treating soybean seeds with chemical and biological nematicides on the physiological quality of stored seeds and nodulation by *Bradyrhizobium*. Seeds of cultivar 97R50IPRO were treated with the chemical nematicides Abamectin, Thiophanate-methyl + Fluazinam and Fluopiram and the biologicals *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*, *Pasteuria nishizawae* + Biological biostimulant and inoculated with *Bradyrhizobium*. All the seeds were treated with the fungicide Picoxystrobin + Ipconazole + Oxathiapiprolim and the insecticide Chlorantraniliprole, as well as the polymer L232 and drying powder. The first experiment in the laboratory and greenhouse was carried out using a completely randomized experimental design in a 9x4 factorial scheme. The treated seeds were stored for different periods until evaluation and sowing, 0, 15, 30 and 45 days, after which they were assessed for physiological quality using the germination and accelerated ageing tests, while in the pots in the greenhouse, nodulation, dry mass of nodules and roots, volume and length of roots were assessed. Seed treatments and 45-day storage resulted in a reduction in physiological quality in the Fluopiram and Control treatments. The nematicide molecules provide different nodulation rates in soybean plants, with the influence of the storage time of the treated seeds. In the second field experiment, a completely randomized experimental design was used in a 9x3 factorial scheme. The treated and inoculated seeds were stored for 0, 15 and 30 days until sowing. The field evaluations were stand, normalized difference vegetation index (NDVI) and yield (kg.ha<sup>-1</sup>). At the longest storage time, phytotoxicity occurred in the field as measured by NDVI. For some nematicide molecules, such as Fluopiram, Abamectin and Thiophanate-Methyl + Fluazinam showed higher phytotoxicity results. Productivity was affected when using chemical nematicide molecules compared to biological nematicides.

**Keywords:** *Glycine max.* Inoculants. *Bradyrhizobium*. Seed treatment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Germinação (%) das sementes de soja tratadas e armazenadas por 0, 15, 30, e 45 dias. .....	29
Figura 2 - Vigor (%) por meio do teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja tratadas e armazenadas por 0, 15, 30 e 45 dias.....	30
Figura 3 - Germinação (%) de sementes de soja em função dos diferentes tratamentos de sementes. ....	31
Figura 4 – Vigor (%) avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado de sementes de soja em função dos diferentes tratamentos de sementes.....	33
Figura 5 – Médias do número de nódulos em função dos períodos de armazenamento (0, 15, 30, e 45 dias) no estágio de desenvolvimento V4. ....	34
Figura 6 – Número de nódulos ( <i>Bradyrhizobium</i> ) no estágio R1 da soja em função dos produtos aplicados nas sementes em cadatempo de armazenamento após tratamentos.....	35
Figura 7 – Número de nódulos ( <i>Bradyrhizobium</i> ) no estágio de desenvolvimento R1 da soja em função dos diferentes tratamentos de sementes.....	36
Figura 8 - Matéria seca de nódulos (g), no estágio V4 em função dos períodos de armazenamento (0, 15, 30, e 45 dias). ....	37
Figura 9 - Matéria a seca (g) de nódulos, em R1, em função dos produtos aplicados em cada tempo de armazenamento após tratamentos de sementes.....	38
Figura 10 - Matéria seca de raiz (g), no estágio R1, em função dos períodos de armazenamento (0, 15, 30, e 45 dias). ....	39
Figura 11 - Matéria seca de raiz (g), no estágio R1, em função dos diferentes tratamentos de sementes. ....	40
Figura 12 - Comprimento de raiz (cm), no estágio R1 em função dos produtos aplicados em cada tempo de armazenamento após o tratamento das sementes. ....	41
Figura 13 - Volume de raiz (cm <sup>3</sup> ), no estágio R1 em função dos períodos de armazenamento após o tratamento (0, 15, 30, e 45 dias).....	42
Figura 14 - Volume de raiz da soja (cm <sup>3</sup> ) no R1, em função dos diferentes tratamentos de sementes. ....	43

Figura 15 - Valores de NDVI em plantas de soja aos 14 DAE em função dos períodos de armazenamento (0, 15, e 30, dias) após o tratamento fitossanitários e inoculação das sementes com Bradyrhizobium. ....	58
Figura 16 - NDVI em plantas de soja, aos 14 DAE, em função dos diferentes tratamentos fitossanitários de sementes junto da inoculação com Bradyrhizobium. ....	59
Figura 17 - NDVI em plantas de soja, aos 28 DAE, em função dos diferentes tratamentos fitossanitários de sementes junto da inoculação com Bradyrhizobium. ....	61
Figura 18 - Número de vagens em plantas de soja em função dos diferentes tratamentos fitossanitários de sementes e inoculação com Bradyrhizobium, em cada tempo de armazenamento. ....	62
Figura 19 – Produtividade de grãos de soja (Kg/ha) em função dos períodos de armazenamento (0, 15 e 30, dias) após o tratamento fitossanitário e inoculação das sementes com Bradyrhizobium. ....	63
Figura 20 - Produtividade de grãos de soja (Kg/ha) em função dos tratamentos fitossanitários de sementes junto com a inoculação com Bradyrhizobium. ....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos, inoculantes e doses utilizadas para o tratamento de sementes de soja. .....	26
Tabela 2 - Tratamentos, inoculantes e doses utilizadas para o tratamento de sementes de soja. .....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 CULTURA DA SOJA .....	13
2.2 TRATAMENTO DE SEMENTES .....	14
<i>REFERÊNCIAS .....</i>	<i>18</i>
<b>ARTIGO 1.....</b>	<b>21</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO .....	25
2.2 TRATAMENTO E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES .....	25
2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA .....	27
2.4 AVALIAÇÃO DA NODULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR.....	27
2.5 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO .....	28
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<i>REFERÊNCIAS .....</i>	<i>46</i>
<b>ARTIGO 2.....</b>	<b>49</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>53</b>
2.1 TRATAMENTO E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES .....	53
2.2 AVALIAÇÕES DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM CAMPO .....	55
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	55
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>4CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
<i>REFERÊNCIAS .....</i>	<i>67</i>

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a cultura da soja no Brasil merece grande destaque no cenário nacional, devido ao seu crescente avanço, principalmente nas últimas três décadas (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Esse aumento significativo na produção está associado aos avanços tecnológicos e uso de sementes de alta qualidade, bem como ao manejo correto da cultura e o nível de tecnologia adotado pelos produtores. Entretanto, existem inúmeros fatores que interferem na produção desta cultura no país, ocasionando imensuráveis prejuízos. Entre os principais fatores que limitam a exploração máxima do potencial produtivo da soja está a disponibilidade do Nitrogênio (N) (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). Para suprir esse efeito, utiliza-se a inoculação das sementes de soja com bactérias fixadoras de N, sendo este um método eficaz, relativamente de baixo custo, fácil de ser aplicado e não agressivo ao ambiente.

As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* que abrigam espécies de bactérias fixadoras de Nitrogênio, são bactérias que vivem saprofiticamente no solo, como organismos de vida livre ou em simbiose muito específica com vegetais superiores. No Brasil, as estirpes de bactérias mais recomendadas para a inoculação da soja são: SEMIA 5079 e SEMIA 5080, da espécie *Bradyrhizobium japonicum* e SEMIA 587 e SEMIA 5019, pertencentes à espécie *Bradyrhizobium elkanii* (CÂMARA, 2014; MENDES et al., 2014).

Outro fator importante para a obtenção de altas produtividades é o controle de pragas e doenças, destacando-se como uma das medidas do manejo integrado, o tratamento de sementes. O tratamento de sementes constitui-se como uma possibilidade de fácil execução e baixo custo, com vistas ao controle de pragas e doenças, corroborando com uma maior produtividade (MACHADO, 2000). O tratamento de sementes de soja basicamente pode ser realizado de duas formas, sendo elas o denominado “*OnFarm*” e Tratamento Industrial de Sementes (TSI).

O comumente chamado de “*OnFarm*” constitui-se como um tipo de tratamento realizado na própria fazenda, em geral em menores volumes e com tecnologia de aplicação mais simples. Ademais, tem-se o Tratamento Industrial de Sementes (TSI) em que o procedimento é realizado nas próprias empresas de sementes, desde o armazenamento até a semeadura (REIS et al., 2023). Nesse sentido, com o aumento da utilização das sementes tratadas, o TSI torna-se uma ferramenta cada vez mais comum entre os produtores de soja, uma vez que o intuito de minimizar os danos causados por fungos, insetos e nematoides acontece sobretudo na fase inicial da cultura (FRANÇA-NETO et al., 2015).

Dessa forma, o TSI proporciona vantagens tanto nos rendimentos operacionais como ambientais. Contudo, essa técnica merece algumas ressalvas, tendo em vista que durante o longo período de armazenamento podem existir alguns efeitos fitotóxicos das sementes, ocasionando quedas de vigor e germinação, sobretudo com uso de volumes de calda mais elevados, além de alguns inseticidas e nematicidas (SANTOS et al., 2018; CARVALHO et al., 2022). Somado a isso observa-se possíveis efeitos sobre a viabilidade de microrganismos que também podem ser veiculados por meio das sementes (COSTA et al., 2013).

O uso da mistura de moléculas fungicidas e inseticidas junto à inoculação das sementes se faz necessário no sistema de produção, todavia, essa associação pode ocasionar um impacto negativo na viabilidade e produção do número de nódulos (MARIZ et al., 2017). Além disso, o tempo de armazenamento das sementes tratadas e inoculadas antes do plantio também pode afetar negativamente o desenvolvimento dos nódulos dessa bactéria. Quando ocorre falha na nodulação da bactéria, é possível impactar o crescimento vegetativo das plantas de soja, bem como na produtividade da cultura (CARDOSO et al., 2019). Com a evolução tanto do número de moléculas químicas, quanto dos produtos biológicos que podem ser veiculados via tratamento de sementes, argumenta-se que estudos sobre as interações entre esses são necessários, principalmente com vistas a eficiência de todos.

Considerando o avanço do TSI, em que se faz necessário o tratamento e armazenamento até a entrega das sementes para semeadura, uma das medidas para minimizar os possíveis efeitos danosos das moléculas químicas sobre os microrganismos, como o *Bradyrhizobium*, tem sido adotado a utilização de inoculantes chamados “longa vida”. Estes, são formulados de maneira a prolongar a viabilidade e a eficácia dos rizóbios, permitindo a sobrevivência das bactérias e colonização das raízes da planta de soja, mesmo sob períodos maiores de armazenamento. Entretanto, também são demandados estudos sobre a interação dessas formulações com diferentes produtos fitossanitários e condições de armazenamento.

Por isso, pesquisas para estudar as relações entre os produtos químicos, biológicos e tempo de armazenamento são significativas, especialmente com a ascensão da adoção do TSI por parte dos produtores de soja. Diante do exposto, o principal objetivo neste estudo foi avaliar a interferência do tratamento com diferentes nematicidas químicos e biológicos, associados ao período de armazenamento pós tratamento, sobre a qualidade fisiológica das sementes, nodulação por *Bradyrhizobium* e nas características agronômicas da soja em campo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura da soja

A primeira tentativa de introdução da soja no Brasil, foi realizada na Bahia em 1882, porém não sem sucesso. Anos depois, mais precisamente em 1891 a cultura da soja foi introduzida em São Paulo, utilizando-se de novos materiais contribuindo com uma melhor adaptação. No ano de 1949, o contexto brasileiro despontou no cenário mundial com a produção de 25 mil toneladas, contudo, 20 anos depois o país ultrapassou a marca anterior, com a produção de 1 milhão de toneladas (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2009).

A produção mundial de soja na safra 2021/2022 foi de 353,8 milhões de toneladas, representando uma queda de 2,82% em relação à produção mundial na safra 2020/2021, da ordem de 10,1 milhões de toneladas (USDA, 2022). A estimativa para o Brasil, na safra 2022/2023, é de 155,73 milhões de toneladas, destacando-se como o maior produtor mundial de soja. Todavia, houve uma redução de 7 milhões de toneladas de soja em grãos produzidos, assumindo uma redução de 5,5% em relação às produções da safra 2020/2021. Essa queda justifica-se em virtude dos efeitos climáticos fortemente sentidos no país.

A relevância do Brasil na produção de soja deve-se, sobretudo, ao aumento de tecnologia. No entanto, o país enfrenta alguns desafios, conforme apresentados por Krzyzanowski, França-Neto e Henning (2018). Destes, pontua-se os problemas fitossanitários, as condições climáticas, os sistemas de rotação e sucessão de cultura, solo, cultivares, plantas daninhas, pragas, doenças e por fim, logística (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018). Somado a isso, a soja precisa da disponibilidade de nitrogênio (N), já que o grão é composto por 37 a 42% de proteína, assim, para produzir 1000 kg de grãos de soja são necessários 80 kg de N (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2017).

A principal fonte de N disponível para a cultura da soja, se dá por meio da fixação biológica de nitrogênio FBN. O trabalho das bactérias do gênero *Bradyrhizobium* pode fornecer todo o N necessário para o desenvolvimento das plantas. Desse modo, elas se associam as raízes das plantas fazendo com que aja a formação de nódulos, conseqüentemente pode-se reduzir ou até mesmo zerar o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007; HUNGRIA; MENDES, 2015; SEIXAS et al., 2020). Entretanto, para que os objetivos da inoculação com *Bradyrhizobium*, via sementes, sejam alcançados é necessário que o processo seja corretamente realizado.

Atualmente outra técnica muito utilizada na cultura da soja é o tratamento de sementes com produtos fitossanitários, que visa a proteção de sementes e plântulas contra pragas e patógenos. O tratamento de sementes com fungicidas pode favorecer o desenvolvimento inicial de plântulas de soja, principalmente sob restrição hídrica no solo (CARVALHO et al., 2022). No entanto, os tratamentos fitossanitários podem afetar a viabilidade dos microrganismos que também são veiculados junto às sementes de soja (COSTA et al., 2013).

Contudo, considera-se válido ressaltar que as diferentes combinações de produtos para o tratamento de sementes como fungicidas e inseticidas, aliado ao tempo de armazenamento, promoveram a redução na nodulação da cultura (ANGHINONI et al., 2017). Dessa maneira, denota-se a relevância de estudos acerca das interações entre os produtos usados no tratamento de sementes.

## **2.2 Tratamento de sementes**

O tratamento de sementes pode ser entendido como qualquer manipulação das sementes ou aplicação de produtos de caráter químico, biológico ou agentes físicos visando melhorias no seu desempenho. Neste sentido, o tratamento de sementes pode ter duas finalidades: sanitário ou funcional (MACHADO et al., 2006). Com esse objetivo, diversos produtos podem ser utilizados junto ao tratamento de sementes (MENTEN; MORAES, 2010).

O tratamento químico de sementes é o mais usual na atualidade, uma vez que essa técnica baseia-se na aplicação de defensivos junto as sementes. Para que essa prática seja eficiente, deve-se avaliar os patógenos presentes nas sementes, as pragas e patógenos de solo, não ser tóxico as plantas, ao homem e ao ambiente, apresentar alta estabilidade, boa aderência e cobertura, ser de baixo custo e além de tudo ser compatível com outros produtos (OLIVEIRA et.al, 2021).

Além do tratamento químico, nos últimos anos tem aumentado o uso do o tratamento com produtos biológicos, visando melhor estabelecimento inicial da lavoura. Segundo Machado (2000), o tratamento biológico de sementes baseia-se na aplicação de organismos antagonistas sobre a superfície das sementes, constituindo-se como uma alternativa de tratamento que não provoca poluição ao ambiente e possui efeito de ação prolongada.

Os diversos produtos que podem ser veiculados via sementes de soja, sejam biológicos ou químicos, são geralmente aplicados por meio da técnica comumente chamado de “*OnFarm*”

em que o tratamento é realizado na própria fazenda, sob sua própria supervisão ou com alguma assistência técnica. Em geral, é utilizada em menores volumes e com tecnologia de aplicação mais simples, com grande variação de equipamentos e resultados de aplicação. Já uma outra forma de tratamento, conhecida como Tratamento Industrial de Sementes (TSI), é executada nas instalações das empresas produtoras de sementes. Após o tratamento, as sementes são geralmente armazenadas até o momento da semeadura, utilizando-se equipamentos, produtos e suporte técnico especializado para garantir um tratamento adequado (REIS et al., 2023; MEDEIROS et al. 2023).

Nesse sentido, muitos produtores têm adotado a prática do tratamento industrial de sementes (TSI), que tem tido uma excelente aceitação. Essa técnica é praticada com a utilização de equipamentos altamente sofisticados, os quais permitem a aplicação de fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes, polímeros entre outros produtos, com uma alta precisão de dosagem (FRANÇA-NETO et al., 2015), além de permitir um tratamento mais rápido das sementes, reduzindo o tempo de manuseio e menor incidência de lesões mecânicas nas sementes (REIS et al., 2023).

O TSI é um processo executado em Centros de Tratamentos de Sementes (CTS) ou Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS), na maioria das vezes em grande escala. Diante disso, é importante ressaltar que os produtos usados no TSI, bem como aqueles em que o produtor utiliza no tratamento “*Onfarm*”, são praticamente os mesmos. A grande diferença entre esses dois métodos é a tecnologia de aplicação (GOULART; NUNES, 2021).

Em contrapartida, as sementes tratadas no sistema “*OnFarm*”, com aplicação via dosador de volume fixo e mistura via rosca sem-fim, se utiliza de tecnologias mais simples que as utilizadas no TSI, com uma porcentagem de recobrimento das sementes menor, com uma distribuição desuniforme do produto sobre as sementes, e possivelmente, implicando em uma menor eficácia do produto (REIS et al., 2023).

Apesar das vantagens do TSI, é válido trazer algumas ressalvas. Nesse caso, se faz necessário por questões técnicas e logísticas, o armazenamento temporário das sementes tratadas. Logo, nesse período é possível que ocorra alguns efeitos fitotóxicos às sementes, ocasionando queda de vigor e germinação, sobretudo, quando são utilizados volumes de calda mais elevados, além o próprio efeito fitotóxico de alguns inseticidas e nematicidas (SANTOS et al., 2018; CARVALHO et al., 2020; CARVALHO et al., 2022). Além disso, observa-se que

possíveis efeitos são passíveis diante da viabilidade dos microrganismos que também podem ser utilizados no tratamento de sementes (COSTA et al., 2013).

Para garantir uma alta produção na cultura da soja é necessário a disponibilidade de nutrientes e micronutrientes exigidos pela planta. Entre os nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento, o nitrogênio (N) é o mais exigido, pois os grãos são ricos em proteínas. As fontes de N para a soja podem ser provenientes do solo vindo da decomposição da matéria orgânica, do fertilizante mineral e da fixação não biológica do N atmosférico. As quantidades de N mineral provenientes do solo e da fixação não biológica são muito baixas, sendo estas responsáveis por 10% da entrada anual de N no solo. O Nitrogênio oriundo dos fertilizantes nitrogenados representa a forma assimilada com maior rapidez pela planta de soja, porém o alto custo e sua utilização aumenta a decomposição da matéria orgânica, bem como sua lixiviação altamente poluente (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2010).

A fixação biológica de nitrogênio por meio de bactérias, tem uma participação considerável na importância econômica e ambiental, tendo em vista que reduz o consumo de fertilizantes nitrogenados. Conseqüentemente, o uso de combustível utilizado no processo de fabricação dos fertilizantes, corrobora com a redução do impacto ambiental causado pelo uso de forma intensiva e inadequada (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; RUFINI et al., 2014). Um dos grandes desafios para o uso das bactérias fixadoras de nitrogênio é obter um manejo adequado para a simbiose entre planta e bactéria e aumentar sua eficiência (RUFINI et al., 2014).

A simbiose entre as raízes das plantas de soja e as bactérias fixadoras de N do gênero *Bradyrhizobium*, contribui com todo o N que a soja necessita para sua produtividade, além de proporcionar valores entre 20 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para a cultura em sucessão. Em áreas onde existe o histórico do cultivo de soja, a inoculação deve ser realizada anualmente. No período da entressafra, existe a competição entre bactérias fixadoras de N com outros microrganismos habitantes das áreas de cultivo agrícola. Com isso, ocorre a diminuição da população de bactérias fixadoras de N, tendo em vista que as mesmas são mais sensíveis as variações de regime hídrico e térmico, quando comparadas aos microrganismos nativos (CÂMARA, 2014).

A cada ano que passa são lançados no mercado novos produtos para o tratamento de sementes, ocasionando diferentes possibilidades de receitas para tratamentos de sementes de soja, seja industrial ou na própria fazenda (*OnFarm*) (GOULART; NUNES, 2021). Dentre estes, estão os inoculantes comumente chamados de “longa vida”, em virtude de suas

características. Seja de concentração de bactérias ou formulações específicas, possuem maior tolerância ao armazenamento junto a sementes e produtos químicos fitossanitários. Este, trata-se de um fator esse importante, principalmente para sementes tratadas industrialmente com os pacotes completos, os quais incluem produtos fitossanitários, Co-Mo e inoculante, que necessariamente são armazenadas após o tratamento.

Os produtos químicos aplicados via sementes muitas das vezes apresentam um efeito negativo sobre a população dos rizóbios. A aplicação das moléculas químicas como inseticidas fungicidas e nematicidas, atuam na diminuição da viabilidade e atividade das bactérias inoculadas. A exemplo disso, quanto maior for o número de ingredientes ativos no tratamento de sementes, menor é a nodulação (SANTOS et al., 2014). Nessa mesma linha, Araújo et al. (2017) quando trabalhando com tecnologias específicas para o TSI, constataram uma redução na unidade formadora de colônia (UFC) aos 28 dias, quando as sementes foram tratadas com moléculas fungicidas.

Por outro lado, para produtos biológicos, mesmo em diferentes doses, não apresentaram efeitos significativos no processo de nodulação, não afetando negativamente a capacidade das plantas de formarem nódulos simbióticos com bactérias fixadoras de nitrogênio, mantendo assim a eficiência do sistema de fixação biológica de nitrogênio nas culturas de soja (MELO et al., 2021).

Por isso, estudos são necessários para avaliar o desempenho de sementes tratadas com diferentes combinações de produtos e submetidas ao armazenamento, para que esses apresentem somente efeitos benéficos às sementes e conseqüentemente às plantas de soja.

## REFERÊNCIAS

- ANGHINONI, E. B. et al. Pre-Inoculation with Bradyrhizobium spp. in Industrially Treated Soybean Seeds. **Agricultural Sciences**, v. 08, n. 07, p. 582–590, 2017.
- ARAUJO, R. S. et al. Preinoculation of Soybean Seeds Treated with Agrichemicals up to 30 Days before Sowing: Technological Innovation for Large-Scale Agriculture. **International Journal of Microbiology**, v. 2017, 2017.
- CÂMARA, G. M. de S. Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja. **Informações Agronômicas**, n. 147, p. 1-9, 2014.
- CARDOSO, M. B. et al. Associação da bactéria Bradyrhizobium japonicum com agrotóxicos utilizados no tratamento de sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18526–18537, 2019.
- CARVALHO, E. R. et al. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. 1–12, 2020.
- CARVALHO, E. R. et al. Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n.1, p. 59–66, 2022.
- COSTA, M. R. et al. Sobrevivência de Bradyrhizobium japonicum em sementes de soja tratadas com fungicidas e os efeitos sobre a nodulação e a produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p. 186–192, 2013.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. [s.l.]p. 263–277, 2009.
- FRANÇA-NETO, J. de B. et al. Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/15. **Informativo ABRATES**, v. 25, p. 4, 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1019146/1/adocaodotratamentoindustriaoidesementesdesojanobr.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2023.
- GOULART, A. C. P.; NUNES, J. C. S. Evolução e cenário atual do tratamento de sementes de soja com fungicidas no Brasil. **Revista Cultivar**, p. 11–13, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65682139/artigo---evolucao-e-cenario-atual-do-tratamento-de-sementes-de-soja-com-fungicidas-no-brasil>>. Acesso em: 14 mai. 2023.
- HIRAKURI, M.; LAZZAROTTO, J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja**, 1. ed., n. 2176–2937, p. 37, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2022.>.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação Biológica do Nitrogênio na Cultura da Soja. **Fixação Biológica do Nitrogênio na Cultura da Soja**, v. 31, n. 2, p. 143–154, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.; MENDES, I. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja componente essencial para a competitividade de produto brasileiro. **Documentos - EMBRAPA Soja (Brazil)**, p. 65, 2007.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen Fixation with Soybean: The Perfect Symbiosis? *In*: BRUJIN, F. J. de. **Biological Nitrogen Fixation**, New Jersey: Wiley-Blackwell, 2005. p. 1009–1024.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular Técnica 136**, v. 1, p. 24, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2023.

MACHADO, J.C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: UFLA, 2000, 138 p.

MACHADO, J. C. et al. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo – ALICE. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 232, p. 76–87, 2006.

MARIZ, M. S.; TAVARES, J. T. da S.; SOUZA, J. E. B. de. Desempenho da nodulação do *Rhizobium tropici* em tratamento de sementes com fungicidas, inseticidas e polímeros na cultura do feijoeiro comum. **Ipê Agronomic Journal**, v. 1, n. 1, p. 49–57, 2017. Disponível em: <<http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/ipeagronomicjournal/article/view/1628>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MEDEIROS, J. C. et al. Quality of corn seed industrial seed treatment (IST) and on-farm treatment (OFT) in Brazilian agribusiness. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. 1-14, 2023.

MELO, G. B. et al. Tratamento de sementes com doses do bioestimulante à base de algas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, 1418–1431, 2021.

MENDES, I. de C. et al. Embrapa Cerrados: 37 anos de contribuições para o avanço da FBN no Brasil. **Anais XVI Relare**, p. 60–61, 2014. Disponível em: [Anais-da-XVI-Reuniao-da-rede-de-laboratorios-para-recomendacao-padronizacao-e-difusao-de-tecnologia-de-inoculantes-microbianos-de-interesse-agricola.pdf\(embrapa.br\)](#) Acesso em: 14 abr. 2023.

MENTEN, J. O. M.; MORAES, M. H. D. de. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 3, p. 52-53, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 626 p.

OLIVEIRA, J. A.; MACHADO, J. CRUZ.; CARVALHO, E. R.; ANDRADE, T. Tratamento de sementes. *In*: OLIVEIRA, J. A. (org.). **Processamento Pós-colheita de sementes: Abordagem agronômica visando aprimorar a qualidade**. Lavras: UFLA, 2021. p. 95-115.

REIS, L. V. et al. Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 47, p. 1-7, 2023.

RUFINI, M. et al. Estirpes de Bradyrhizobium em simbiose com guandu-anão em casa de vegetação e no campo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 3, p. 197–206, 2014.

SANTOS, P. F. et al. Efeito do tratamento de sementes na nodulação e crescimento inicial da cultura da soja. Paper Knowledge . **Toward a Media History of Documents**, v. 6, n.4, p. 96–108, 2014.

SANTOS, S. F. et al. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 67–74, 2018.

SEIXAS, C. D. S. et al. **Tecnologias de Produção de Soja**. [s.l.], 2020.

USDA: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2022. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov>>. Acesso em: 12 nov. 2022.

USDA: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2023. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov>>. Acesso em: 14 mai. 2023.

**ARTIGO 1****TRATAMENTO INDUSTRIAL DE SEMENTES DE SOJA COM NEMATICIDAS E AS CONSEQUÊNCIAS SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA E A NODULAÇÃO POR *Bradyrhizobium*****RESUMO**

Novos estudos sobre a interação dos nematicidas, sejam químicos ou biológicos, utilizados no tratamento industrial de sementes junto aos inoculantes de *Bradyrhizobium* são necessários para verificar possíveis interações, principalmente com o avanço do período de armazenamento após o tratamento. Assim, o objetivo nesse trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de soja em dois estádios de desenvolvimento V4 e R1. Utilizando nematicidas químicos e biológicos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas e a nodulação por *Bradyrhizobium*. Foram submetidas ao tratamento e inoculação as sementes da cultivar 97R50IPRO, com diferentes nematicidas a base de Abamectina, Tiofanato-metílico + Fluazinam, Fluopiram, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* e *Pasteuria nishizawae* + Bioestimulante biológico, além do tratamento com a base contendo o fungicida (Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim), inseticida (Clorantraniliprole), polímero e pó secante. O tratamento Controle continha apenas polímero e pó secante. Após o tratamento e inoculação por *Bradyrhizobium* as sementes foram armazenadas por 0, 15, 30 e 45 dias para então serem avaliadas, compondo um esquema fatorial 9x4. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes de germinação e envelhecimento acelerado. Em casa de vegetação foram avaliados número e massa seca de nódulos, massa seca, volume e comprimento das raízes. Os nematicidas químicos em relação aos biológicos apresentam maior efeito nocivo à qualidade fisiológica das sementes, principalmente com o avanço do período de armazenamento, 15 dias, após o tratamento e com uso da molécula Fluopiram. A nodulação por *Bradyrhizobium* é afetada negativamente pelos tratamentos com os nematicidas químicos, principalmente com 45 dias de armazenamento após o tratamento, mesmo com uso de inoculantes longa vida. A antecipação do tratamento de sementes com nematicidas químicos afeta o desenvolvimento radicular da soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Fixação biológica de nitrogênio. Inoculante longa vida. Tratamento químico de sementes. Tratamento biológico de sementes.

## ABSTRACT

Further studies on the interaction between nematicides, whether chemical or biological, used in industrial seed treatment and Bradyrhizobium inoculants are needed to verify possible interactions, especially as the storage period after treatment progresses. The aim of this study was to evaluate the effect of treating soybean seeds at two stages of development, V4 and R1, using chemical and biological nematicides on the physiological quality of stored seeds and nodulation by Bradyrhizobium. Seeds of the cultivar 97R50IPRO were treated and inoculated with different nematicides based on Abamectin, Thiophanate-methyl + Fluazinam, Fluopiram, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus subtilis + Bacillus licheniformis and Pasteuria nishizawae + Biological biostimulant, as well as the base treatment containing the fungicide (Picoxystrobin + Ipconazole + Oxathiapiprolim), insecticide (Chlorantraniliprole), polymer and drying powder. The Control treatment contained only polymer and drying powder. After treatment and inoculation with Bradyrhizobium, the seeds were stored for 0, 15, 30 and 45 days and then evaluated in a 9x4 factorial design. The physiological quality of the seeds was assessed using the germination and accelerated ageing tests. In the greenhouse, the number and dry mass of nodules, dry mass, volume and length of roots were assessed. The chemical nematicides had a greater effect on the physiological quality of the seeds than the biological ones, especially as the storage period progressed, 15 days after treatment and with the use of the Fluopiram molecule. Nodulation by Bradyrhizobium is negatively affected by treatments with chemical nematicides, especially 45 days after treatment, even with the use of long-life inoculants. Early seed treatment with chemical nematicides affects soybean root development.

**Keywords:** *Glycine max.* Biological nitrogen fixation. Long life inoculant. Chemical seed treatment. Biological seed treatment.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja *Glycine max* (L.) Merrill, atualmente tem participação expressiva na economia brasileira. A área plantada da cultura na safra 2022/23 alcançou 44,03 milhões de hectares e atingiu a produção de 155,7 milhões de toneladas (CONAB 2023). É o grão mais importante produzido em cultivo extensivo no Brasil, considerado como maior fonte de proteína utilizada na formulação de rações e de outros produtos importantes.

A fim de atingir elevadas taxas de produtividade na cultura da soja, é indispensável o uso do nitrogênio (N) no desenvolvimento das plantas. O fornecimento do nitrogênio se dá principalmente por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), um processo no qual as bactérias do gênero *Bradyrhizobium spp.* infectam as raízes das plantas, formando nódulos que permitem a disponibilização de nitrogênio para a soja, retirando-o diretamente da atmosfera (EMBRAPA, 2013).

Por outro lado, alguns fatores podem afetar negativamente o processo de FBN, principalmente fatores climáticos, práticas de manejo e tratamento de sementes utilizando algumas combinações de fungicidas (ZILLI et al., 2009). Além dos fungicidas, outras moléculas como inseticidas, nematicidas e micronutrientes utilizadas no tratamento de sementes afim de garantir um melhor estabelecimento inicial e nutrição das plantas, geralmente podem trazer prejuízos à população bacteriana (PASTORE, 2016).

A aplicação destes produtos fitossanitários junto as sementes podem ocorrer de duas modalidades, “*Onfarm*” quando é realizado pelo agricultor em sua propriedade, ou por meio do tratamento industrial de sementes (TSI), realizado nas unidades de beneficiamento de sementes (UBS), ocorrendo antes do armazenamento (REIS et al., 2023; MEDEIROS et al. 2023). Já no processo de inoculação das sementes, o inoculante é aplicado diretamente nas sementes antes do plantio, geralmente, junto ou após a aplicação dos produtos fitossanitários. Dessa forma, as bactérias estão em contato direto com as raízes assim que a planta emerge, facilitando o estabelecimento da simbiose. Entre o processo de inoculação e a semeadura, o tempo deve ser o menor possível, até 24h mais precisamente, para evitar possíveis influências negativas dos produtos químicos sobre a viabilidade das bactérias (SEIXAS et al., 2020).

Frequentemente, a aplicação de produtos químicos por meio das sementes tem um impacto negativo na população de *Bradyrhizobium spp.* A utilização de moléculas químicas, como inseticidas, fungicidas e nematicidas, resulta na redução da viabilidade e atividade das bactérias inoculadas. Um exemplo disso é que quanto maior o número de ingredientes ativos

no tratamento de sementes, menor é a formação de nódulos (SANTOS et al., 2014). No entanto, é importante destacar que diferentes combinações de produtos químicos, como fungicidas e inseticidas, juntamente com o tempo de armazenamento, podem levar à diminuição da nodulação da cultura (ANGHINONI et al., 2017).

Com o avanço da utilização de sementes de soja tratadas industrialmente e com o conceito de semente pronta para a semeadura, comumente chamado “Abre e plante”, em que já são fornecidas sementes com produtos fitossanitários, micronutrientes e com inoculante (*Bradyrhizobium*), se faz necessário o armazenamento dessas sementes tratadas, porém sem afetar a capacidade de inoculação e nodulação por *Bradyrhizobium spp.* no cultivo da soja. Assim, atualmente diversas tecnologias de formulação de inoculantes e protetores estão sendo desenvolvidas, como os chamados inoculantes “longa vida”, que possuem uma carga bacteriana mais elevada, além de serem combinados com um osmoprotetor. Estes, reduzem o impacto do tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas (SCHWEIG; LOURENÇO; MENEGASSO, 2018), conferindo-lhes vida útil prolongada às bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, com sugestões de pré-inoculação por períodos entre 15 e 45 dias, mesmo para sementes tratadas com fitossanitários químicos. Todavia, se fazem necessários estudos entre as interações do tratamento de sementes com moléculas químicas e produtos biológicos, e mesmo entre os biológicos, aliados ao armazenamento das sementes, para que todos os produtos mantenham suas funcionalidades no desempenho da cultura.

Portanto, o objetivo neste estudo foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de soja com nematicidas químicos e biológicos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas e sobre a nodulação por *Bradyrhizobium*, com uso de inoculante “longa vida”.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em parceria entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Corteva Agriscience™, na cidade de Mogi Mirim, no estado de São Paulo. O clima do município de Mogi Mirim é quente e temperado. Segundo Köppen e Geiger este é classificado como Cfa, com temperatura média anual de 21.4 °C e pluviosidade média anual de 1537 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

Foram utilizadas para a realização do experimento sementes do cultivar de soja 97R50IPRO de hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio de 115 dias e grau de maturação de 7.5 cedidas pela Corteva Agriscience™.

### 2.2 Tratamento e inoculação das sementes

Todas as sementes foram tratadas da mesma forma, com calda base envolvendo fungicidas, inseticida, polímero e pó secante. O produto fungicida foi o Picoxistrobina 76 g/L + Iaconazole 76 g/L + Oxathiapiprolim 230g/L na dose de 35 ml do produto formulado por 100 kg de sementes, o inseticida Clorantraniliprole 625 g/L com a dose de 100 ml do produto formulado 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, polímero Disco AG-Red L-232 com a dose de 250 ml 100 kg<sup>-1</sup> de sementes e pó secante de marca comercial Talkum Gloss® na dose de 200 g 100 kg<sup>-1</sup> de sementes.

As variações ocorreram em função do tipo de nematicidas utilizados, entre químicos e biológicos, sendo: Abamectina 500g/L (dosagem de 125 ml do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes), Tiofanato-metílico 350g/L + fluazinam 52,50 g/L (dosagem de 215 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes), Fluopiram 600g/L (dosagem de 200 ml 100 kg<sup>-1</sup> de sementes), *Bacillus amyloliquefaciens* 270g/L (dosagem de 20 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes), *Bacillus subtilis* 200g/L + *Bacillus licheniformis* 200g/L (dosagem de 200 g do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e *Pasteuria nishizawae* 156 g/L + *Bioestimulante biológico* (dosagem de 200ml/100Kg do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes).

Também foram realizados tratamentos sem nematicida, um sem nematicida e inseticida e outro sem nematicida, inseticida e fungicida, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos, inoculantes e doses utilizadas para o tratamento de sementes de soja.

Tratamento	SIGLA	F (ml)	I (ml)	N (ml)	P (ml)	G (ml)	A (g)	S30 (ml)	Pó (g)
1	Base+A	35	100	125	250	150	450	150	200
2	Base+TMF	35	100	215	250	150	450	150	200
3	Base+F	35	100	200	250	150	450	150	200
4	Base+B.A	35	100	20	250	150	450	150	200
5	Base+B.S+B.L	35	100	200	250	150	450	150	200
6	Base+P.N	35	100	200	250	150	450	150	200
7	Base	35	100	-	250	150	450	150	200
8	Fungicida	35	-	-	250	150	450	150	200
9	Controle			-	250	150	450	150	200

Dose produto comercial: mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. F: Fungicida; I: Inseticida; N: Nematicida; P: Polímero; G: Inoculante líquido; A: Inoculante turfoso Pó: Pó secante S30: protetor para inoculação. (Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere® 60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere® 60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere® 60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

Para a inoculação de todos os tratamentos foi utilizado o pacote comercial de inoculação longa vida Granouro®, recomendado para o tratamento industrial de sementes de soja. O kit Granouro® é composto pelo inoculante líquido Gelfix 5 (150 ml/100kg de sementes), o inoculante turfoso Adhere® 60 (450 g/ 100kg de sementes) e o polímero S30 (150 ml/100kg de sementes) protetor para inoculação. Ambos, possuem como base o *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e SEMIA 5019 e ambos com concentrações de  $5 \times 10^9$  UFC/g.

O tratamento foi realizado na mesma operação de forma sequencial, com fungicidas + polímero, inseticidas, nematicidas, inoculante e pó-secante, os recobrimentos foram realizados no equipamento HEGE 11, ano de fabricação 2014, com a capacidade de tratar 3 dm<sup>3</sup> e velocidade de rotação de 1200 rpm. Para a dosagem dos produtos e inoculantes foram utilizadas seringas descartáveis e a calda dispensada sobre o atomizador do equipamento HEGE 11 com as sementes em rotação, até completar a homogeneização do tratamento das sementes.

Após o tratamento e inoculação às sementes foram acondicionadas em sacos de papel multifoliados, armazenadas em ambiente com temperatura constante de 20°C e umidade relativa do ar em 40%. Após o tratamento as sementes foram armazenadas por 0, 15, 30 e 45 dias, para então serem avaliadas.

### **2.3 Avaliação da qualidade fisiológica**

Em condições de laboratório, a qualidade fisiológica foi avaliada pelo teste de germinação e teste de envelhecimento acelerado.

a) Teste de germinação: foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, totalizando 200 sementes por tratamento. Utilizou-se a metodologia de Rolo de Papel em que o substrato foi umedecido com água na proporção 2,5 vezes o peso do papel (tipo germitest). A temperatura do germinador foi ajustada em 25 °C e as avaliações da porcentagem número de plantas normais, foi realizada 8 dias após a implantação do teste (BRASIL, 2009).

b) Teste de envelhecimento acelerado: Foi realizado pelo método do Gerbox adaptado, onde foi adicionado em cada Gerbox a quantidade de 40 ml de água, em seguida uma porção de 42g de sementes foi disposta sobre a tela do Gerbox de modo que não houve sobreposição das sementes na tela. Após esse processo, os Gerboxes com as sementes foram levados para uma incubadora tipo BOD permanecendo por um período de 48h sob temperatura de 42 °C (KRZYZANOWSKI; VIEIRA 1999). Logo após esse processo foi efetuado o teste de germinação conforme descrito na Regra para análise de sementes (BRASIL, 2009) e avaliadas e computadas o percentual de plântulas normais aos 5 dias.

### **2.4 Avaliação da nodulação e desenvolvimento radicular**

Foram utilizados vasos de 5 litros com o fundo perfurado com dimensões de 20,5 cm de diâmetro e 20,0 cm de profundidade. Para o preparo do substrato com o auxílio de uma betoneira, foi utilizado a mistura de solo + areia na proporção de 4:1. A adubação dos vasos foi calculada com base no volume de 5 litros do vaso e foi adicionado  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . Nenhuma adubação Nitrogenada foi adicionado ao longo do ciclo da cultura. O tamanho de cada parcela contou com 8 vasos contendo 2 plantas em cada vaso. A princípio foram semeadas 3 sementes por vaso e após a emergência ocorreu o desbaste de uma plântula por vaso, permanecendo 2 plantas em cada vaso. Após o desbaste, os vasos foram levados e conduzidos em casa de vegetação, com controle de irrigação de maneira uniforme com auxílio de gotejadores. Nesse sentido, o objetivo era manter o solo com 70% da capacidade de retenção de água. Dessa forma as plantas foram avaliadas quanto:

- a) Número e peso de nódulos secos: para a avaliação dessa variável as plantas foram retiradas cuidadosamente de cada vaso, as raízes lavadas e então os nódulos foram separados e contados nos estádios V4 e R1. Logo, após a contagem o material foi colocado em estufas de secagem com fluxo contínuo de ar quente na temperatura de 60°C no período de 72 horas, após este período os nódulos foram pesados em uma balança de precisão.
- b) Volume e comprimento das raízes: após o processo de lavagem das raízes as mesmas foram dispostas em bandeja acrílica de 20 cm de largura por 30 cm de comprimento contendo filme de água. A bandeja foi colocada sob o Scanner Epson 10000-XL (*Epson America, Inc., USA*) e sua imagem digitalizada com resolução de 300 dpi. As imagens foram analisadas através do *software* WhinRhizo ProVersion Root Imaging Software (*Regent Instruments, Quebec, Canada*).
- c) Peso das raízes secas: as raízes foram lavadas cuidadosamente para que não ocorresse a perda de nódulos. Em seguida, foram levadas a uma estufa de circulação de ar, regulada previamente a 70 °C, onde permaneceram por 72h quando atingiram peso constante e pesadas em uma balança de precisão.

## **2.5 Delineamento estatístico**

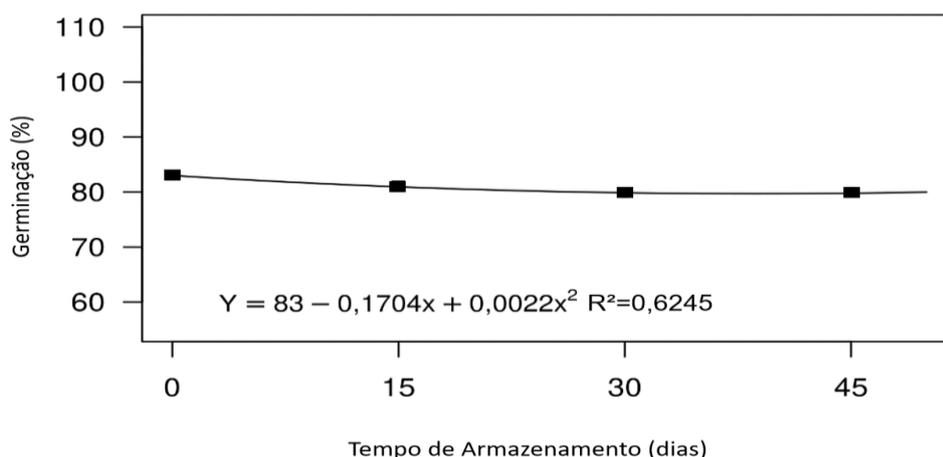
Para a coleta de dados dos ensaios de laboratório e casa de vegetação, foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), bem como o esquema fatorial 9 x 4 envolvendo 9 tratamentos de sementes (conforme Tabela 1) e 4 períodos de armazenamento pós tratamento (0, 15, 30 e 45 dias). Os dados foram coletados e o processamento foi realizado com o uso do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), os dados foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade pelo teste F. Quando pertinente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott e Knott (1974), a 5%, foram realizadas análises de regressão polinomial, com a escolha de modelos matemáticos significativos a 5%, com maior coeficiente de determinação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pelos resultados obtidos da análise de variância observou-se que houve para os tratamentos de sementes e os tempos de armazenamento diferença significativa tanto para germinação quanto para envelhecimento acelerado ( $p < 0,05$ ), com CV variando entre 5,78%, para o teste de germinação e 6,75%, para o envelhecimento acelerado.

A germinação média após a aplicação dos produtos fitossanitários sofreu decréscimo no decorrer do armazenamento a 20°C, iniciando o armazenamento com 83% e aos 15 e 30 dias atingindo valores de 81% e 80% chegando aos 45 dias com 80% de média de plântulas normais (FIGURA 1), indicando que o armazenamento após o tratamento foi prejudicial.

Figura 1 - Germinação (%) das sementes de soja tratadas e armazenadas por 0, 15, 30, e 45 dias.

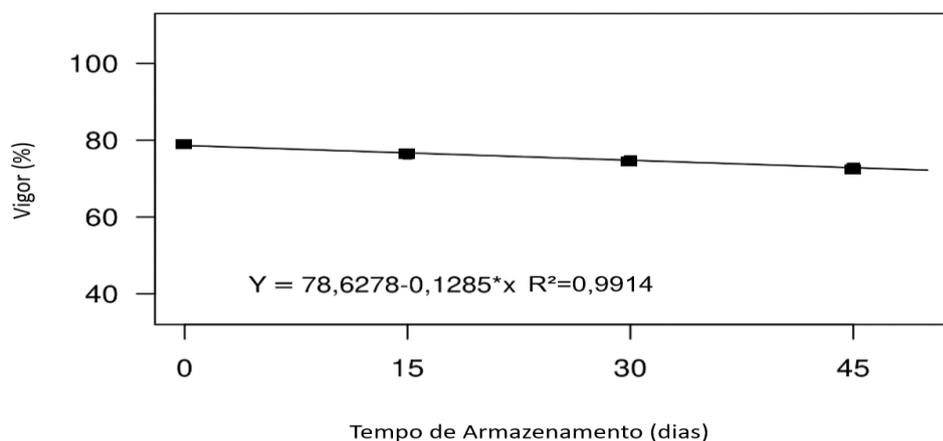


\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Para o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, a exemplo da germinação, à medida que aumentou tempo de armazenamento das sementes tratadas, o vigor diminuiu de forma linear, com taxa de 1,28% a cada 10 dias (FIGURA 2). O vigor médio inicial estava em 79%, aos 15 dias com 77% os 30 dias com 75% e aos 45 dias 73%. Essas taxas de deterioração ao longo do armazenamento se aplicam a esse lote que apresentou vigor inicial médio, segundo valores de referência propostos por Marcos Filho (2020) para envelhecimento acelerado, em que sementes acima de 85% são consideradas de alto vigor, entre 85 e 65% como médio vigor e abaixo de 65% baixo vigor.

Figura 2 - Vigor (%) por meio do teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja tratadas e armazenadas por 0, 15, 30 e 45 dias.



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

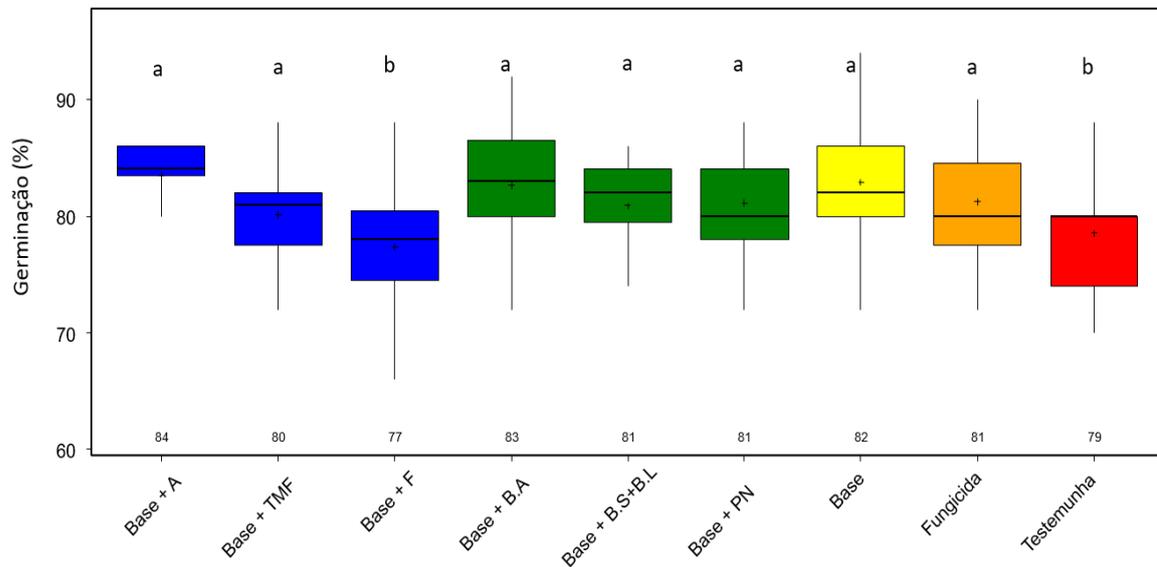
A queda de germinação e vigor ao longo do armazenamento é um processo natural que ocorre na longevidade das sementes, porém a intensidade dessa pode variar em função de diversos fatores, dentre eles condições do ambiente do armazém, genótipo, qualidade inicial do lote e produtos utilizados no tratamento (CARVALHO et al., 2014; CARVALHO et al., 2020). Nessa mesma linha, Rocha et al. (2017) quando avaliam a qualidade fisiológica por meio do teste de envelhecimento acelerado, constataram que o tratamento químico reduziu o vigor das sementes. Além disso, o tempo de armazenamento proporcionou redução do vigor das sementes de soja.

O armazenamento das sementes é um aspecto crucial a ser considerado na produção de sementes, levando em conta tanto o tempo quanto as condições adequadas (CARVALHO et al., 2014). Kaefer et al. (2019) verificaram que houve depreciação do vigor das sementes de soja nos lotes armazenados em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa.

Autores relatam que com o avanço do tempo de armazenamento ocorre a perda acentuada da qualidade das sementes tratadas com algumas moléculas químicas, principalmente com uso de determinados grupos de moléculas inseticidas (DAN et al, 2010; CARVALHO et al., 2020). No presente trabalho, tal afirmação não foi constatada devido ao perfil inicial do lote utilizado, em que sementes sem tratamento algum (controle) apresentaram qualidade, em geral, em patamar inferior às tratadas (FIGURA 3). Tal fato pode estar relacionado a um lote com alta incidência de patógenos, comprometendo a qualidade quando não se fez uso de molécula fungicida. Nessa direção, Pereira et al. (2007) quando trabalharam com sementes de soja não

tratadas com fungicidas, obtiveram um desempenho inferior em relação às sementes tratadas, devido ao ataque de patógenos associados as sementes.

Figura 3 - Germinação (%) de sementes de soja em função dos diferentes tratamentos de sementes.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

Dan et al. (2010) verificaram que ao final de um período de 45 dias de armazenamento os tratamentos com os inseticidas carbofuran e acefato foram prejudiciais na germinação das sementes de soja. Carvalho et al. (2022) relataram que a antecipação do tratamento de sementes na cultura da soja, 60 dias, afetou o desenvolvimento inicial das plantas, mas não prejudicou a produtividade.

Por outro lado, quanto aos biológicos, Zilli et al. (2006) constataram que a inoculação com *B. japonicum* não interferiu na germinação das sementes, o que mostra que essa bactéria pode ser definida como neutra para a etapa de germinação da cultura, havendo efeito apenas a partir do desenvolvimento inicial da planta.

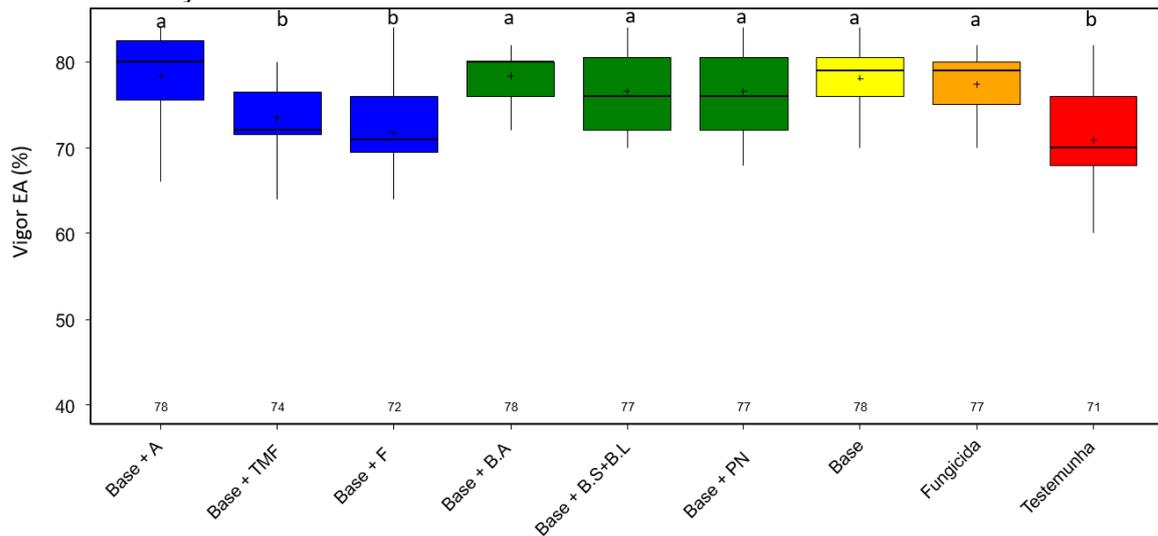
Em relação aos tratamentos sobre a germinação das sementes, o tratamento controle apresentou menores valores, não diferindo do tratamento base mais uso do nematicida Fluopiram (FIGURA 3). Os valores superiores foram para sementes tratadas somente com fungicida, tratamento base, com a base mais nematicidas biológicas *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* e *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico* e com o nematicida químico Abamectina e Tiofanato-metílico + fluazinam.

Também foram constatados efeitos sobre o vigor em função das moléculas utilizadas no tratamento, com menor valor para sementes sem tratamento e tratadas com Base + F e Base +TMF (FIGURA 4). A exemplo da germinação, o vigor das sementes sem tratamento foi menor, provavelmente relacionada a uma baixa qualidade sanitária citada anteriormente, já para sementes tratadas o uso dessas moléculas nematicidas químicas levou a uma maior fitotoxidez. Todos os tratamentos com nematicidas biológicos e o químico Abamectina apresentaram os maiores níveis de vigor, juntamente com o tratamento base e somente com fungicida.

De forma geral, entre os nematicidas, os químicos F e TMF foram os prejudiciais à qualidade fisiológica das sementes, sobretudo F, e os biológicos B.A., BS+BL e P.N não afetaram a qualidade fisiológica, nas condições de armazenamento testadas até 45 dias. Indicando uma menor interferência dos nematicidas biológicos sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Nessa mesma linha, Cunha et al. (2015) quando trabalharam com o teste de envelhecimento acelerado, observaram que os tratamentos com Abamectina, em mistura com outros ingredientes, e o controle sem tratamento, apresentaram um comportamento similar. Por outro lado, além do tipo de produto fitossanitário e ingrediente ativo, o substrato utilizado no teste também pode afetar essa relação com a qualidade fisiológica (ROCHA et al., 2020).

Figura 4 – Vigor (%) avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado de sementes de soja em função dos diferentes tratamentos de sementes.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

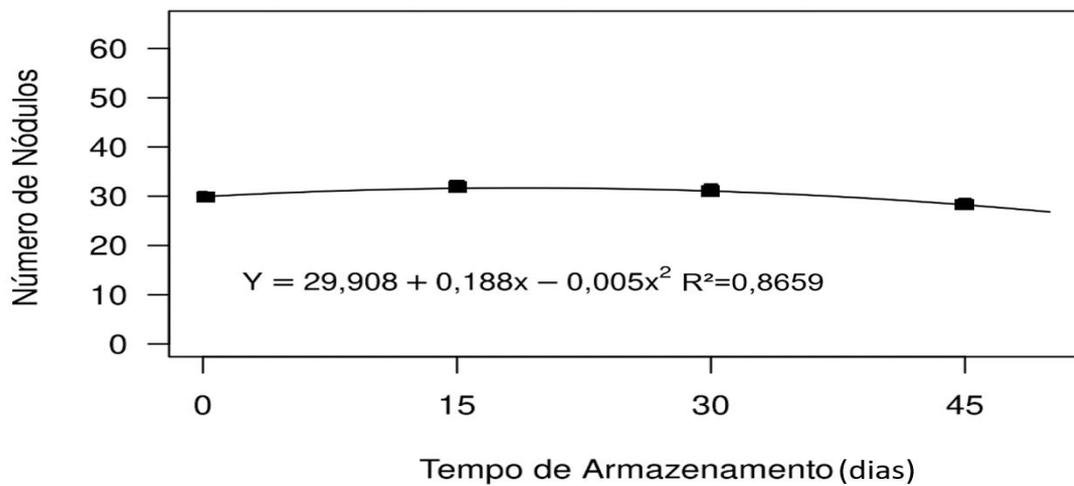
(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

É desejável que os produtos usados no tratamento químico de sementes sejam seletivos à qualidade fisiológica, mas também não interfiram na viabilidade e eficiência da inoculação com *Bradyrhizobium* na cultura da soja.

De modo geral, o número de nódulos no estágio V4 da cultura apresentaram resultados semelhantes ao longo do armazenamento, independente dos tratamentos de sementes. Houve significância para o tempo de armazenamento, tendo efeito prejudicial à nodulação a partir de 18,8 dias de armazenamento após o tratamento (FIGURA 5), mesmo com a utilização do inoculantes tipo “longa vida”.

Figura 5 – Médias do número de nódulos em função dos períodos de armazenamento (0, 15, 30, e 45 dias) no estágio de desenvolvimento V4.



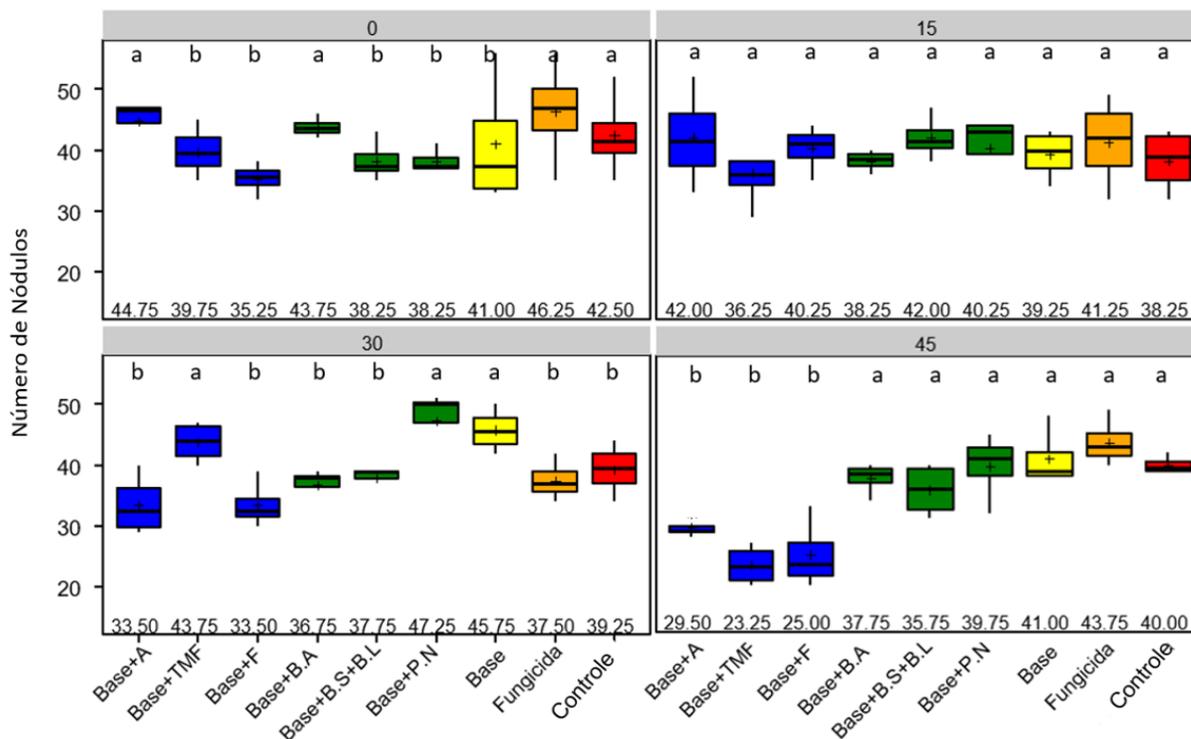
\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Para avaliação da nodulação no estágio R1 houve interação entre os fatores, com diferenças entre os tratamentos aos 0, 30 e 45 dias (FIGURA 6). Aos 0 e aos 30 dias os resultados apresentaram variações inconsistentes entre os tratamentos. Já aos 45 dias de armazenamento, no qual os efeitos sobre a nodulação foram mais acentuados, os tratamentos no qual foram adicionados os nematicidas químicos apresentaram menores números de nódulos (FIGURA 6).

Considerando somente a média dos 3 nematicidas químicos (Abamectina Tiofanato-metílico + Fluazinan e Fluopiram), verificou-se uma redução entre 0 e 45 dias de armazenamento de 35% no número de nódulos. Aos 45 dias, a médias de nódulos das sementes tratadas com nematicidas químicos foi de 25,9 e das com nematicidas biológicos de 37,7, ou seja, redução de 31,3%, reiterando a maior toxidez dos nematicidas químicas sobre os *Bradyrhizobium* quando armazenados em contato direto.

Figura 6 – Número de nódulos (*Bradyrhizobium*) no estágio R1 da soja em função dos produtos aplicados nas sementes em cadatempo de armazenamento após tratamentos.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

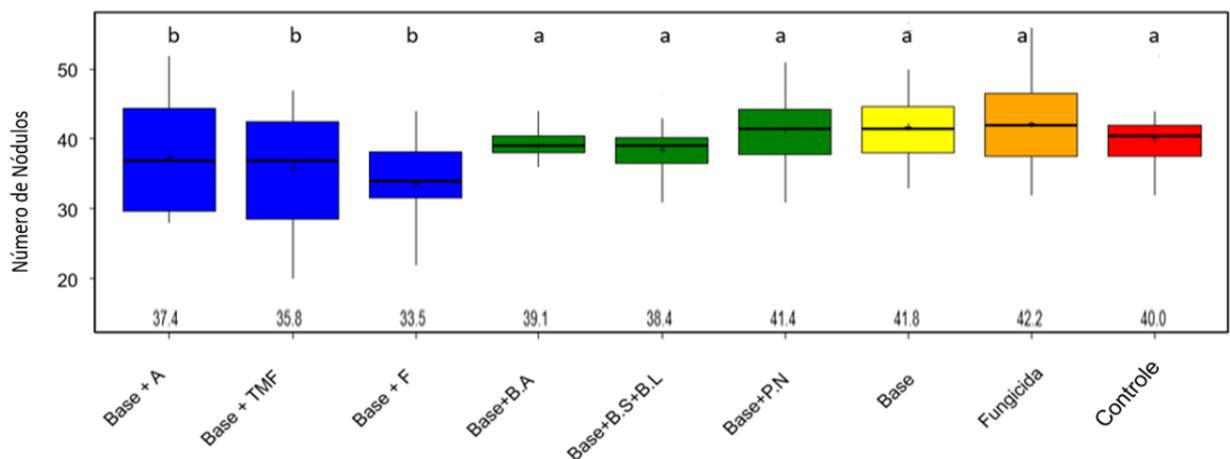
A redução do número de nódulos foi causada pelo tratamento das sementes com moléculas químicas nematicidas, aliado a um período maior de armazenamento das sementes tratadas e inoculadas. No entanto, o período prolongado de contato entre as bactérias *Bradyrhizobium* e os produtos químicos acabou prejudicando a nodulação, o que indica que esse armazenamento prolongado, 45 dias, não é recomendado, mesmo quando utilizado inoculantes “longa vida”.

Rogeski e Lazaretti (2020) observaram que o tratamento de sementes com Carbendazim + Tiram afetou a nodulação da soja, reduzindo significativamente o número de nódulos por planta em mais de 10%. Zilli, Campo e Hungria (2009) relataram que a mistura de princípios

ativos, empregado no tratamento de sementes impactou diretamente na redução de mais de 50 % do número de nódulos nas plantas inoculadas com *B. japonicum*. Nessa mesma linha, Campo et al. (2009) em experimentos realizados em laboratório, verificaram que o uso de fungicidas de contato e sistêmico em mistura com diferentes ingredientes ativos resultaram na morte de 20% das bactérias ao serem deixados em contato com a inoculação por 2 horas, e 60% em 24 horas.

Avaliando os efeitos isolados dos tratamentos, independente do período de armazenamento, a tendência de maior efeito nocivo dos nematicidas químicos sobre a nodulação ficou evidente, com menores valores em relação a todos os demais tratamentos (FIGURA 7), o valor médio com uso de nematicidas químicos foi de aproximadamente 10% menor que o valor médio dos três nematicidas biológicos (FIGURA 7).

Figura 7 – Número de nódulos (*Bradyrhizobium*) no estágio de desenvolvimento R1 da soja em função dos diferentes tratamentos de sementes.



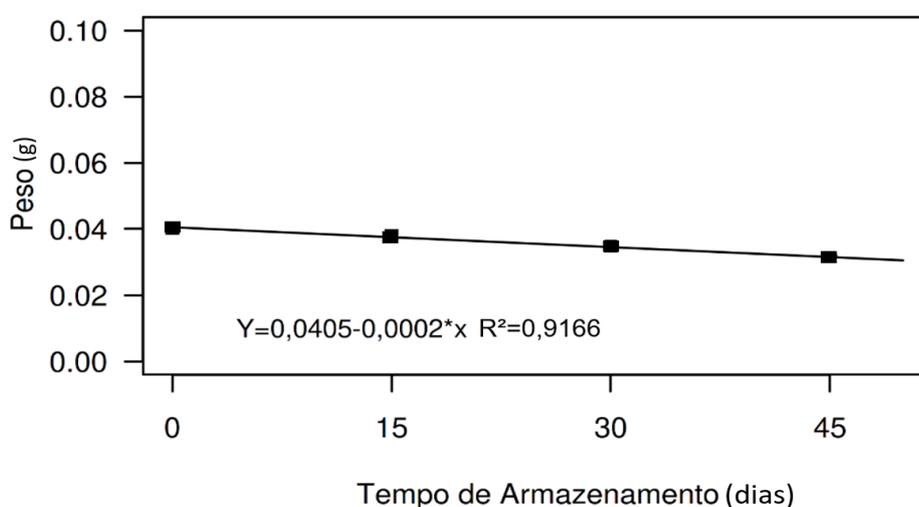
\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média. (Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

Para a variável peso da matéria seca de nódulos no estágio fenológico V4 observou-se que houve diferença significativa para o tempo de armazenamento, com decréscimo no peso da matéria seca no maior período de armazenamento após o tratamento e inoculação. No início do armazenamento a média entre todos os tratamentos foi 0,040g, já com o período máximo 45 dias a média foi de 0,030g, reiterando o efeito nocivo sobre a nodulação desse período de armazenamento prolongado de contato entre produtos e *Bradyrhizobium*.

Figura 8 - Matéria seca de nódulos (g), no estágio V4 em função dos períodos de armazenamento (0, 15, 30, e 45 dias).



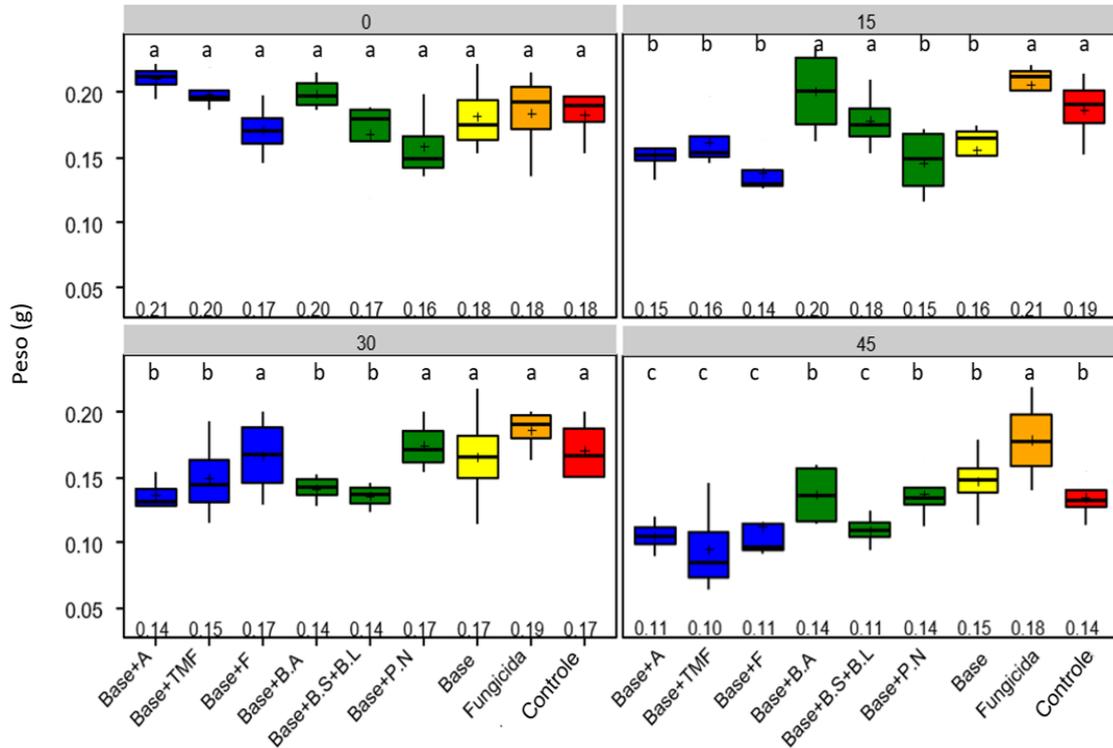
\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

O estágio de desenvolvimento R1, ocorreu a interação entre os fatores tempo de armazenamento e tratamento para peso médio da matéria seca de nódulos em R1.

Com a semeadura logo após o tratamento e inoculação, 0 dias, não houve diferença entre os tratamentos sobre o peso médio dos nódulos em R1. Com avanço do armazenamento após tratamento, já aos 15 dias efeitos nocivos dos nematicidas sobre o peso dos nódulos começaram aparecer, principalmente para os químicos, tendência que se manteve até 45 dias. Com 45 dias de armazenamento o maior número de nódulos foi em sementes tratadas somente com fungicida, sem uso de nematicidas e inseticida. Os nematicidas biológicos também afetaram o peso dos nódulos, porém com efeitos nocivos consistentes após 30 dias de armazenamento (FIGURA 9).

Figura 9 - Matéria a seca (g) de nódulos, em R1, em função dos produtos aplicados em cada tempo de armazenamento após tratamentos de sementes.



\*Significativo a 5%.

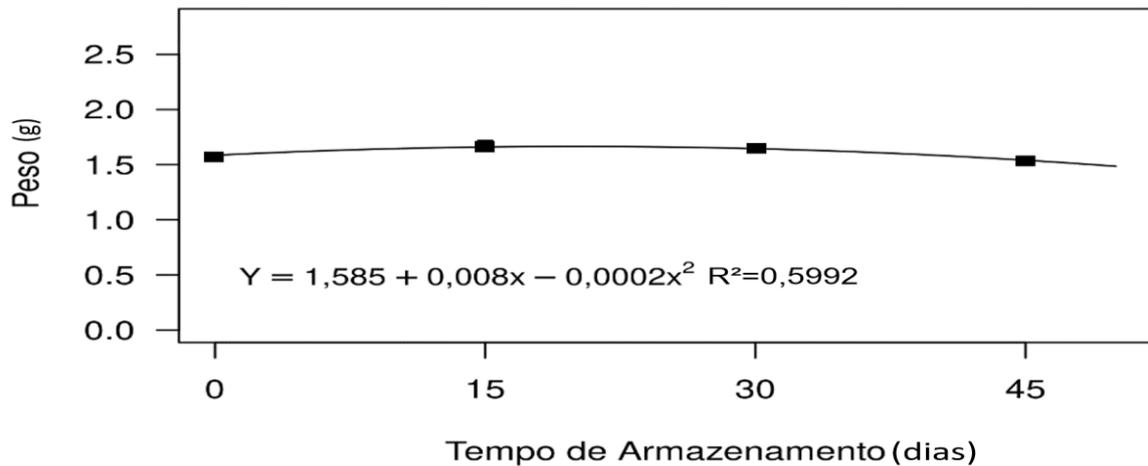
Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada época de armazenamento, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média, barras horizontais representam a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

Para o peso da matéria seca de raízes em R1, houve efeito significativo do tempo de armazenamento, em que efeito prejudicial foi após 20 dias de armazenamento após o tratamento (FIGURA 10).

Figura 10 - Matéria seca de raiz (g), no estágio R1, em função dos períodos de armazenamento (0, 15, 30, e 45 dias).

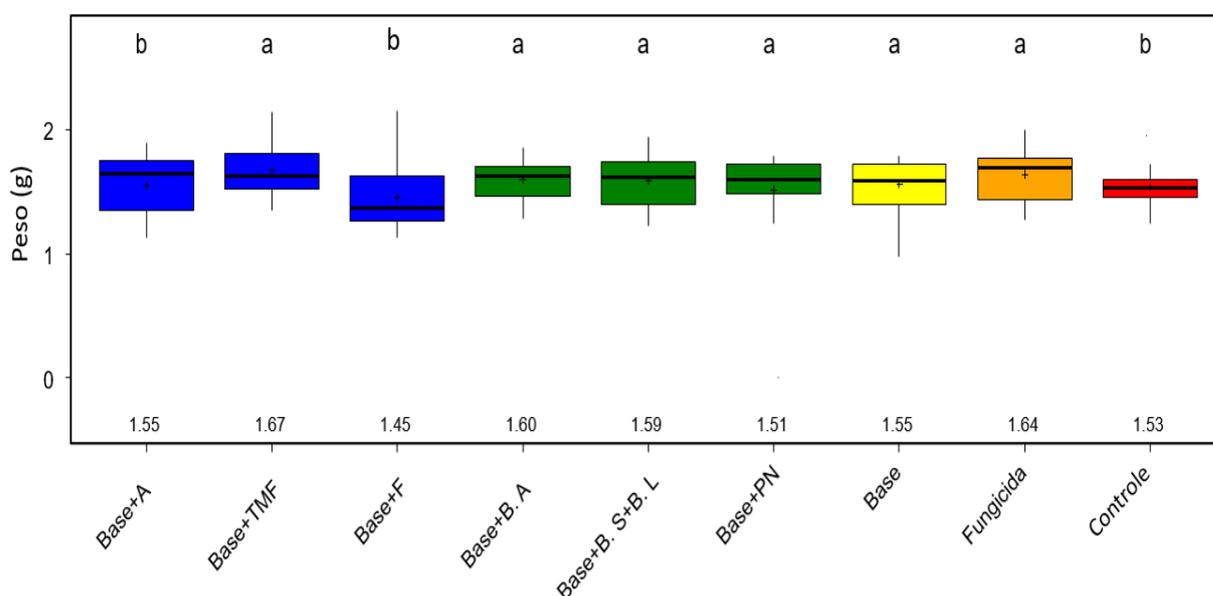


\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Os tratamentos influenciaram a matéria seca das raízes, sendo os maiores valores nas plantas oriundas de sementes tratadas com o nematicida químico Base+TMF e com os biológicos Base + B.A, Base + B.S+B.L, e Base+P.N. Já os tratamentos Base+A, Base + F e Controle, apresentaram menores peso da matéria seca das raízes (FIGURA 11).

Figura 11 - Matéria seca de raiz (g), no estágio R1, em função dos diferentes tratamentos de sementes.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + Bioestimulante biológico; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

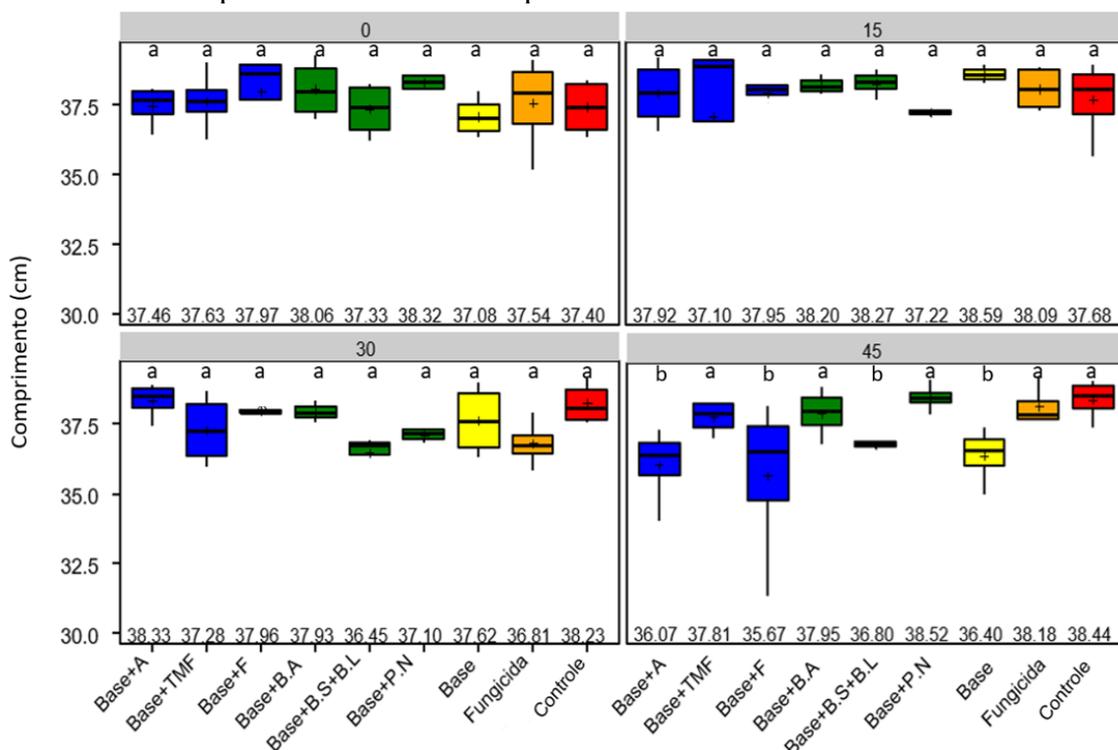
Fonte: Do autor (2023).

Silva et al. (2019) trabalharam com sementes de soja tratadas com enraizadores biológicos, observaram acréscimo nas relações entre massa seca de raiz. Nessa mesma linha Santos (2009) obteve resultado semelhante com a utilização de produtos biológicos no tratamento de sementes, resultando em um aumento de matéria seca das raízes das plantas de soja. No entanto, nesse trabalho, em nenhum dos tratamentos biológicos, seja ele com *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* ou *Pasteuria nishizawae* + Bioestimulante biológico, não foram constatados incrementos de matéria seca de raiz em R1 (FIGURA 12).

Para o comprimento radicular no estágio de desenvolvimento R1, o tempo de armazenamento das sementes tratadas no período menor ou igual a 15 dias, os comprimentos radiculares foram semelhantes (FIGURA 12). Já com o avanço do período do armazenamento

das sementes após o tratamento, principalmente aos 45 dias, houve maiores variações em função dos tratamentos. Em que de forma geral os nematicidas químicos foram mais prejudiciais ao desenvolvimento radicular, os tratamentos Base + A e Base + F foram os que mais foram prejudiciais, além dos tratamentos Base + B.S + B.L e Base (FIGURA 12).

Figura 12 - Comprimento de raiz (cm), no estágio R1 em função dos produtos aplicados em cada tempo de armazenamento após o tratamento das sementes.



\*Significativo a 5%.

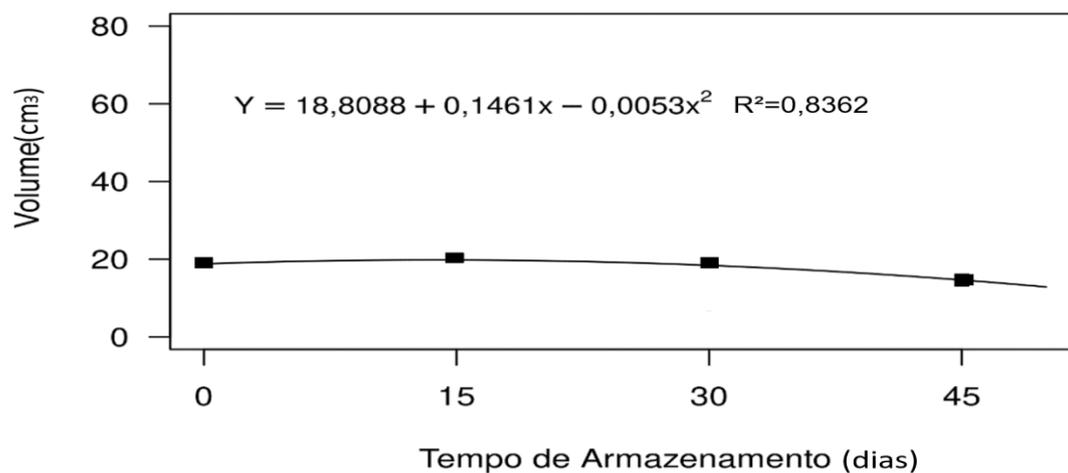
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

Para o volume radicular no estágio R1, o armazenamento após o tratamento a partir de 13,8 dias foi prejudicial ao desenvolvimento radicular, fato diretamente relacionado ao observado para as variáveis da nodulação, que em geral também apresentaram efeitos nocivos com o prolongamento do tempo do armazenamento após o tratamento (FIGURA 13).

Figura 13 - Volume de raiz (cm<sup>3</sup>), no estágio R1 em função dos períodos de armazenamento após o tratamento (0, 15, 30, e 45 dias).

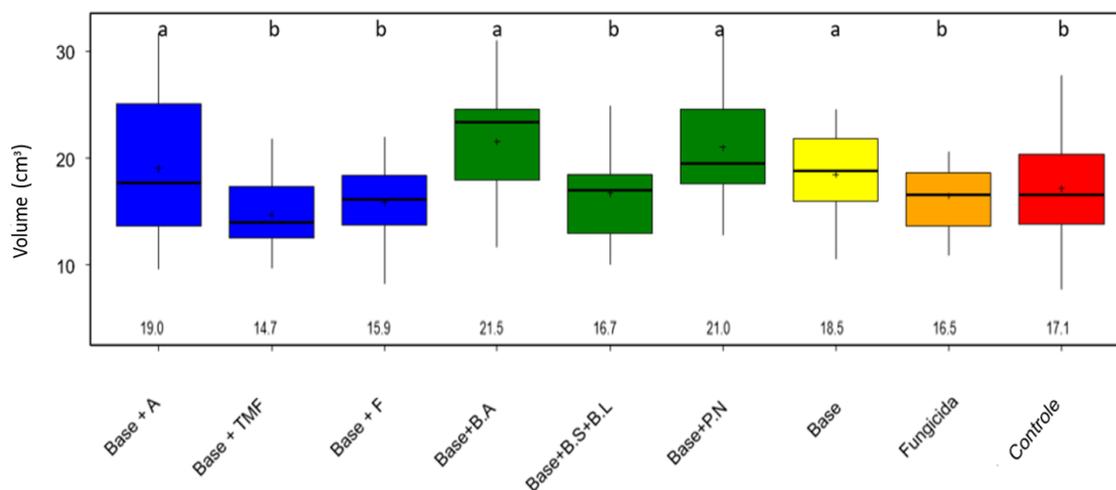


\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos tratamentos de sementes, sementes tratadas com o tratamento Base, Base + P.N, Base + B. A, e Base + A apresentaram as maiores médias de volume radicular (FIGURA 15).

Figura 14 - Volume de raiz da soja (cm<sup>3</sup>) no R1, em função dos diferentes tratamentos de sementes.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

O emprego de *Bacillus subtilis* resultou em uma resposta mais favorável nas variedades de soja, resultando em melhorias nos aspectos biométricos da parte aérea e, sobretudo, no desenvolvimento das raízes das plantas de soja (COSTA et., 2019). Entre os tratamentos nematicidas, sementes tratadas com Base + B.S + B.L, Base, Base + F e Base + TMF apresentam médias de volume radicular menores, com valores variando de 14,71 a 18,47 cm<sup>3</sup>, novamente resultados consoantes com o que foi observado para as características da nodulação, em que os nematicidas químicos ocasionaram maiores efeitos sobre a nodulação e consequentemente afetando o desenvolvimento das raízes e plantas (FIGURA 14).

As raízes da soja são responsáveis pela absorção de água, nutrientes e minerais essenciais do solo. O volume das raízes da soja está intimamente ligado à capacidade da planta de explorar o solo em busca de recursos necessários para o seu desenvolvimento. Quanto maior o volume das raízes, maior é o acesso da planta ao componente nutricional, devido ao aumento

do ambiente de exploração, e mais liberação de exsudados radiculares para a conexão com a microbiologia do solo (FERREIRA, 2021).

#### 4 CONCLUSÕES

Os nematicidas químicos em relação aos biológicos apresentam maior efeito nocivo à qualidade fisiológica das sementes, principalmente com o avanço do período de armazenamento, 15 dias, após o tratamento e com uso da molécula Fluopiram.

A nodulação por *Bradyrhizobium* é afetada negativamente pelos tratamentos com os nematicidas químicos, principalmente com 45 dias de armazenamento após o tratamento, mesmo com uso de inoculantes longa vida.

A antecipação do tratamento de sementes com nematicidas químicos afeta o desenvolvimento radicular da soja.

## REFERÊNCIAS

- ANGHINONI, F. B. G., et al. Pre-Inoculation with Bradyrhizobium spp. in Industrially Treated Soybean Seeds. **Agricultural Sciences**, v. 08, n. 07, p. 582–590, 2017.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Regras para análise de sementes (RAS)**. Brasília, 2009. Disponível em: < [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf)>. Acesso em: 11 mai. 2023.
- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48, n. 1, p. 154-163, 2009.
- CARVALHO, E. R. et al. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 967-976, 2014.
- CARVALHO, E. R. et al. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. 1–12, 2020.
- CARVALHO, E. R. et al. Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n.1, p. 59–66, 2022.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Mogi Mirim**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/mogi-mirim-27572/>>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira. Brasília, 2023. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 01 mar. 2023.
- COSTA, L. C. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de Bacillus subtilis. **Nativa**, v. 7, n. 2, p. 126-132, 2019.
- CUNHA, R. P. da et al. Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1761–1767, 2015.
- DAN, L. G. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob e feito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.
- EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.
- FERREIRA, D. A. Sistema radicular da cultura da soja e a nodulação. **Revista Cultivar**, 2021. Disponível em: < <https://revistacultivar.com.br/artigos/sistema-radicular-da-cultura-da-soja-e-a-nodulacao>>. Acesso em: 25 abr. 2023.

KAEFER, J. T.; ZAMBERLAN, J. F.; SALAZAR, R. F. S.; BORTOLLOTO, R. P. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 13-22, 2019.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular Técnica 136**, v. 1, p. 24, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2023.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e teste. Londrina: ABRATES, 601p. Cap.4, p. 185-246, 2020a.

MEDEIROS, J. C. et al. Quality of corn seed industrial seed treatment (IST) and on-farm treatment (OFT) in Brazilian agribusiness. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. 1-14, 2023.

PASTORE, A. Manejo de inoculação com Bradyrhizobium em soja associado ao tratamento fitossanitário das sementes. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016.

PEREIRA, C. E. et al. Desempenho de sementes de soja tratadas com fungicidas e peliculizadas durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 656–665, 2007.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

REIS, L. V. et al. Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 47, p. 1-7, 2023.

ROCHA, G. C. et al. Physiological quality of treated and stored soybean seeds. **Revista Científica**, v. 1, n. 5, p. 50–65, 2017.

ROCHA, D. K. et al. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. 1-8, 2020.

ROGESKI, R.; LAZARETTI, N. S. Efeito do tratamento de semente sobre a inoculação da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Ed. Especial, p. 42-49, 2020. Disponível em < <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1037/962> >, acesso em: 10 jun. 2023.

SANTOS, C. R. S. Stimulate na germinação de sementes, vigor de plântulas e no crescimento inicial de soja, em condições de rizotron. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SANTOS, P. F. et al. Efeito do tratamento de sementes na nodulação e crescimento inicial da cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 4, p. 96–108, 2014.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SEIXAS, C. D. S. et al. **Tecnologias de Produção de Soja**. [s.l:], 2020.

SCHWEIG, L. A.; LOURENÇO, E. S. de O.; MENEGASSO, G. D. Inoculante de longa vida na cultura da soja sob plantio direto. **Revista Faz Ciência**, v. 19, n. 30, p. 99-112, 2017.

SILVA, L. C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho e de soja em função do tratamento em pré-semeadura com enraizador bioativador. **Science and Technology Innovation in Agronomy**, v. 3, n. 1, p. 152-162, 2019.

ZILLI, J. E. et al. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima. **EMBRAPA Soja**, p. 1-9, 2006.

ZILLI, J. E. et al. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 4, p. 917-924, 2009.

ZILLI, J. E.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. **EMBRAPA**, v. 45, n. 3, p.335-338, 2010.

**ARTIGO 2****TRATAMENTO INDUSTRIAL DE SEMENTES DE SOJA COM NEMATICIDAS E *Bradyrhizobium* SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DA SOJA****RESUMO**

A incompatibilidade entre o tratamento de sementes com produtos químicos e biológicos junto ao uso de inoculantes tem sido considerada um desafio relacionado à fixação biológica do nitrogênio (FBN) na cultura da soja. Os inoculantes de longa vida são tecnologias inovadoras que permitem a inoculação antecipada, combinando-a com o tratamento fitossanitário, porém ainda são necessários estudos para garantir a FBN ideal, principalmente com períodos de armazenamentos maiores. O objetivo neste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo da cultura da soja, utilizando-se o inoculante longa vida associado ao tratamento antecipado de sementes com diferentes nematicidas químicos e biológicos. O experimento foi implantado a campo em área de plantio direto, em delineamento de blocos ao acaso, com 9 tratamentos de sementes e 3 períodos de armazenamento após tratamento. Os tratamentos envolveram diferentes nematicidas a base de Abamectina, Tiofanato-metílico + Fluazinam, Fluopiram, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* e *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*, além do tratamento base contendo fungicida, inseticida, polímero e pó secante e o controle contendo apenas o polímero e pó secante. Após o tratamento todas sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* e armazenadas por 0, 15 e 30 dias até a semeadura. As variáveis analisadas em campo foram estande inicial, índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) número de vagens por planta e produtividade. O armazenamento das sementes até 30 dias após o tratamento com nematicidas químicos ou biológicos não afeta o estabelecimento inicial do estande de plantas de soja. O uso dos nematicidas químicos no tratamento de sementes reduz o índice de vegetação (NVDI) inicial das plantas de soja em comparação aos biológicos, com efeitos mais acentuados com maior período de armazenamento após o tratamento. O tempo de armazenamento após o tratamento fitossanitário e inoculação afeta a produtividade da cultura da soja. Os nematicidas químicos ocasionam maior fitotoxidez à viabilidade das bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, afetando a FBN e consequentemente a produtividade final, em relação aos nematicidas biológicos.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Fixação biológica de nitrogênio. Inoculante longa vida. Tratamento químico de sementes. Tratamento biológico de sementes.

## ABSTRACT

The incompatibility between seed treatment with chemical and biological products together with the use of inoculants has been considered a challenge related to biological nitrogen fixation (BNF) in soybean crop. Long-life inoculants are an innovative technology that allows early inoculation by combining it with phytosanitary treatment, but studies are still needed to ensure optimal BNF. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of soybean crop using long-life inoculant associated with early seed treatment with different chemical and biological nematicides. The experiment was implemented in the field in a no-tillage area, in a randomized block design, with 9 seed treatments and 3 storage periods after treatment. The treatments involved different nematicides based on Abamectin, Thiophanate-methyl + Fluazinam, Fluopiram, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* and *Pasteuria nishizawae* + Biological biostimulant, in addition to the base treatment containing fungicide, insecticide, polymer and drying powder, and the control containing only the polymer and drying powder. After treatment all seeds were inoculated with *Bradyrhizobium* and stored for 0, 15 and 30 days until sowing. The variables analyzed in the field were initial stand, normalized difference vegetation index (NDVI), number of pods per plant and yield. Seed storage up to 30 days after treatment with chemical or biological nematicides does not affect the initial establishment of soybean plant stand. The use of chemical nematicides in seed treatment reduces the initial vegetation index (NVDI) of soybean plants compared to biological ones, with more pronounced effects with longer storage period after treatment. Storage time after phytosanitary treatment and inoculation affects soybean crop yield. Chemical nematicides cause greater phytotoxicity to the viability of bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, affecting BNF and consequently final productivity, compared to biological nematicides.

**Keywords:** *Glycine max.* Biological nitrogen fixation. Long life inoculant. Chemical seed treatment. Biological seed treatment.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja desempenha um papel fundamental na agricultura brasileira, já que o Brasil ocupa a primeira colocação dos maiores produtores e exportadores de soja do mundo (USDA, 2023). A projeção do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) para a safra 2023/2024 indica a produção nacional de soja em 122,74 milhões de toneladas, dentro das expectativas do mercado de 116,37 a 122,74 milhões de toneladas, com média de 122,03 milhões. Para fomentar essa produção é necessário o uso de tecnologias e muitas delas são veiculadas via sementes. A utilização de sementes de alta qualidade possibilita aos agricultores a oportunidade de aproveitar os avanços genéticos e as tecnologias disponíveis, garantindo um desempenho agrícola satisfatório e altas produtividades da cultura no país (HARTMANN; FILHO et al., 2016).

Uma das tecnologias veiculadas via sementes, é o tratamento com produtos fitossanitários e funcionais via tratamento industrial de sementes (TSI). O TSI é realizado dentro das instalações das empresas produtoras de sementes. Dessa forma, após o tratamento, as sementes são preservadas até o momento da semeadura, empregando equipamentos, substâncias e orientação técnica especializada para assegurar um tratamento adequado conforme destacado por (REIS et al., 2023; MEDEIROS et al., 2023).

Adicionalmente, a adoção de tecnologias mais avançadas tem possibilitado no tratamento de sementes, uma redução no tempo de manipulação e contribuição para minimizar danos mecânicos nas sementes, como observado por (REIS et al. 2023). O tratamento químico de sementes, tem se destacado em diversas técnicas de manejo visando o controle de pragas e doenças nos estádios iniciais da cultura (BRZEZINSKI et al., 2015). Nessa mesma linha, o tratamento de sementes com produtos biológicos, tem demonstrado um crescimento significativo no Brasil. Os agricultores estão cada vez mais interessados em adotar práticas agrícolas sustentáveis e eficientes, buscando reduzir a dependência de produtos químicos e minimizar os impactos ambientais (GOULART et al., 2018).

O tratamento de sementes de soja tem sido realizado de duas formas principais, sendo uma delas conhecida como "*OnFarm*", em que o tratamento é feito na própria fazenda, geralmente em volumes menores e com tecnologia de aplicação mais simples. A outra forma é o Tratamento Industrial de Sementes (TSI), em que o procedimento é realizado nas empresas de sementes (REIS et al., 2023). A adoção de sementes tratadas por meio de TSI tem aumentado nos últimos anos, pois essa modalidade viabiliza a aplicação das tecnologias mais avançadas

no tratamento de sementes, permitindo o melhor recobrimento das sementes, uso de formulações que englobam uma variedade de produtos, tais como fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes, bioestimulantes e inoculantes biológicos (FRANÇA-NETO et al., 2015; REIS et al., 2023).

No entanto, por questões logísticas nessa modalidade se faz necessário o tratamento antecipado à semeadura, fato que leva a um desafio atual na produção de sementes de soja que é a compatibilidade entre produtos químicos e biológicos, principalmente com a manutenção da viabilidade dos *Bradyrhizobium* para uma fixação biológica de nitrogênio adequada (FBN).

A FBN é de extrema importância para a cultura da soja para o fornecimento do elemento essencial nitrogênio, tanto em áreas onde a cultura da soja será estabelecida pela primeira vez quanto em áreas já consolidadas com o cultivo de soja (HUNGRIA et al., 2013). No entanto, podem ocorrer efeitos negativos com a utilização de produtos químicos no tratamento de sementes, a exemplo dos inseticidas, fungicidas, nematicidas e micronutrientes, sobre o estabelecimento da população bacteriana desejada (PASTORE, 2016).

No momento atual, existem estudos de inovações na formulação de inoculantes e agentes protetores. Entre elas, destacam-se os inoculantes de “longa vida”, que apresentam uma concentração bacteriana mais substancial e são combinados com osmoprotetores, essa tecnologia visa mitigar os efeitos do tratamento das sementes com fungicidas e inseticidas (SCHWEIG; LOURENÇO; MENEGASSO, 2018).

Outros efeitos antagônicos geram a mortalidade dos *Bradyrhizobium* spp. e dessa forma, recomenda-se que a semeadura ocorra imediatamente após a inoculação, preferencialmente no mesmo dia (EMBRAPA, 2014), porém devido as limitações logísticas quando se optar por usar inoculantes via TSI se faz necessário o armazenamento até a semeadura.

Por isso, são importantes os estudos para avaliar as interferências e interações entre produtos fitossanitários, como os nematicidas químicos ou biológicos, na efetiva nodulação por *Bradyrhizobium* na cultura da soja. O objetivo nesse estudo foi estudar e avaliar a influência do tratamento industrial de sementes de soja antecipado com nematicidas químicos e biológicos sobre o desenvolvimento vegetativo e produtividade da cultura da soja em campo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em parceria entre a Universidade Federal de Lavras, Lavras (UFLA), estado de Minas Gerais, e Corteva Agriscience™, na cidade de Mogi Mirim, no Estado de São Paulo, Brasil. O clima do município de Mogi Mirim é quente e temperado. Segundo Köppen e Geiger (2022) este é classificado como Cfa, com temperatura média anual de 21.4 °C e pluviosidade média anual de 1537 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

Foram utilizadas para a realização do experimento, sementes do cultivar de soja 97R50IPRO de hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio de 115 dias e grau de maturação de 7.5 cedidas pela Corteva Agriscience.

### 2.1 Tratamento e inoculação das sementes

Todas as sementes foram tratadas da mesma forma com calda base envolvendo fungicidas, inseticida, polímero e pó secante. O produto fungicida foi o Picoxistrobina 76 g/L + Ipconazole 76 g/L + Oxathiapiprolim 230g/L na dose de 35 ml do produto formulado por 100 Kg de sementes, o inseticida Clorantraniliprole 625 g/L com a dose de 100 ml do produto formulado.100 Kg<sup>-1</sup> de sementes, polímero Disco AG-Red L-232 com a dose de 250 ml. 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes e pó secante de marca comercial Talkum Gloss® na dose de 200 g. 100. Kg<sup>-1</sup> de sementes. As variações ocorreram em função do tipo de nematicidas utilizados, entre químicos e biológicos, sendo: Abamectina 500g/L (dosagem de 125 mL do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes), Tiofanato-metílico 350g/L + fluazinam 52,50 g/L (dosagem de 215 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes), Fluopiram 600g/L (dosagem de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes), *Bacillus amyloliquefaciens* 270g/L (dosagem de 20 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes), *Bacillus subtilis* 200g/L + *Bacillus licheniformis* 200g/L (dosagem de 200 g do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e *Pasteuria nishizawae* 156 g/L + *Bioestimulante biológico* (dosagem de 200ml/100Kg do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes). Também foram realizados um tratamento sem nematicida, um sem nematicida e inseticida e outro sem nematicida, inseticida e fungicida, conforme (TABELA 2).

Tabela 2 - Tratamentos, inoculantes e doses utilizadas para o tratamento de sementes de soja.

Tratamento	SIGLA	F (ml)	I (ml)	N (ml)	P (ml)	G (ml)	A (g)	S30 (ml)	Pó (g)
1	Base+A	35	100	125	250	150	450	150	200
2	Base+TMF	35	100	215	250	150	450	150	200
3	Base+F	35	100	200	250	150	450	150	200
4	Base+B.A	35	100	20	250	150	450	150	200
5	Base+B.S+B.L	35	100	200	250	150	450	150	200
6	Base+P.N	35	100	200	250	150	450	150	200
7	Base	35	100	-	250	150	450	150	200
8	Fungicida	35	-	-	250	150	450	150	200
9	Controle			-	250	150	450	150	200

Dose produto comercial: mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. F: Fungicida; I: Inseticida; N: Nematicida; P: Polímero; G: Inoculante líquido; A: Inoculante turfoso Pó: Pó secante S30: protetor para inoculação. (Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere® 60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere® 60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere® 60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

Para a inoculação de todos os tratamentos, foi utilizado o pacote comercial de inoculação longa vida Granouro®, recomendado para o tratamento industrial de sementes de soja. O kit Granouro® é composto pelo inoculante líquido Gelfix 5 (150 mL/100kg de sementes), o inoculante turfoso Adhere® 60 (450 g/ 100 kg de sementes) e o polímero S30 (150 ml/100 kg de sementes) protetor para inoculação. Ambos, possuem como base o *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e SEMIA 5019 e com concentrações de 5 x 10<sup>9</sup> UFC/ml e 5 x 10<sup>9</sup> UFC/g.

O tratamento foi realizado na mesma operação de forma sequencial, com fungicidas + polímero, inseticidas, nematicidas, inoculante e pó-secante, os recobrimentos foram realizados no equipamento HEGE 11, ano de fabricação 2014, com a capacidade de tratar 3 dm<sup>3</sup> e velocidade de rotação de 1200 rpm. Para a dosagem dos produtos e inoculantes foram utilizadas seringas descartáveis e a calda dispensada sobre o atomizador do equipamento HEGE 11 com as sementes em rotação, até completar a homogeneização do tratamento das sementes.

Após o tratamento e inoculação às sementes foram colocadas em sacos de papel multifoliados e armazenadas em ambiente com temperatura constante de 20°C e umidade relativa do ar em 40%. As sementes tratadas e inoculadas foram armazenadas por 0, 15 e 30 dias até a semeadura em campo experimental, já cultivado com soja no ano anterior.

## 2.2 Avaliações de características agronômicas em campo

As sementes foram semeadas em campo conduzido no sistema de plantio direto onde, 30 dias antes do plantio foi realizado a dessecação da área por meio de aplicação de herbicidas. A adubação foi realizada de acordo com o Boletim 100 (CANTARELLA et al., 2022), seguindo as exigências da cultura e foi toda realizada juntamente no sulco de semeadura. A semeadura do experimento foi feita com o auxílio de uma semeadora adaptada para o plantio de parcelas tracionado por um trator. No momento do plantio, as sementes de cada tratamento foram adicionadas no compartimento da plantadora, onde foram distribuídas.

As parcelas foram compostas por 4 linhas de 4 m espaçadas em 0,5 m, onde foram distribuídas 17 sementes por metro, em 4 blocos. As duas linhas centrais foram consideradas úteis. As variáveis analisadas foram:

- a) Estandes inicial e final: as contagens dos estandes de plantas normais e emergidas foram realizadas aos 7 e 28 dias após a semeadura, considerando-se as duas fileiras centrais das parcelas.
- b) Avaliação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI): para a avaliação do NDVI foi utilizado o equipamento Green Seeker® portátil da Trimble, com as leituras realizadas aos 14 e 28, dias após a semeadura (DAS). As medições foram feitas a uma distância de 0,8 m acima do dossel, com caminhamento em linha reta dentro das parcelas sobre as linhas de plantas. Essa avaliação foi realizada nas 2 linhas centrais de cada parcela.
- c) Número de vagens por planta: Foi avaliado o número de vagens totais em 10 plantas amostradas ao acaso nas parcelas úteis, sendo calculada a média por planta.
- d) Produtividade: com as plantas em estágio fenológico R8 foi realizada a colheita mecanizada das parcelas úteis, com o auxílio da colhedora de parcela marca Quantum do fabricante Wintersteiger. Os grãos colhidos de cada parcela foram pesados e determinado a umidade pelo mecanismo da própria colhedora. Os valores obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida) e os resultados convertidos para quilogramas por hectare ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

## 2.3 Análise estatística

Para a coleta de dados dos ensaios de campo foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), além da utilização do esquema fatorial  $9 \times 3$ , envolvendo 9 tratamentos de sementes e 3 períodos de armazenamento pós tratamento (0, 15, e 30 dias). Os

dados foram coletados e o processamento foi realizado com o uso do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) e analisados quanto a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade pelo teste F. Quando pertinente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott e Knott (1974), a 5%, ou foram realizadas análises de regressão polinomial, com a escolha de modelos matemáticos significativos a 5%, com maior coeficiente de determinação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

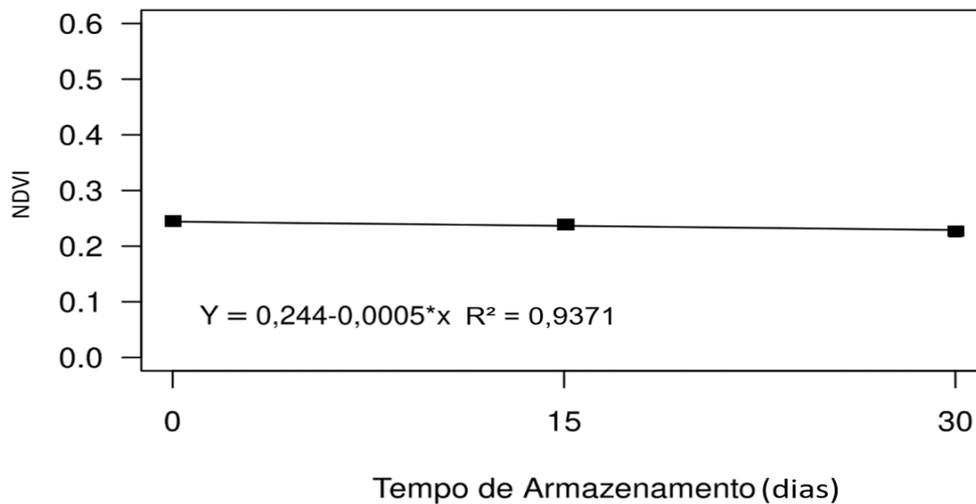
Com base na análise de variância dos dados, para o fatorial tratamento de sementes x tempo de armazenamento não houve efeito significativo da interação e dos efeitos isolados para as variáveis de estandes aos 7 e aos 28 dias após a emergência, com valores médios de 12,6 e 13,6 de plantas por metro e coeficientes de variação (CV) de 23,9% e 21,5%, respectivamente. Indica-se que o armazenamento até 30 dias das sementes após o tratamento com nematicidas químicos ou biológicos, inseticida e fungicidas não afetou o estande inicial e nem o estabelecimento de plantas, aos 28 dias.

Dessa forma, os tratamentos das sementes com fungicidas não apenas oferecem proteção contra patógenos, mas também melhoram o desempenho das plantas durante as fases iniciais do cultivo (CASTRO et al., 2008; LUDWIG, 2017). Nessa mesma linha, Rossman et al. (2018) trabalhando durante duas safras com diferentes combinações de fungicidas, inseticidas e nematicidas, observaram um aumento do número de plantas quando comparados ao tratamento controle, que não houve a aplicação de nenhum produto. Para Carvalho et al. (2022b), o tratamento de sementes com fungicidas favoreceu o desenvolvimento inicial de plântulas de soja, principalmente sob restrição hídrica no solo.

Para os resultados do índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) aos 14 dias observou-se diferenças significativa para os tratamentos de sementes e os períodos de armazenamento, já aos 28 dias houve diferença significativa apenas para os tratamentos de sementes, com CVs de 9,75% e 20,24%, respectivamente.

Os valores de NDVI, aos 14 dias, apresentaram decréscimo linear em função do avanço do período de armazenamento após o tratamento, com diminuição do NDVI próximo de 3,1% a cada 15 dias de armazenamento. No período de 0 dias de armazenamento, o valor médio de NDVI entre os tratamentos foi de 0,244 já nos períodos de 15 e 30 dias as médias foram de 0,236 e 0,229 (FIGURA 15).

Figura 15 - Valores de NDVI em plantas de soja aos 14 DAE em função dos períodos de armazenamento (0, 15, e 30, dias) após o tratamento fitossanitário e inoculação das sementes com *Bradyrhizobium*.



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Indicando interferência do maior tempo de contato entre os produtos fitossanitários e o inoculante na efetiva nodulação por *Bradyrhizobium* e fixação biológica de Nitrogênio, pois a deficiência nutricional com nitrogênio afeta diretamente a produção de clorofila e consequentemente nas leituras de NDVI.

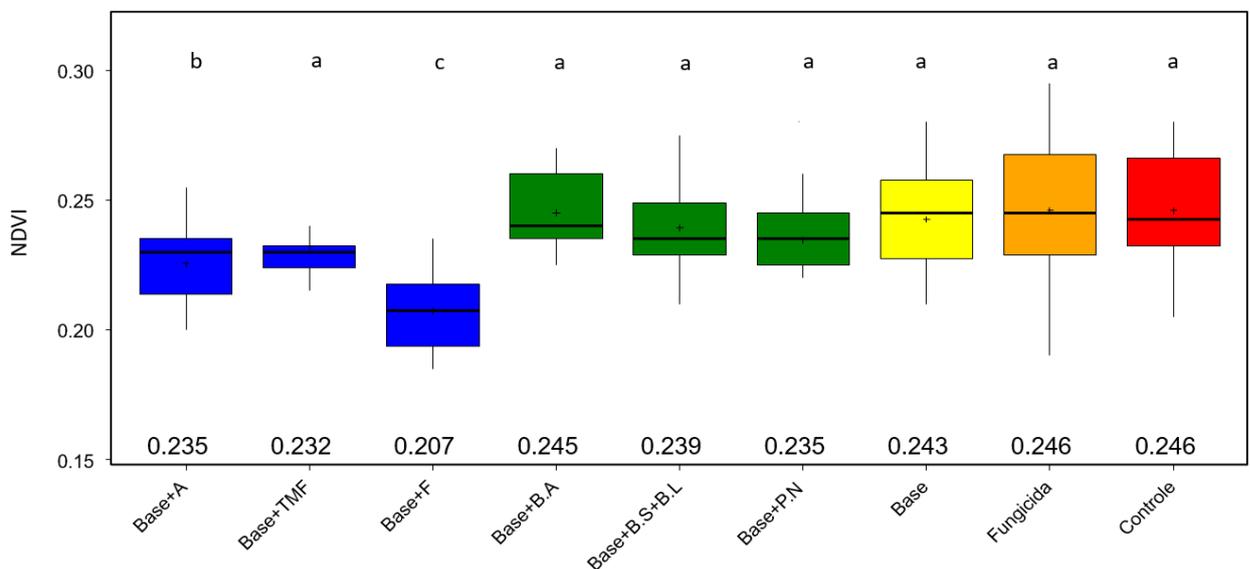
Através do uso do NDVI é possível calcular a atividade fotossintética da cultura por meio do pigmento da clorofila. Com a sua utilização, na agricultura, possibilita uma rápida e eficiente detecção das variações na cultura, sendo relacionados com a produtividade da soja com diferentes índices de vegetação gerados a partir de imagens multiespectrais (AMARAL et al., 2018). Dessa forma o NDVI estima o vigor e a densidade da vegetação com base na refletância da luz em diferentes comprimentos de onda. Valores mais altos de NDVI, geralmente indicam maior vigor vegetativo.

De acordo com Silva (2009) e Staffen (2022) uma tonalidade mais intensa de verde medida por meio do NDVI em determinadas áreas, indica que possivelmente esses locais haverá maior produtividade, por se tratar de plantas mais saudáveis. Isso acontece devido o índice de clorofila, que é um indicador de vigor da planta. No entanto, é importante notar que nem sempre essa indicação de tonalidade mais intensa de verde pode ser usada como um critério absoluto para prever a produtividade. Em áreas onde há uma densidade populacional excessiva de plantas, poderá haver um aumento na biomassa, mas isso não necessariamente resultará em um

aumento correspondente na produtividade. Pelo contrário, pode ocorrer até mesmo uma diminuição de produtividade devido ao baixo desenvolvimento no terço baixo-médio da Soja (EMBRAPA, 2007).

Em relação aos tratamentos de sementes, o menor valor verificado de NDVI foi para as plantas oriundas de sementes tratadas com o ingrediente ativo nematicida Fluopiram, indicando assim uma maior fitotoxicidade desse produto sobre a nodulação por *Bradyrhizobium* e consequentemente a fixação biológica de Nitrogênio (FIGURA 16).

Figura 16 - NDVI em plantas de soja, aos 14 DAE, em função dos diferentes tratamentos fitossanitários de sementes junto da inoculação com *Bradyrhizobium*.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

De acordo com Carvalho et al. (2022), o tratamento com inseticidas e nematicida e armazenamento das sementes por seis meses afetou o vigor das sementes e desempenho inicial da cultura soja, com diferentes intensidades em função do ingrediente ativo. Também em estudo

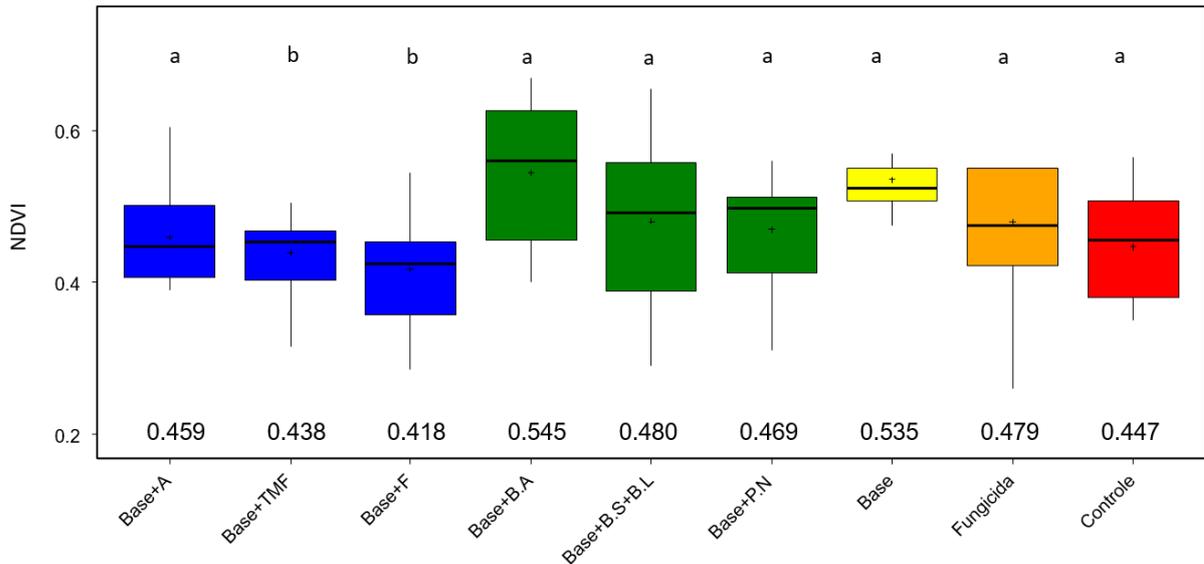
conduzido por Rocha et al. (2020), foi verificado que as moléculas inseticidas apresentam maior fitotoxicidade quando comparadas às moléculas fungicidas.

Os maiores valores de NDVI aos 14 dias foram para sementes tratadas somente com fungicida, tratamento base (F+I), controle e base mais nematicidas biológicos *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* e *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*, tratamento base com o nematicida químico TMF (FIGURA 16), reforçando a menor toxidez e influência dos nematicidas biológicos à FBN e conseqüentemente no NDVI.

A média geral das leituras de NDVI dos tratamentos com nematicidas biológicos *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* e *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico* foi de 0,242, já para os nematicidas químicos a média ficou em torno de até 0,221.

Os resultados de NDVI aos 28 dias após a emergência apresentaram semelhanças com os observados aos 14 DAE. Os tratamentos com nematicidas químicos apresentaram resultados inferiores aos tratamentos com nematicidas biológicos, com exceção do Base + A que foi semelhante aos biológicos. Com isso, a média geral entre os tratamentos com nematicidas biológicos *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis* e *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico* foi de 0,498, já os valores médios dos nematicidas químicos foi de 0,438 (FIGURA 17). Reforçando o constatado aos 14 dias, principalmente com o uso do Base + F.

Figura 17 - NDVI em plantas de soja, aos 28 DAE, em função dos diferentes tratamentos fitossanitários de sementes junto da inoculação com *Bradyrhizobium*.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

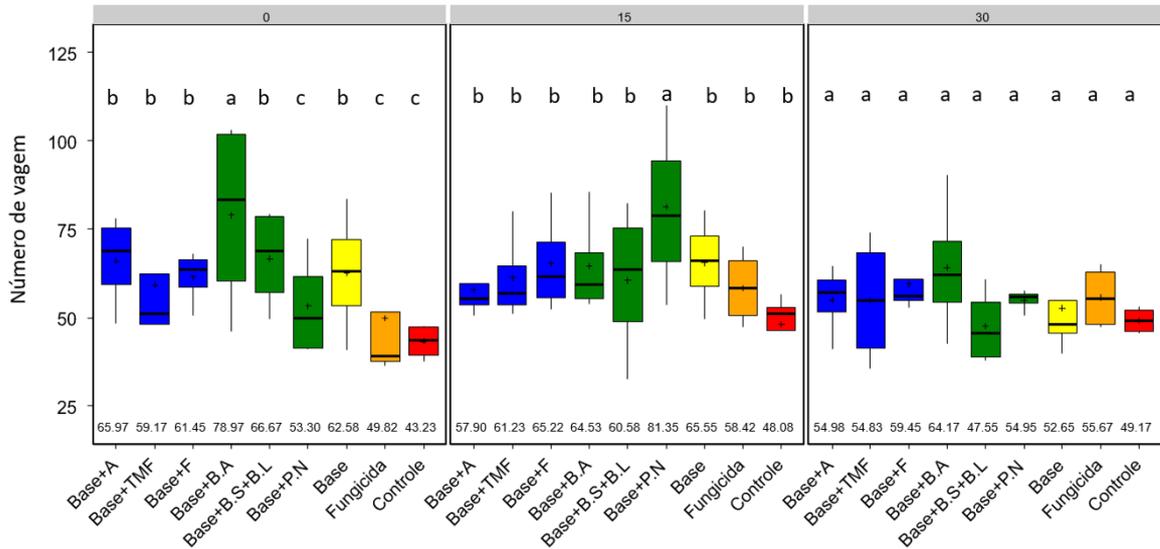
(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

O número de vagens por planta (NVP), é um dos importantes componentes de rendimento e a interação entre os fatores tratamento de sementes e armazenamento foi significativo ( $p < 0,05$ ), com coeficiente de variação de 46,02%.

Em relação aos tratamentos em cada tempo de armazenamento sobre NVP, na avaliação inicial o tratamento com o nematicida biológico Base+B.A foi superior a todos os demais, os menores valores foram para sementes sem tratamento (controle), somente fungicida e Base + P.N. (Figura 18). No período de 15 dias de armazenamento o tratamento com o nematicida biológico Base+P.N obteve resultado superior aos demais tratamentos. Já com 30 dias de armazenamento após o tratamento e inoculação, não houve diferença entre os tratamentos (FIGURA 18).

Figura 18 - Número de vagens em plantas de soja em função dos diferentes tratamentos fitossanitários de sementes e inoculação com *Bradyrhizobium*, em cada tempo de armazenamento.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula, em cada época de armazenamento, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

De forma geral, os valores de NVP de plantas oriundas de sementes armazenadas por 30 dias, independente do tratamento de sementes, se concentraram em um patamar de valor mais baixo que os demais, com média geral de 54,8, em relação à média sem armazenamento de 58,9. Fato que pode estar relacionado uma menor eficiência no processo de FBN, quando as sementes permaneceram por tempos maiores armazenadas após tratamento e inoculação, mesmo com uso de inoculantes “longa vida”.

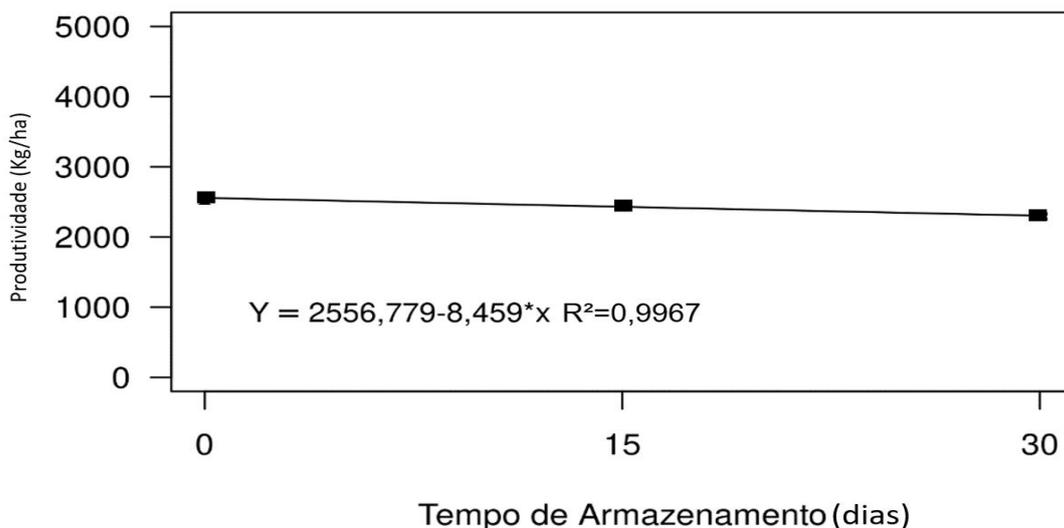
No estudo conduzido por Fipke (2015) foi constatado um maior número de vagens nas plantas de soja nos tratamentos inoculados no dia da semeadura em comparação com os tratamentos inoculados sete dias antes da semeadura. Sugerindo que a inoculação realizada muito antes da semeadura pode afetar negativamente a quantidade de vagens produzidas pelas plantas.

O acréscimo no NVP nos tratamentos em destaque pode estar ligado ao aporte de N e fornecimento pela simbiose mais eficaz, onde o mesmo é exigido em grande quantidade na manutenção e formação das vagens pela cultura da soja, visto que, normalmente nessa fase se tem redistribuição do N na planta (SCHWEIG; LOURENÇO; MENEGASSO, 2018). Para Carvalho et al. (2020), o tratamento antecipado de sementes de soja por 60 dias, afetou o número de plantas por vagens, com variações em função dos ingredientes ativos, sendo alguns inseticidas mais prejudiciais, porém não afetando a produtividade final da cultura.

Por meio dos resultados obtidos da análise de variância observou-se que houve para os tratamentos de sementes e os tempos de armazenamento diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para produtividade, com coeficiente de variação de 11,65%.

As médias de produtividade sofreram decréscimo linear com aumento do período do armazenamento (FIGURA 19), a exemplo dos resultados também constatados para NDVI aos 14 DAE (FIGURA 15). Com redução de 4,96%, ou seja 126,8 kg, com 15 dias de armazenamento após o tratamento e inoculação. Com 30 dias a redução atingiu 9,9% da produtividade, ou seja 253,77 kg. Sem o armazenamento das sementes após o tratamento e inoculação a produtividade média entre tratamentos foi de 2556,78 já nos períodos de 15 e 30 dias as médias foram de 2429,89 e 2303,01 Kg.ha, respectivamente (FIGURA 19).

Figura 19 – Produtividade de grãos de soja (Kg/ha) em função dos períodos de armazenamento (0, 15 e 30, dias) após o tratamento fitossanitário e inoculação das sementes com *Bradyrhizobium*.



\*Significativo a 5%.

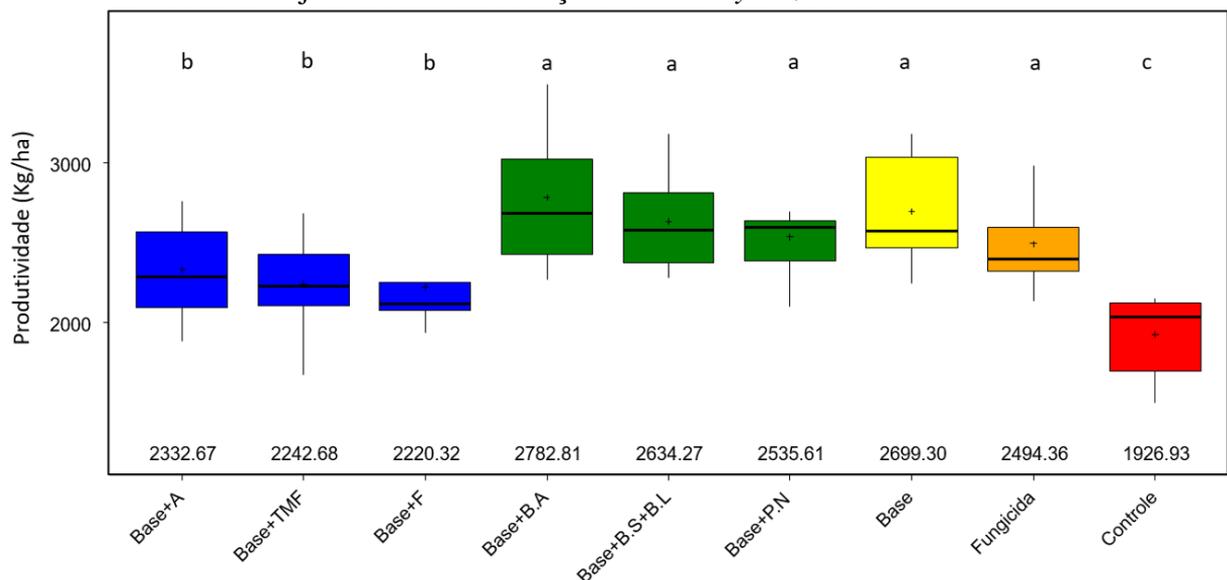
Fonte: Do autor (2023).

Assim mesmo com uso de inoculante, com a tecnologia “longa vida”, os maiores períodos de contato entre os produtos fitossanitários e as bactérias *Bradyrhizobium* afetaram a viabilidade das mesmas e conseqüentemente o processo de FBN e a produtividade, frente a importância dessa simbiose para o fornecimento de nitrogênio para a soja.

Schweig et al. (2017) trabalhando com a antecipação da inoculação, evidenciaram que o inoculante de longa vida associado ao tratamento fitossanitário, com inoculação até 25 dias se mostrou eficiente, proporcionando produtividades na cultura da soja semelhantes à inoculação no momento da semeadura.

Já em relação aos diferentes tratamentos de sementes, as menores produtividades foram constatadas no tratamento controle, sem tratamento fitossanitário, e com as sementes tratadas com os nematicidas químicos, Base + A, Base + TMF, Base + F (FIGURA 20).

Figura 20 - Produtividade de grãos de soja (Kg/ha) em função dos tratamentos fitossanitários de sementes junto com a inoculação com *Bradyrhizobium*.



\*Significativo a 5%.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras verticais representam o desvio padrão da média barras horizontais representa a mediana e + representa a média.

(Base) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Clorantraniliprole + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232 + S30 + Pó secante; (A) Abamectina; (TMF) Tiofanato-metílico + Fluazinan; (F) Fluopiram; (B.A) *Bacillus amyloliquefaciens*; (B.S+B.L) *Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*; (P.N) *Pasteuria nishizawae* + *Bioestimulante biológico*; (Fungicida) Picoxistrobina + Ipconazole + Oxathiapiprolim + Gelfix 5 + Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante; (Controle) Gelfix 5+Adhere®60+ L232+ S30 + Pó secante.

Fonte: Do autor (2023).

O que sustenta a informação que os nematicidas químicos apresentaram maior efeito negativo para as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, afetando a FBN e consequentemente a produtividade final.

Em um estudo conduzido por Rossman et al. (2018), foram avaliadas diferentes combinações de tratamentos envolvendo fungicidas, fungicidas + inseticidas e fungicidas + inseticidas + nematicidas ao longo de duas safras e em sete ambientes distintos. Foi constatado que o uso isolado de fungicidas como a combinação de fungicidas + inseticidas + nematicidas resultaram em um aumento significativo no estande de plantas no estágio Vc/V1, quando comparados com o grupo controle, que não recebeu nenhum tratamento de sementes. O tratamento que mostrou o melhor desempenho em termos de produtividade foi a combinação de fungicidas + inseticidas.

Considerando os resultados de produtividade, os tratamentos com nematicidas biológicos Base+B.A, Base+B.S+B.L e Base+P.N e os tratamentos Base e somente Fungicida não apresentam diferenças significativas entre si e foram superiores aos demais, incluindo o controle (FIGURA 20). Com base nestes resultados pode-se deduzir que os nematicidas biológicos testados não afetaram negativamente o processo de nodulação por *Bradyrhizobium* e consequentemente a produtividade, mesmo quando veiculados juntos via tratamento de sementes.

Assim, é possível inferir sobre a importância do tratamento de sementes com fungicida e inseticida para altas produtividades e que os nematicidas químicos apresentaram maior efeito negativo as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, afetando a FBN e consequentemente a produtividade final, fato não observado para os nematicidas biológicos testados.

#### 4 CONCLUSÕES

O armazenamento das sementes até 30 dias após o tratamento com nematicidas químicos ou biológicos, não afeta o estabelecimento inicial do estande de plantas de soja.

O uso dos nematicidas químicos no tratamento de sementes reduz o índice de vegetação (NVDI) inicial das plantas de soja em comparação aos biológicos, com efeitos mais acentuados com maior período de armazenamento após o tratamento.

O tempo de armazenamento após o tratamento fitossanitário e inoculação afeta a produtividade da cultura da soja.

Os nematicidas químicos são prejudiciais ao desempenho das bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, afetando a FBN e conseqüentemente a produtividade final.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, K. F. S; OBUTI, R. B; ROSA, H. A; **Relação entre Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Mapa de Produtividade na Cultura da Soja**, Nova Cantú, PR. TCC Pós-Graduação FAG, 2018.
- BRZEZINSKI, C.R. et al. **Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops**. *Journal of Seed Science*, v.37, n. 2, p. 147-153, 2015.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JÚNIOR, D.M; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2022. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- CARVALHO, E. R. et al. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. 1–12, 2020.
- CARVALHO, E. R. et al. Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n.1, p. 59–66, 2022.
- CASTRO, G. S. A. et al. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Mogi Mirim**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/mogi-mirim-27572/>>. Acesso em: 04 abr. 2022.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil 2014. **EMBRAPA Soja**, 2013. Disponível em: SP-16-online.pdf (embrapa.br). Acesso em: 16 abr. 2023.
- FIPKE, G. M. **Coinoculação e pré inoculação de sementes em soja**. 2015. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- FRANÇA-NETO, J. de B. et al. Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/15. **Informativo ABRATES**, v. 25, p. 4, 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1019146/1/adocaodotratamentoindustriaoidesementesdesojanobr.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2023.
- GULART, C.A. et al. Tratamento biológico de sementes. **Revista Cultivar**, 2018. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/tratamento-biologico-de-sementes>>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- CESAR, P. H. F. et al. Physiological quality of second crop soybean seeds after drying and storage. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 35, p. 3273-3280, 2016.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. **Tecnologia de Coinoculação da Soja com Bradyrhizobium e Azospirillum: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo.** Resumos da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Londrina-PR, 2013. Disponível

em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf> Acesso em: 14 abr. 2023.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928.

LUDWIG, M.P. Tratamento de Sementes: Profissionalização. **Seed News**, v. 21, n. 4, p.10-12, 2017. Disponível em: <<https://seednews.com.br/edicoes/artigo/267-tratamento-de-sementes:profissionalizacaoedicao-julho-2017>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

NTECH INDUSTRIES. **Greenseeker Manuals**. Disponível em: <<http://www.ntechindustries.com/greenseeker-manual.html>>. Acesso em: 4 mai. 2023.

PASTORE, A. Manejo de inoculação com Bradyrhizobium em soja associado ao tratamento fitossanitário das sementes. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

REIS, L. V. et al. Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 47, p. 1-7, 2023.

ROSSMAN, D. R.; BYRNE, A. M.; CHILVERS, M. I. Profitability and efficacy of soybean seed treatment in Michigan. **Crop Protection**, v. 14, p. 44-52, 2018.

ROCHA, D. K. et al. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products? **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. 1-8, 2020.

SCHWEIG, L. A.; LOURENÇO, E. S. de O.; MENEGASSO, G. D. Inoculante de longa vida na cultura da soja sob plantio direto. **Revista Faz Ciência**, v. 19, n. 30, p. 99-112, 2017.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, C. A. V. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, 309 SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de 310 Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3079-3085.

STAFFEN, W. E; ROSA, H. A. Avaliação da influência física e química do solo na produtividade da soja (glycine max) através de mapa de colheita e NDVI (índice de vegetação da diferença normalizada). **City farm fag 2º edição**, [s. L.], p. 143, 2 jun. 2022.

USDA: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2022. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov>>. Acesso em: 08 fev. 2022.

USDA: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2023. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov>>. Acesso em: 14 mar. 2023.