

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE**  
**CAMPUS CASCAVEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**UTILIZAÇÃO DE BIOINSUMOS EM SEMENTES DE FEIJÃO E EFEITOS NOS  
PARÂMETROS AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS**

**THAÍS WEBER**

**CASCAVEL – PARANÁ**

**2023**

**THAÍS WEBER**

**UTILIZAÇÃO DE BIOINSUMOS EM SEMENTES DE FEIJÃO E EFEITOS NOS  
PARÂMETROS AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Campus Cascavel, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Renata Machado Coelho.

**CASCADEL – PARANÁ**

**2023**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Weber, Thaís  
Utilização de bioinsumos em sementes de feijão e efeitos nos parâmetros agronômicos, fisiológicos e tecnológicos / Thaís Weber; orientadora Silvia Renata Machado Coelho. -- Cascavel, 2023.  
60 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2023.

1. Tratamento de sementes. 2. Sporidiobolus johnsonii. 3. Rhizobium tropici. 4. Teor de proteínas. I. Coelho, Silvia Renata Machado , orient. II. Título.

Revisão de português, inglês e normas: Dra. Dhandara Capitani.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Reitoria  
CNPJ 78.680.337/0001-84  
Rua Universitária, 1619, Jardim Universitário  
Tel.: (45) 3220-3000 - Fax: (45) 3225-4590 - www.unioeste.br  
CEP: 85819-110 - Cx. P.: 701  
Cascavel - PARANÁ



## **THAÍS WEBER**

### **UTILIZAÇÃO DE BIOINSUMOS EM SEMENTES DE FEIJÃO E EFEITOS NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Sílvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Ana Paula Morais Mourão Simonetti

Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG)

Cascavel, 06 de setembro de 2023.

## **BIOGRAFIA**

Thaís Weber é filha de Noeli Tadioto Weber e Mario Weber, nascida em 29 de novembro de 1997, natural de Campo Bonito, Paraná.

Em 2020, formou-se com grau de Bacharel em Agronomia pelo Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), de Cascavel, PR, pelo qual, no ano de 2016, foi bolsista PIBIC pela Fundação Araucária, na área econômica.

Em março de 2021 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Cascavel, como discente em nível de mestrado, tendo sido bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, durante um ano.

Desde setembro de 2022, tem atuado como assistente técnica na FMC agrícola, com atendimento de campo e desenvolvimento de produtos via Coopavel Cooperativa, em todas as filiais do oeste do Paraná.

“O êxito da vida não se mede pelo caminho  
que você conquistou, mas sim, pelas  
dificuldades que superou no caminho.”  
Abraham Lincoln

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me guiar e me permitir viver tudo de magnífico que tenho hoje;

Dedico esta, assim como todas as minhas conquistas aos meus pais, Mario e Noeli e à minha irmã, Daiane. Obrigada por toda a ajuda, o apoio e o amor!

À minha orientadora Profa. Dra. Silvia Renata Machado Coelho, por todos os ensinamentos, desde o meu trabalho de conclusão de curso da graduação e do mestrado, grata por tudo!

## UTILIZAÇÃO DE BIOINSUMOS EM SEMENTES DE FEIJÃO E EFEITOS NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS

WEBER, Thaís. Utilização de bioinsumos em sementes de feijão e efeitos nos parâmetros agronômicos, fisiológicos e tecnológicos. Orientadora: Silvia Renata Machado Coelho. 2023. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2023.

### RESUMO

O feijão é um alimento de presença diária na dieta dos brasileiros e considerado uma boa fonte proteica, com nutrientes essenciais. Além da importância na alimentação, o feijoeiro possui ampla produção pelo país e sua demanda favorece o preço, especialmente para pequenos produtores. Devido a estes fatores, estudos que buscam melhorar a produção desta espécie são de interesse do mercado, seja pelo aumento da produtividade, ou mesmo pelo uso de tecnologias mais limpas, que são muito consideradas nos dias atuais. Dentre estas novas tecnologias, o uso de microrganismos, como a inoculação com *Rhizobium tropici*, capaz de substituir a utilização de fertilizantes químicos nitrogenados, consta como uma boa opção para uso no feijoeiro. Além deste, nos últimos anos tem crescido a pesquisa com uso de leveduras na agricultura, visto que estas são capazes de induzir a resistência contra doenças e ainda produzem hormônios vegetais, favoráveis ao desenvolvimento da planta. Uma destas leveduras é a *Sporidiobolus johnsonii*, que tem potencial de aplicação na melhoria da qualidade da semente. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é avaliar a inoculação de sementes de feijão com *Rhizobium tropici* e filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*, nos parâmetros agronômicos da cultura e da qualidade pós-colheita dos grãos. O experimento foi montado segundo Delineamento em Blocos Completos Casualizados (DBC) e a semente de feijão utilizada foi a IAC Veloz. Os tratamentos foram: T1 – Controle (sem tratamento); T2 – Tratamento de sementes com produto comercial sintético à base de nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco; T3 – Tratamento de sementes com filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*; T4 – Inoculação com *Rhizobium tropici*; e T5 – Tratamento de sementes com produto do filtrado *Sporidiobolus johnsonii* junto à inoculação de *Rhizobium tropici*; em que cada tratamento possui quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Foram avaliados os parâmetros agronômicos do feijoeiro quanto a produtividade, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil sementes e teor de nitrogênio das folhas; a qualidade fisiológica do feijão como semente, via teste de germinação, teste de vigor e velocidade de emergência; além da determinação da qualidade pós-colheita dos grãos de feijão pelo tempo de cocção. A levedura *Sporidiobolus johnsonii* é capaz de produzir giberelina do tipo GA4, a mais bioativa dentre todas as giberelinas e de difícil produção sintética. O uso do filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*, a co-inoculação com *Rhizobium tropici* e a junção destes tratamentos não foi capaz de melhorar os parâmetros agronômicos e tecnológicos do feijoeiro.

**Palavras-chave:** tratamento de sementes, *Sporidiobolus johnsonii*, *Rhizobium tropici*, teor de proteínas.



## USE OF BIOINPUTS IN BEAN SEEDS AND EFFECTS ON AGRONOMIC, PHYSIOLOGICAL, AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS

WEBER, Thaís. Use of bioinputs in bean seeds and effects on agronomic, physiological, and technological parameters. Orientadora: Sílvia Renata Machado Coelho. 2023. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2023.

### ABSTRACT

Beans are one of the main daily staple in the Brazilian diet and are considered a good source of protein, carrying essential nutrients. In addition to its importance in food, beans are widely produced throughout the country and their demand favors the price, especially for small producers. Due to these factors, studies that seek to improve the production of this species are of particular interest to the market, whether by increasing productivity, or even by using cleaner technologies, which are highly considered nowadays. Among these new technologies, the use of microorganisms, such as inoculation with *Rhizobium tropici*, which can replace the utilization of chemical nitrogen fertilizers, is a good option for use on bean crops. In addition, in recent years research into the use of yeasts in agriculture has grown, as they are capable of inducing resistance against diseases as well as produce plant hormones, favorable to plant development. One of these yeasts is *Sporidiobolus johnsonii*, which has potential application in improving seed quality. Therefore, the objective of this research was to evaluate the inoculation of bean seeds with *Rhizobium tropici* and filtrate of the yeast *Sporidiobolus johnsonii*, on the agronomic parameters of the crop and post-harvest quality of the grains. The experiment was set up according to a Randomized Complete Block Design (DBC) and the bean seed employed was IAC Veloz. The treatments were: T1 – Control (no treatment); T2 – Seed treatment with a synthetic commercial product based on nitrogen, potassium, organic carbon, and zinc; T3 – Seed treatment with *Sporidiobolus johnsonii* yeast filtrate; T4 – Inoculation with *Rhizobium tropici*; and T5 – Seed treatment with *Sporidiobolus johnsonii* filtrate product combined with *Rhizobium tropici* inoculation; in which each treatment has four replications, adding up to 20 experimental plots. The agronomic parameters of the bean plant were evaluated regarding productivity, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of a thousand seeds, and nitrogen content of the leaves; the physiological quality of the bean as a seed, via germination test, vigor test, and emergence speed; in addition to determining the post-harvest quality of bean grains by cooking time. The yeast *Sporidiobolus johnsonii* is capable of producing gibberellin of the GA4 type, the most bioactive among all gibberellins and difficult to produce synthetically. The use of *Sporidiobolus johnsonii* yeast filtrate, co-inoculation with *Rhizobium tropici* and the combination of these treatments were not able to improve the agronomic and technological parameters of the bean plant.

**Keywords:** seed treatment, *Sporidiobolus johnsonii*, *Rhizobium tropici*, protein content.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivo específico.....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1 Cultura do feijoeiro.....	4
3.1.1 Produção de feijão no Brasil .....	5
3.1.2 Qualidade tecnológica do feijão .....	6
3.1.3 Sementes de feijão .....	6
3.2 Valorização de tecnologias limpas .....	7
3.3 Tratamento de sementes com bioestimulantes .....	8
3.3.1 Hormônios vegetais .....	9
3.4 Uso de microrganismos benéficos ao feijoeiro .....	11
3.4.1 <i>Rhizobium tropici</i> .....	12
3.5 Leveduras na agricultura.....	13
3.5.1 <i>Sporidiobolus johnsonii</i> .....	14
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
4.1 Obtenção do filtrado da levedura .....	15
4.2 Tratamento das sementes e semeadura.....	16
4.3 Cultivo do feijão .....	17
4.4 Análise foliar .....	18
4.5 Avaliação dos parâmetros agronômicos .....	19
4.5.1 Análise de germinação.....	19
4.5.2 Vigor de sementes .....	19
4.6 Avaliação da qualidade pós-colheita das sementes .....	20
4.6.1 Tempo de cocção .....	20
4.7 Análise estatística .....	21
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
5.1 Detecção e quantificação de fitormônios no filtrado .....	22
5.2 Parâmetros agronômicos .....	23
5.3 Qualidade fisiológica do feijão como semente .....	26
5.4 Qualidade tecnológica das sementes.....	28
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Tratamentos e respectivas doses.....	17
Tabela 2 Valores médios para verificar a resistência ao cozimento do feijão.....	21
Tabela 3 Produção de fitormônios pela levedura <i>Sporidiobolus johnsonii</i> .....	22
Tabela 4 Valores médios obtidos para Produtividade (prod) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), massa de mil sementes (MMS) (g), número de vagem por planta (vagem) e número de grãos por vagem (grãos) a partir do feijoeiro que foi submetido aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes .....	23
Tabela 5 Valores médios obtidos para o teor de nitrogênio nas folhas do feijoeiro que foi submetido aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes .....	25
Tabela 6 Valores médios obtidos para a germinação (%), vigor (%) e velocidade de emergência (VE) das sementes produzidas a partir do feijoeiro que foi submetido aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes .....	26
Tabela 7 Valores médios obtidos para o tempo de cocção das sementes de feijão que foram submetidos aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes .....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma das atividades em ordem de realização da pesquisa. ....	14
Figura 2 Fluxograma do processo de obtenção do filtrado da levedura para pesquisa. ....	16
Figura 3 Imagem de satélite indicando a área experimental. ....	17
Figura 4 Croqui dos tratamentos em suas respectivas parcelas. ....	18

## 1 INTRODUÇÃO

Os feijões são considerados leguminosas de fonte proteica fundamental. O gênero *Phaseolus* possui cerca de cinco espécies cultivadas, dentre elas o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), de grande importância socioeconômica, por ser a espécie mais antiga e utilizada nos cinco continentes. No Brasil, o feijão, junto ao arroz, consta como tradição alimentar do país, tem alto consumo per capita por refeição e é reconhecido pelas suas propriedades benéficas à saúde (Ferreira et al., 2018; Wander et al., 2021).

O fato de se tratar de um produto essencial no cardápio popular revela a necessidade de melhorar a cadeia produtiva do feijoeiro, a fim de aumentar a oferta e a qualidade do produto. Este setor sofre dificuldades de produção, pelo seu ciclo rápido e as condições climáticas oscilantes no país, como seca no Nordeste e geada no Sul e no Sudeste, levando à baixa produtividade na lavoura e problemas de qualidade na pós-colheita. Ainda assim, a cadeia produtiva do feijão pode ter potencial de exportação de excedentes de produção se melhorar as condições de cultivo (Aguiar et al., 1994; Castro; Wander, 2014; Moraes; Menelau, 2017).

Dentre tantos fatores bióticos e abióticos que podem ser aprimorados, as sementes utilizadas no plantio possuem relevante capacidade de auxiliar a incrementar a produção de grãos (Wander, 2017). O estabelecimento adequado do estande, constituído por plantas vigorosas, que se formem em diferentes condições edafoclimáticas e com maior velocidade de emergência, leva a altas produtividades (Marcos-Filho, 2015; Krzyzanowski et al., 2018). Porém, estas podem sofrer sensibilidade pelas adversidades do campo, em especial pelo seu grau de deterioração (Wendt et al., 2017). Os agricultores têm utilizado o artifício do tratamento de sementes, que visa proteção com inseticidas e fungicidas, além de adicionar nutrientes, estimulantes e, mais recentemente, microrganismos e seus subprodutos.

Dentre os microrganismos capazes de auxiliar na qualidade da fisiologia da planta, de modo geral os rizóbios, e mais especificamente *Rhizobium tropici*, são reconhecidos como bactérias fixadoras de nitrogênio, ou seja, são capazes de disponibilizar nitrogênio para as leguminosas. A inoculação com *Rhizobium tropici* constitui uma alternativa que pode reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados (Peres et al., 2018; Dias, 2020).

Além da nutrição, existem moléculas de sinalização e regulatórias endógenas que podem influenciar o crescimento, o desenvolvimento e a fisiologia das plantas. Os hormônios vegetais são mensageiros químicos, produzidos para modular os processos celulares, via interação com proteínas receptoras ligadas a rotas de transdução do sinal, que geram a resposta na célula-alvo. Nos vegetais, os principais hormônios conhecidos são as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e ácido jasmônico (Li et al., 2017; Taiz et al., 2017).

O uso de microorganismos como insumos benéficos às plantas já é de conhecimento coletivo, mas a literatura é limitada sobre leveduras e sua capacidade potencial para promover o crescimento das plantas com segurança. Assim, estes estão ganhando atenção especial nos últimos anos. Algumas espécies de leveduras são promissoras antagonistas de patógenos vegetais, assim como promotores de crescimento de plantas (YURKOV, 2018).

As leveduras são amplamente difundidas para a realização de processos de fermentação, mas também são capazes de gerar biomoléculas funcionais, como enzimas, nanopartículas, substâncias bioativas e promotores de crescimento vegetal (Mukherjee; Sen, 2015; Lins et al., 2018). A exemplo desta capacidade, a levedura *Sporidiobolus johnsonii* produz a co-enzima Q<sub>10</sub>, importante antioxidante, além de ser capaz de reduzir a severidade do cretamento bacteriano no feijoeiro, enquanto na soja, auxilia na velocidade de emergência das plântulas, já que contém giberelina, hormônio vegetal que atua sobre a germinação das sementes (Raven et al., 2001; Renadive et al., 2011; Carvalho et al., 2020; Weber et al., 2021). Porém, não há estudo sobre a aplicação deste bioinsumo na semeadura de feijão e seus efeitos no estande e na qualidade dos grãos produzidos.

Portanto, o estudo da inoculação de sementes de feijão com *Rhizobium tropici* e filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*, considerados bioinsumos, tem potencial de gerar dados sobre o impacto dessas novas tecnologias na qualidade pós-colheita do feijão e no desempenho agrônômico do desenvolvimento da cultura em campo.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da inoculação de sementes de feijão com *Rhizobium tropici* e com filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*, nos parâmetros agronômicos da cultura e na qualidade pós-colheita.

### 2.2 Objetivo específico

- a) Determinar quais fitormônios estão presentes no produto da levedura;
- b) Avaliar os parâmetros agronômicos do feijoeiro inoculado com *Rhizobium tropici* e filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*, associados ou não, e um equivalente químico;
- c) Determinar a qualidade pós-colheita dos grãos de feijão do cultivo de sementes inoculadas com *Rhizobium tropici*, filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*, ambos os tratamentos associados e um equivalente químico, avaliando parâmetros fisiológicos e tecnológicos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cultura do feijoeiro

O feijão comum é pertencente ao Reino Vegetal, classificado como uma planta Eudicotiledônea, leguminosa da ordem Fabales, família Fabaceae e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (Azani et al., 2017).

Durante um período de pelo menos oito mil anos, o feijão comum evoluiu de uma videira de crescimento selvagem, distribuída nas terras altas da América Média e nos Andes, para uma grande cultura leguminosa de função alimentícia, cultivada em todo o mundo, em uma ampla gama de ambientes e sistemas de cultivo. Somente a partir do final do século XIX, com base em observações feitas em vestígios arqueológicos, pode-se afirmar que o feijão comum teve origem nas Américas, primeiro no Peru, e depois no sudoeste dos Estados Unidos. Ao longo dos anos foram domesticadas em diferentes locais (Gepts; Debouck, 1991; Freitas, 2001).

O feijão possui grande relevância no Brasil, pois constitui um dos principais alimentos no prato da população, devido a sua qualidade nutricional, além de o país ser um dos maiores produtores desta leguminosa no mundo, o que fez com que se tornasse uma alternativa econômica no cultivo agrícola, sobretudo em pequenas propriedades, difundido em todo o território nacional (CONAB, 2017).

O feijoeiro, dito pela sua classificação botânica como Eudicotiledônea, possui raiz pivotante, caule do tipo haste, folhas largas e flores que culminam em vagem. Seu desenvolvimento é caracterizado pelas fases vegetativa e reprodutiva, em que a vegetativa compreende a emergência da plântula até o desdobramento das folhas, e a fase reprodutiva inicia na emissão de botões florais e vai até a maturação das vagens. O feijão, como planta, é sensível às condições climáticas, além de ser suscetível ao ataque de pragas e doenças, fatores ainda mais influentes na fase reprodutiva (Dourado Neto; Fancelli, 2000; Carneiro et al., 2015).

Tratando-se das condições climáticas, a radiação solar e a temperatura possuem grande força sobre a produção do feijão. A radiação influencia na taxa fotossintética da planta; logo, corresponde à produção de biomassa que leva à produtividade. A temperatura é um fator essencial devido a sua ação sobre o ciclo do feijoeiro, que conforme a variedade necessita unidades térmicas de calor para atingir o florescimento, ou seja, a elevação ou diminuição da temperatura agem sobre o metabolismo da planta. A faixa de temperatura considerável para o cultivo de feijão é entre 12 e 30 °C, o que o torna amplamente adaptado em todo o país (Didonet; Silva, 2004).

Outro fator climático ainda mais crítico para esta cultura é a necessidade hídrica. A quantidade de água necessária depende do estágio de desenvolvimento, a variedade, a região onde está implantada, a condição do solo e a época de plantio. Em números, o



requerimento de água pelo feijoeiro pode ser de 300 a 500 mm, dependendo dos fatores anteriores e demais condições climáticas (Azevedo; Caixeta, 1986).

Com relação ao manejo da fertilidade do solo, o básico é o mais essencial, tratando-se da correção da acidez e da adubação efetiva, ou seja, gerenciá-los pelo histórico do sistema agrícola. Os nutrientes mais requeridos pelo feijão são: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo. Explorar as necessidades da cultura pode resultar em maior desempenho produtivo da planta e melhora da relação custo/benefício (Carneiro et al., 2015; Resende et al., 2017).

A análise foliar pode constar como importante parâmetro agrônômico por refletir na força e qualidade da planta. O nitrogênio é o mineral que confere aumento da matéria seca da planta e da proteína nos grãos de feijão (Camacho et al., 1995; Andrade et al., 2004; RIBEIRO, 2010).

O feijoeiro como uma cultura de larga escala é sensível às pragas e doenças, tornando-se necessário o manejo com uso de defensivos químicos que garantam produção, com segurança ao homem e ao meio ambiente. A aplicação de produtos fitossanitários visa à correta colocação do produto no alvo em quantidade adequada e econômica (Pio, 2003). Além desta tecnologia, a partir de 1980, o feijão evoluiu para colheita mecanizada, favorecida pelo menor uso de mão de obra; porém, como a arquitetura da planta deixa as vagens muito próximas ao solo, a colheita com máquinas acarreta muitas perdas de grãos (Silva et al., 2017).

### **3.1.1 Produção de feijão no Brasil**

A produção de feijão em nível mundial é crescente desde os anos 60; porém, a exigência e a fragilidade da cultura tornam-na de risco. Por isso, em alguns anos há grande volume produtivo e, em outros, ocorrem quebras de safra. Apesar disso, a diversidade fisiográfica do país e a boa adaptabilidade do feijoeiro ao clima e ao solo tornam possível a produção por três safras no ano, o que garante boa produtividade para a cultura (Carneiro; Parré, 2005; Fuscaldi; Prado, 2005).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial desta leguminosa, ficando atrás apenas de Myanmar e Índia. Dentro do país, o estado do Paraná é o maior produtor em área produtiva e volume de produção (Deral, 2022). A expectativa de produção anual, para as três safras estudadas, foi de 3,04 milhões de toneladas de feijão, em uma taxa de crescimento 1,4% superior ao ano anterior durante o período. Cerca de 2,6 milhões de hectares são destinados ao cultivo de feijões, somados o feijão-comum preto, feijão-comum cores e o feijão-caupi (CONAB, 2023).

É inquestionável a importância do feijão na alimentação do brasileiro e, por vezes, o estoque de abastecimento interno é baixo, o que demonstra a fragilidade de estudos mais

profundos para potencializar a produção da cultura. Para tanto, é necessário enfoque em estratégias e sistemas de produção que visem o máximo rendimento econômico da cultura (Dourado Neto; Fancelli, 2000; Ferreira et al., 2002).

### **3.1.2 Qualidade tecnológica do feijão**

A necessidade de explorar as propriedades tecnológicas do feijão é cada vez mais crescente no mercado, visto um maior interesse nos parâmetros teor de proteína, nutrientes e tempo de cozimento, que dizem respeito a um melhor produto para o consumo puro como grão e até mesmo visando uma boa matéria prima para novos produtos (Farinelli, 2006; Marquezi, 2013).

Esta qualidade tecnológica dos grãos de feijão sofre influência pelo genótipo e ambiente. Os principais fatores que agem sobre estes são as temperaturas, os tratamentos culturais ao longo do cultivo, o beneficiamento na pós-colheita e o processamento (Corte et al., 2003).

O feijoeiro tem como nutrientes mais exportados o nitrogênio e o fósforo; logo, os grãos de feijão são ricos em proteínas, que são formadas por aminoácidos constituídos por nitrogênio. É uma importante fonte nutricional, que pode até substituir o consumo de proteína animal, que é de alto custo, pois é capaz de contribuir com 28% de proteínas e 12% de calorias ingeridas. Estudar e potencializar a qualidade dos grãos é uma necessidade para a melhoria dessa cadeia produtiva (Rios et al., 2003; Ramírez-Cárdenas et al., 2008; Pereira et al., 2011a; Carvalho et al., 2014).

Quanto à aceitabilidade do feijão no mercado, o principal parâmetro que pode influenciar é a resistência do grão ao cozimento, visto que esse processo é o que melhora a digestibilidade deste produto (Antunes et al., 1995).

### **3.1.3 Sementes de feijão**

O ciclo de vida das plantas superiores é alcançado quando há o desenvolvimento de uma semente, seguida de sua germinação e do crescimento de uma nova planta. Assim, a semente possui dupla função: é o material que realizará a multiplicação das plantas e é a estrutura colhida para a comercialização. É popular considerar a denominação de semente e grão distintos; porém, suas reais diferenças estão nos componentes de qualidade, pois a semente, para ser comercializada como tal, deve atingir requisitos mínimos de purezas genética e física, de germinação, dentre outros, que não cabem aos grãos. A semente pode ser considerada o mais importante insumo agrícola, já que a sua qualidade é responsável pelo primeiro sucesso do estande (Castro et al., 2004; Marcos Filho, 2015; Krzyzanowski et al., 2018).

Um campo que irá gerar sementes deve ser trabalhado com cautela e prevenções. Alguns desses critérios incluem: ter pureza do material implantado, além de impedir

infestações de sementes de outras espécies cultivadas, silvestres e nocivas; controlar insetos que comprometam a qualidade da semente, como os percevejos; eliminar plantas doentes cuja doença possa ser transmitida pela semente, como *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnose); regulação específica do equipamento de colheita a fim de evitar danos mecânicos nas sementes (Henning, 2005; França-Neto et al., 2018).

Além disso, as sementes de feijão mantêm a melhor qualidade quando colhidas na maturidade fisiológica, dependendo do ciclo da cultivar, devendo-se evitar adiantar a colheita ou atrasar em excesso. Uma boa adubação, independente da fonte ou do tipo de aplicação, irá causar um aumento na quantidade e na qualidade dos grãos (Carvalho et al., 2001; Botelho et al., 2010).

Mesmo com todos os cuidados até a colheita, a semente ainda está sujeita a perdas na qualidade fisiológica, pelas mudanças bioquímicas e fisiológicas que passam a ocorrer. A deterioração, que muitas vezes não é perceptível na fase inicial, manifesta-se ao longo do tempo e gera reflexos negativos no vigor das sementes, que devem ser amplamente testadas para identificar sua qualidade para a semeadura (Garcia et al., 2004).

Para reconhecer a qualidade fisiológica de uma semente, diversos testes foram desenvolvidos ao longo dos anos; dentre eles, o principal para determinar a viabilidade das sementes: o teste de germinação. Seu objetivo principal dirige-se à obtenção de informações para determinar se é possível utilizar este material, a quantidade de sementes para a semeadura e a comparação de diferentes lotes. A semente viável deve germinar e conter as estruturas essenciais viáveis, sendo sistema radicular, parte aérea com gema apical e cotilédones (França-Neto et al., 1988; Marcos Filho, 2015).

Outro fator importante para determinação da qualidade do estande de planta é o vigor da semente que será semeada no campo. Uma semente vigorosa é capaz de germinar, emergir e rapidamente resultar em uma plântula normal, mesmo sob adversidades ambientais. Logo, o vigor é inverso à deterioração das sementes. Isso reflete no retorno econômico do capital investido para a produção (Krzyzanowski; França-Neto, 2001).

### **3.2 Valorização de tecnologias limpas**

A população mundial crescente, junto à revolução verde, trouxe grande acréscimo ao setor agrícola em termos de produtividade, com variedades de plantas e agroquímicos aprimorados. Essa expansão, porém, ocasiona o acúmulo de resíduos no meio ambiente, também causa a redução da matéria orgânica dos solos e a modificação de suas propriedades físico-químicas que afeta os níveis da população microbiana essencial ao solo e à produção (Hernández-Fernández et al., 2021; Sharma et al., 2021).

Em um país como o Brasil, onde a agricultura tem um impacto econômico e social considerável, é importante inserir o pilar de agricultura sustentável (Laurett; Paço; Mainardes,

2021). Mas a agricultura sustentável tem sido difícil de definir ou medir, devido à sua complexa mistura de preocupações ambientais, sociais e econômicas (Zhang et al., 2021). Todavia, algumas das práticas agrícolas sustentáveis já são conhecidas e realizadas, como uso de bioinoculante, consórcio tolerante ao estresse, rotação de culturas e seqüências de cultivo misto, que são soluções visando uma agricultura mais limpa (Mukherjee et al., 2020).

A agricultura sustentável está vinculada ao uso de bioinsumos, que podem ser a solução comum para uma ampla variedade de problemas que geralmente afetam o nicho agrícola (Goulet, 2021). Os bioinsumos são definidos como todo o produto biológico constituído ou produzido por micro e macroorganismos, podendo ser também oriundos de extratos vegetais. Estes se destinam à aplicação como insumo na produção agroalimentar, agroindustrial, agroenergética e no saneamento ambiental, o que favorece o crescimento e as inovações diante de uma agricultura biotecnológica (Lagler, 2017).

Com a utilização de bioinsumos, os recursos locais são valorizados e disseminados, o que contribui para a diversidade produtiva, um dos pilares da perspectiva da produção sustentável. Socioeconomicamente, estes bioinsumos oferecem as vantagens de acessibilidade e disponibilidade, além da diversificação da produção fomentar a troca de produtos e conhecimentos. Logo, os insumos biológicos oferecem um potencial tecnológico acessível e sustentável para os agricultores na transição agroecológica (Cabanillas et al., 2017).

### **3.3 Tratamento de sementes com bioestimulantes**

Uma semente de alto vigor possui grande potencial de desenvolvimento inicial, pois contém maiores teores de proteína, amido e açúcares solúveis; logo, terá maior capacidade de mobilização de suas reservas para germinação, enquanto o inverso acontece em sementes de baixo vigor (Henning et al., 2010). Porém, em ambos os casos, o uso de fertilizantes e reguladores de crescimentos fornecidos via sementes é uma realidade da agricultura atual e possui resultados promissores em diversas culturas (Amaro et al., 2020).

O tratamento de sementes com produtos químicos, visando proteção contra insetos e doenças, é de uso tradicional em todas as grandes culturas, visto que possui resultados positivos quanto à sanidade, sobretudo para cultivos comerciais anuais, como milho e soja (Solorzano; Malvick, 2011; Pereira et al., 2011b; Cunha et al., 2015; Pozo-Valdivia et al., 2018). Resultados benéficos podem ser obtidos a partir do tratamento de sementes com estes produtos que geram proteção –fungicidas e inseticidas –, aliados a estimulantes, que oferecem maior qualidade no desenvolvimento inicial da planta e correção de possíveis deficiências (Georgin et al., 2014). A integração destes três princípios no tratamento mantém a qualidade fisiológica da planta por até 60 dias no milho (Bertuzzi, 2015) e por 90 dias na soja (Almeida et al., 2014).

Como a campo as plantas estão sempre expostas a diversas condições de estresse, notou-se ao longo das safras a necessidade do uso destes estimulantes, que façam com que a semente germine com rapidez e gere uma planta que expresse todo o seu potencial de rendimento no arranque inicial. Neste contexto, entram as diversas possibilidades destes tratamentos de sementes, sejam à base de nutrientes, aminoácidos ou hormônios, que com suas respectivas misturas dão origem aos bioestimulantes vegetais (Castro; Vieira, 2003; Klahold et al., 2006; Moterle et al., 2008).

O impulso ao uso de bioestimulantes de origem biológica é necessário para reduzir o uso excessivo dos fertilizantes químicos. Os bioestimulantes são definidos como formulação de microrganismo ou consórcio microbiano, que quando aplicada à planta ou à semente, estimulam sua fisiologia e aumentam a capacidade de absorção de nutrientes, aptidão à tolerância ao estresse, produtividade ou rendimento da colheita (Shukla et al., 2021). Estes produtos podem atuar em fases distintas do desenvolvimento das plantas, tornando-se uma estratégia para garantir o estabelecimento adequado das culturas (Binsfeld et al., 2014).

A exigência de nutrientes para uma planta varia de acordo com a espécie e sua época de desenvolvimento, além da disponibilidade, absorção e redistribuição do elemento na cultura (Furlaneto et al., 2011; Taiz et al., 2017). Quando semente, o feijoeiro responde positivamente ao molibdênio (Vieira et al., 2011); porém, o uso apenas de nutrientes não traz ganhos à produtividade do feijão (Bontempo et al., 2016).

Além dos nutrientes, as sementes precisam da ação dos hormônios vegetais para seu desenvolvimento. O uso de bioestimulantes que contêm estes hormônios é uma opção interessante para favorecer seu estabelecimento a campo e, em consequência, poder obter maiores produtividades (Nascimento; Mosquim, 2004; Santos et al., 2015).

### **3.3.1 Hormônios vegetais**

Os hormônios vegetais, também denominados fitormônios, são um grupo de substâncias orgânicas de ocorrência natural nos vegetais, com a capacidade de afetar processos fisiológicos positivamente quando em concentrações muito baixas em comparação às que nutrientes ou vitaminas necessitariam. Os processos influenciados consistem principalmente na regulação de vários aspectos do crescimento, desenvolvimento e resposta das plantas ao estresse, embora outros processos, como o movimento estomático, também possam ser afetados (Davies, 2004; Du et al., 2012). Nos vegetais, os principais hormônios conhecidos são as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e ácido jasmônico (Li et al., 2017; Taiz et al., 2017).

A auxina é uma molécula sinalizadora responsável pelo fototropismo, que corresponde à capacidade de estimular o crescimento diferencial em resposta à gravidade ou estímulos luminosos; também é um importante fator da expansão da lâmina foliar, regulador da diferenciação do tecido vascular e da inibição do desenvolvimento do botão lateral (Fosket,

1994; Bhattacharya, 2019). Além de serem produzidos pelas plantas, alguns microrganismos também são capazes de sintetizar algumas moléculas de auxina, como ácido indol-acético (AIA) (Napier, 2017).

A giberelina, comumente abreviada como GA, tem alta atividade biológica e é constituída de um grande número de compostos ácidos; por essa característica, foi o primeiro hormônio a ser isolado. Esta molécula é responsável pela dormência e a germinação de sementes, estimula o alongamento e divisão celular, o crescimento do caule e os entrenós, a transição para o florescimento, o desenvolvimento do tubo polínico e a mobilização de reservas para os grãos e frutos (Srivastava, 2002; Sponsel, 2003; Hedden, 2003; Taiz et al., 2017; Ahmad et al., 2019). Assim como a auxina, a giberelina é sintetizada por plantas e microrganismos, sendo que seu primeiro isolado foi originado do fungo *Gibberella fujikuroi*, patógeno do arroz (Agrios, 2005).

A citocinina desempenha um papel central na regulação do ciclo celular da planta e em vários processos de desenvolvimento, como na regulação da divisão celular. Em interação com a auxina, age sobre o controle da dominância apical, razão raiz-parte aérea, ramificação lateral e inibição da senescência em diversas plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas (Srivastava, 2002; Schmülling, 2013; Shamsi et al., 2019). Embora o papel das citocininas seja bem caracterizado, o conhecimento quanto ao seu efeito na tolerância ao estresse das plantas ainda é fragmentário (Bhattacharya, 2019).

O etileno é mais comumente conhecido pela função do amadurecimento dos frutos, mas também desempenha papel fundamental no controle do crescimento das plantas; por meio da regulação da expansão celular, estimula a germinação e a floração em certas espécies, assim como regula a abscisão de flores e folhas (Depaepe; Straeten, 2017; Taiz et al., 2017).

Conhecido como ABA, o ácido abscísico está envolvido no fechamento estomático, germinação de sementes, boas respostas ao estresse nos vegetais e é necessário para o acúmulo de reservas de nutrientes nas sementes. Apesar do nome, ABA não tem ação direta sobre a abscisão, visto que este processo é regulado pelo etileno (Mongrand et al., 2003; Nambara, 2017; Liaqat et al., 2021).

O termo “jasmonato” é utilizado para referir-se ao ácido jasmônico e seus compostos relacionados. Esse hormônio é responsável por regular vários processos de defesa dos vegetais, como tolerância ao estresse hídrico por mecanismos estomáticos e síntese de resposta contra herbivoria ou ataque de patógenos (Loake et al., 2017; Nahakpam et al., 2021). Ademais, possui uma atividade específica adicional referente ao desenvolvimento da planta: a indução ou promoção da formação de tubérculos (Murofushi et al., 1999).

Estes hormônios podem vir a constituir os bioestimulantes. Resultados positivos de produtos à base destes compostos são relatados, como aumento do teor de clorofila em milho (Thiengo et al., 2020), maior crescimento da parte aérea e sistema radicular do sorgo

(Araújo et al., 2020), aumento da massa seca da parte aérea do milho (Buchelt et al., 2019), alta produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo (Oliveira et al., 2020), boa produtividade de grãos para o feijão-caupi (Oliveira et al., 2015); maior capacidade de suportar déficit hídrico, melhor desenvolvimento em solos de baixa fertilidade e aumento na produtividade da soja com uso de produtos à base destes hormônios vegetais (Cavalcante et al., 2020; Araújo et al., 2021).

No feijoeiro, há resultados benéficos no uso de bioestimulantes, como aumento do índice área foliar, logo, gerando produtividade e apontando viabilidade econômica (Bossoloni et al., 2017; Anjos et al., 2017; Sambatti et al., 2020); porém, alguns resultados são menos evidentes em solos de alta fertilidade (Frasca et al., 2018).

### **3.4 Uso de microrganismos benéficos ao feijoeiro**

Os microrganismos estavam presentes na Terra há cerca de quatro bilhões de anos atrás e têm evoluído e se expandido em novos ambientes desde então. Estes constituem a maior parte da biodiversidade, já que compreendem cerca de metade da biomassa do planeta. O sucesso dos organismos introduzidos pode ser profundamente influenciado por diversos microrganismos (bactérias, vírus, fungos e protozoários) devido a toda a gama de resultados da interação entre as espécies, desde o parasitismo até o mutualismo obrigatório (Passarge; Huisman, 2008; Abdel-Aziz et al., 2017; Amsellem et al., 2017).

Há uma complexa interação entre microrganismos que podem inferir significativamente no ambiente em que estão inseridos, sendo que alguns desempenham um papel importante no crescimento e no desenvolvimento das plantas, tornando-se assim promotores de crescimento. As plantas interagem com esses microrganismos, sejam eles bactérias ou fungos, encontrados no solo, na superfície das plantas ou no tecido vegetal (Lata; GOND, 2019; Cargnelutti et al., 2021). Propor o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas incrementa a produtividade e estabelece um equilíbrio com o ecossistema, tornando-se uma ferramenta para a produção agrícola sustentável (Abhilash et al., 2016; Rezende et al., 2021).

São diversos os microrganismos que se associam às plantas e beneficiam seu crescimento, o que pode ocorrer por meio de diferentes mecanismos, como produção de hormônios vegetais, solubilização de fosfatos, fixação de nitrogênio e indução de resistência (Ngoma et al., 2012). Importantes exemplos destes microrganismos são o *Trichoderma*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas* e *Rhizobium tropici*.

Um exemplo de microrganismo muito utilizado na agricultura atual é o *Trichoderma* sp., que tem potencial para causar atraso no desenvolvimento de doenças. No caso do cultivo de feijão, é capaz de diminuir o banco de escleródios de mofo branco (*Sclerotinia scleroporium*) e proteger as raízes contra *Fusarium* e podridão-radicular (*Rhizoctonia solani*)

(Zaidi et al., 2014; Lobo Junior et al., 2019). *Trichoderma* também tem ação sobre o desenvolvimento das plantas, pela produção de giberelina e auxina (AIA) (Hermosa et al., 2013).

Outro microrganismo utilizado na agricultura é o *Bacillus subtilis*, que possui ótimo perfil enzimático que pode melhorar a digestão-assimilação de nutrientes e induzir um crescimento saudável (Soto, 2017). É capaz de melhorar a viabilidade das sementes de feijão-vagem e promove o crescimento do feijão-caupi (Chagas et al., 2017; Ibanhes Neto et al., 2021).

O *Azospirillum* é outro microrganismo potencial ao interagir com as plantas, pois é capaz de se associar com as raízes de diversas culturas e realizar a fixação de nitrogênio (Dommelen; Vanderleyden, 2007; Núñez; Lobo, 2021). O *Azospirillum brasiliensis* é comumente utilizado na inoculação e co-inoculação de sementes de feijão comum e feijão-caupi, apto em gerar resultados positivos quanto ao aumento de número de vagens por planta e rendimento de grãos. Isso firma a viabilidade econômica da utilização deste microrganismo (Galindo et al., 2020; Rocha et al., 2021).

O *Bradyrhizobium* é um microrganismo fixador de nitrogênio que ocorre como bactéria do solo de vida livre ou em interação com as raízes de plantas leguminosas. A coabitação leva ao desenvolvimento de nódulos radiculares e esta simbiose leguminosa-rizóbio é de considerável importância agrícola porque permite o uso limitado de fertilizantes, já que os rizóbios estimulam o crescimento e o desenvolvimento das leguminosas por meio da aquisição aprimorada de nutrientes e minerais (Beeckmans; Xie, 2015; Meena et al., 2018; Navarrete et al., 2020). O feijoeiro comum coinoculado com *Bradyrhizobium* atingiu 91% da produção em relação à testemunha nitrogenada (Carvalho et al., 2018).

Outro microrganismo de uso agrícola são as *Pseudomonas*, rizobactérias capazes de colonizar as raízes de plantas como soja e milho, realizam a solubilização de fosfato que estimula o desenvolvimento da parte aérea, raízes e brotos (Gutierrez et al., 2020). Além disso, no feijão comum, a *Pseudomonas* foi responsável por realizar a indução de resistência da planta pelo aumento das proteínas solúveis (Silva et al., 2009).

#### **3.4.1 *Rhizobium tropici***

Nos últimos anos, a agricultura busca trabalhar com a forma mais “saudável” de manejo das culturas. Um dos triunfos neste tipo de produção depende da capacidade de fixação biológica de nitrogênio do *Rhizobium*. Esta propriedade é transmitida apenas após a formação de nódulos radiculares, que denota uma relação simbiótica em que a planta dá energia para o simbionte fixar o nitrogênio e, por outro lado, recebe o nitrogênio no nódulo fixo como lucro. Diferentes espécies de *Rhizobium* são conhecidas por suas variadas culturas leguminosas (Tajini et al., 2012; Basu; Kumar, 2020; Patel et al., 2021).



A fixação de nitrogênio é um processo complexo que envolve a ação coordenada de muitos genes, como genes estruturais, doação de elétrons, síntese de genes necessários e ativação de enzimas. Mas, além disso, o *Rhizobium* possui proteínas que realizam o balanço osmótico, e outras que fazem com que a bactéria se adapte sob diferentes condições ambientais, além de enzimas que protegem os tecidos nodulares e agem de forma desintoxicante nas células, o que demonstra a aptidão de tolerar a acidez ou salinidade do solo e continuar produzindo nódulos. Isso demonstra a ampla capacidade de sobrevivência deste microrganismo para fornecer à planta o nitrogênio necessário ao longo do ciclo (Tejera et al., 2004; Geiger et al., 2010; Cerro et al., 2016; Basu et al., 2017; Maximiano et al., 2021).

A espécie *Rhizobium tropici* é a bactéria mais recomendada para inoculação do feijoeiro-comum. A origem desta associação simbiótica não é clara (Martínez-Romero et al., 1991) mas sua forte competitividade, tolerância a condições ambientais estressantes e estabilidade genética de genes simbióticos tornaram este rizóbio uma boa escolha para uso em inoculantes para aplicação em feijão no Brasil (Pinto et al., 2007).

Ao longo dos cultivos, comprovou-se que a inoculação da *R. tropici* no feijoeiro possui a melhor nodulação e eficácia para a leguminosa, promove aumento na ocupação e massa de nódulos e aumento da biomassa caulinar, que são considerados indicadores adequados para a eficácia da simbiose leguminosa-rizóbio. Ademais, gera a formação de biofilme, uma característica importante para a nodulação e a competitividade dos rizóbios (Barreto et al., 2012; Vandana et al., 2020; Fiori et al., 2021).

O uso desta combinação, na prática, resulta em plantas com maior crescimento, acúmulo de biomassa vegetal, aumento do teor de nitrogênio nas folhas, número de vagens por planta e peso dos grãos – gerando maior produtividade (Figueiredo et al., 2008; Oliveira et al., 2017; Leite et al., 2022). Outra vantagem na inoculação com *R. tropici* é a possibilidade de suprimir a adubação nitrogenada, visto que a fixação biológica realizada supre a necessidade da cultura (Viçosi; Pelá, 2020).

Como microrganismo, a *R. tropici* possui inúmeras vantagens pela não patogenicidade e rápida produção (Castellane et al., 2014), agindo além do fornecimento de nitrogênio. Em casa de vegetação, sob condições axênicas, algumas cepas de *Rhizoctonia solani*, que causa podridão radicular, podem ser controladas de forma sinérgica pela cepa de *R. tropici* (Ferreira et al., 2020).

### **3.5 Leveduras na agricultura**

As leveduras são microfungos unicelulares eucarióticos, sua célula mede cerca de 5-10 µm de diâmetro e geralmente têm forma esférica, cilíndrica ou oval. Sua reprodução pode ser assexuada, por brotamento ou fissão, ou sexuada pela formação de esporos. Estes microrganismos estão amplamente distribuídos em ambiente natural, presentes no solo, na

água, em materiais vegetais e em outros compostos orgânicos. Cerca de 1000 espécies de leveduras são conhecidas, mas isso representa apenas uma fração da biodiversidade de leveduras na Terra (Kurtzman; Fell, 2004; Walker, 2009; Joseph; Bachhawat, 2014; Speers; Forbes, 2015).

As leveduras são conhecidas pela sua ação sobre os alimentos, sejam elas positivas, como culturas iniciais em queijos e pães, bem como em vinho, cerveja e outros produtos de fermentação alcoólica, mas também negativas, pois podem iniciar a deterioração de alimentos, como iogurte, suco de frutas e saladas (Perricone et al., 2017). Além disso, a atividade da levedura é muito sensível a alta temperatura, alta pressão, alta gravidade, etanol, idade avançada ou várias combinações de fatores de estresse atuando juntos, que podem comprometer o produto gerado (Russel, 2016).

Contudo, as características intrínsecas das leveduras as tornam um microrganismo promissor no uso agrícola, pois têm a capacidade de produzir um grupo de atividades de promoção de crescimento de plantas e atividades de biocontrole, além de uma grande diversidade de nutrientes simples que podem ser prontamente assimilados pela maioria das leveduras (Botha, 2011; Mukherjee et al., 2020; Hernández-Fernández et al., 2021).

Em comparação a outros microrganismos de uso agrícola, como fungos e bactérias, a levedura possui algumas vantagens, pois ao serem aplicadas na planta parecem distribuir-se sistematicamente, assim como possuem cultivo e técnica mais simples de serem realizados. Ademais, ainda pode ser liofilizada, o que melhora sua condição de conservação (JOUBERT e DOTY, 2018).

Diversas leveduras já são conhecidas pela produção de hormônios vegetais, como a *Torulaspota globosa*, que produz ácido indol-acético (Oliveira, 2016); *Yarrowia lipolytica*, que produz giberelinas bioativas do tipo GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub> (Kildegaard et al., 2021); *Rhodotorula glutinis*, produtora de ácido indolacético, ácido indolbutírico e giberelina (Carvalho, 2020).

A levedura *Williopsis saturnus*, oriunda das raízes de milho, é capaz de produzir auxina e sob aplicação diretamente na planta, aumenta seu crescimento (Nassar et al., 2005). A aplicação foliar da levedura *Zygoascus hellenicus* auxiliou a manter a produtividade do trigo mesmo sob condições de estresse hídrico (Silva et al., 2020), além de extratos de leveduras causarem efeitos positivos sobre a qualidade das vagens de ervilhas (Mahmoud et al., 2013).

### **3.5.1 *Sporidiobolus johnsonii***

A busca por novas cepas de leveduras com utilidade biotecnológica tem sido realizada em diversos centros de pesquisa no mundo. As leveduras do gênero *Sporidiobolus* são exemplos de tais microrganismos úteis, que podem ser usadas como fonte de muitos metabólitos valiosos nas indústrias. Esses metabólitos incluem exopolissacarídeos, lipídeos, carotenóides e enzimas. Com o objetivo de desenvolver uma bioeconomia circular sustentável, as pesquisas com leveduras consideram duas direções de utilização, ou seja,

como aditivo alimentar e como antagonista no biocontrole de materiais vegetais (Kot et al., 2021).

O gênero *Sporidiobolus* vem sendo estudado e a espécie *Sporidiobolus johnsonii* apresenta boas características a serem exploradas na pesquisa, já que esta levedura produz a coenzima Q10 (Dixson et al., 2011), que é componente da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria e responsável pela proteção antioxidante nas membranas celulares (López-Lluch; Navas, 2020). Na agricultura, a levedura *Sporidiobolus johnsonii* é capaz de reduzir a severidade do cretamento bacteriano comum do feijoeiro (Carvalho et al., 2020).

A *Sporidiobolus johnsonii* pode ser ainda mais explorada devido a sua capacidade de produção de hormônios vegetais, sendo os principais o ácido indolacético, o ácido indolbutírico e a giberelina (Carvalho, 2020). O uso do produto desta levedura já possui resultados agrícolas, como no tratamento de sementes de soja, que leva ao aumento da velocidade de emergência (Weber et al., 2021) e no feijoeiro como indutor de crescimento das plantas (Carvalho, 2017).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

No presente experimento, as análises fisiológicas e químicas, bem como a obtenção de isolados de leveduras *Sporidiobolus johnsonii* (AH 17-4) foram realizados no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON) localizado no campus de Cascavel, Paraná, na Universidade Federal do Oeste do Paraná – UNIOESTE. O cultivo dos grãos de feijão foi realizado em área de agricultura convencional, localizada no município de Campo Bonito, Paraná, Brasil (25°01'12" S e 53°00'52" W, com altitude de 745,58 m) em Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006). Quanto ao clima do local, é considerado subtropical, com temperaturas entre 15,5 e 25,3 °C, umidade relativa em média de 73% e insolação média anual de 159 h (Wrege et al., 2012). A pesquisa, da sementeira à realização dos experimentos, acontece de setembro de 2021 a junho de 2022, seguindo o fluxograma (Figura 1).

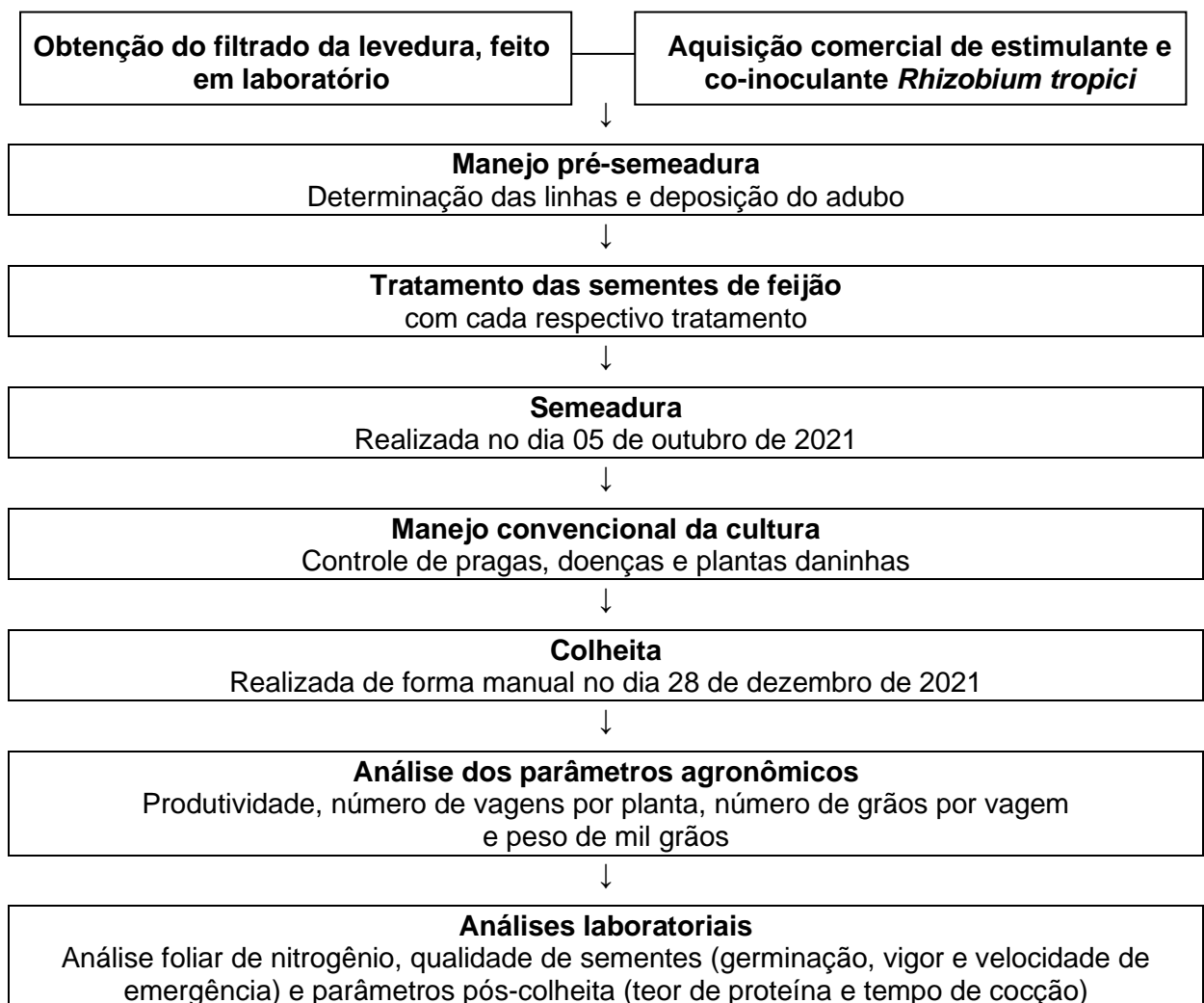


Figura 1 Fluxograma das atividades em ordem de realização da pesquisa.

#### 4.1 Obtenção do filtrado da levedura

O isolado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* foi obtido por Heling (2016), nominado AH 17-4, encontrada na folha de bananeira (*Musa sp.*). Para fins de estudo, foi cedido pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Marechal Cândido Rondon, que estão cadastrados no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número A85CDA9.

A levedura permaneceu em meio de preservação, de acordo com a metodologia de Castellani (1939), que consiste em 4 mL de água destilada em frasco tampado com algodão, levado a autoclave a 121 °C por 30 minutos e após a esterilização, adicionada uma porção da levedura nesta água e vedada com tampa de borracha.

Para o uso da levedura, foi necessário utilizar meio de cultura para sua ativação. Este meio foi o ágar-YEPG, composto por 3 g de extrato de levedura, 6 g de glicose, 6 g de peptona, 6 g de ágar bacteriológico e 300 mL de água destilada. O meio produzido foi levado à autoclave, junto aos demais materiais para a esterilização. Após o meio ser vertido em placas de petri e solidificado, processo executado em câmara de fluxo laminar, coletou-se a levedura do meio de preservação com auxílio da alça de platina e a repicou na placa, formando estrias no meio de cultura. As placas permaneceram em estufa bacteriológica a 26 °C por 7 dias. O processo repetiu-se coletando o material das novas placas e repicando novamente, por cinco vezes até garantir a total ativação do microrganismo.

Para a obtenção do filtrado da levedura, utilizou-se do meio de cultura de caldo-YEPG (8 g de extrato de levedura, 16 g de glicose, 16 g de peptona e 800 mL de água destilada). Com auxílio da alça de platina, coletou-se uma pequena massa da levedura que cresceu na placa de petri para, assim, ela se desenvolver e produzir seus subprodutos no meio de cultura. Os erlenmeyers foram levados à mesa agitadora orbital por 150 rpm por 15 dias.

Após esse período, o meio turvo indica que houve crescimento da levedura e produção dos seus subprodutos. A fim de obter o filtrado de levedura, distribuiu-se o líquido em tubos de Falcon e estes foram levados à centrífuga, sob rotação de 3600 rpm por 5 minutos, em seguida; coletou-se o sobrenadante líquido enquanto as células da levedura sólidas se depositam ao fundo. Em novos tubos de Falcon esterilizados, o produto foi congelado a -6 °C para preservação.

Para a quantificação dos hormônios presentes no filtrado da levedura, o material congelado foi levado para análise de Cromatografia Líquida acoplada a Espectrometria de Massa (LC/MS/MS), pelo Laboratório de Análise de Resíduos JM BioAnálises em Botucatu, São Paulo, Brasil.

Na Figura 2 é demonstrado em fluxograma o processo de obtenção do filtrado da levedura.

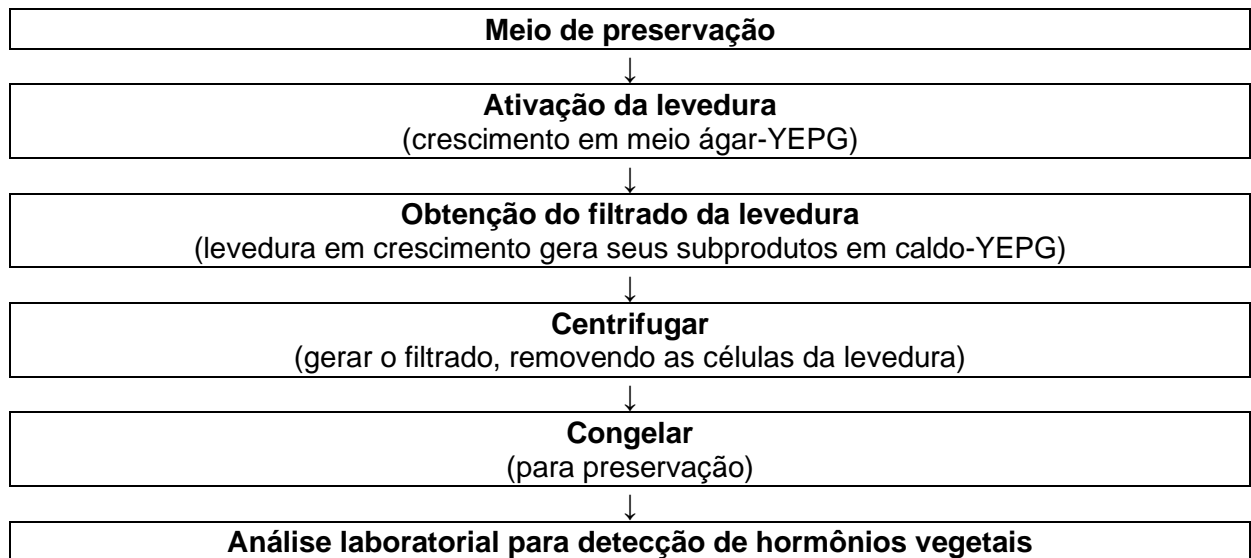


Figura 2 Fluxograma do processo de obtenção do filtrado da levedura para pesquisa.

#### 4.2 Tratamento das sementes e semeadura

Foram utilizadas sementes de feijão da variedade IAC Veloz, sob número de inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC) 37279, adquirida de forma comercial, da categoria certificada C1. A variedade possui ciclo de 90 dias e é tolerante a déficit hídrico. As sementes foram submetidas a tratamento químico com inseticida *Imidacloprid* como manejo convencional no tratamento de sementes, na proporção de 3 mL por 1000 g de semente. Para a pesquisa, os tratamentos foram: Controle (sem tratamento); Estimulante comercial (nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco); Filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*; T4 – Co-inoculação com *Rhizobium tropici*; e T5 – Filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* junto à co-inoculação de *Rhizobium tropici*. Cada tratamento teve quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

Como descrito, o filtrado da levedura foi produzido em laboratório, já o tratamento com estimulante comercial e o co-inoculante *Rhizobium tropici* foram doados pela Valagro e Nitro1000, respectivamente. O tratamento foi feito com as sementes em sacos plásticos, com a dose do produto e agitadas manualmente para uniformizar o tratamento. As sementes de feijão foram separadas em cinco parcelas, com 1 kg de semente em cada, identificadas e tratadas como descrito na Tabela 1. Após o tratamento, as sementes secaram sob ventilação natural e em seguida foram semeadas.

Tabela 1 Tratamentos e respectivas doses

Tratamento	Dose (em 1000 gramas de semente)
Controle (sem tratamento)	0
Estimulante comercial (nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco)	1,5 mL
Filtrado da levedura <i>Sporidiobolus johnsonii</i>	0,25 mL do filtrado da <i>S. johnsonii</i> + 2,5 mL de água
Co-inoculação com <i>Rhizobium tropici</i>	2,5 mL
Filtrado da <i>S. johnsonii</i> + co-inoculação de <i>R. tropici</i>	0,25 mL do filtrado da <i>S. johnsonii</i> + 2,5 mL de água + 2,5 mL do co-inoculação de <i>R. tropici</i>

### 4.3 Cultivo do feijão

A área escolhida para a semeadura (Figura 3) passou por todo o manejo convencional do plantio do feijão, com dessecação antecipada para não deixar resíduos no solo e a deposição do adubo 8-20-20 (8% nitrogênio, 20% fósforo e 20% potássio) nas linhas de semeadura, com semeadora no espaçamento de 45 cm entre cada linha. Cada parcela foi delimitada no tamanho de 6 m por 2,70 m, com espaçamento de 0,5 e 0,45 m (Figura 4). Para a deposição das sementes, utilizou-se de uma semeadora manual do tipo matraca, que depositou de 1 a 3 sementes por cova na linha de plantio. A semeadura foi realizada no dia 5 de outubro de 2021 e os tratos culturais foram tradicionais (aplicação de herbicidas, fungicidas e inseticidas conforme a necessidade). Devido à estiagem do período, foi necessário realizar a irrigação do feijoeiro, a partir do estágio R7 (aparecimento das primeiras vagens) até o início de R9 (maturidade fisiológica), com uma lâmina de 2 mm diários, pela manhã. A colheita foi realizada de forma manual no dia 28 de dezembro de 2021.



Figura 3 Imagem de satélite indicando a área experimental.

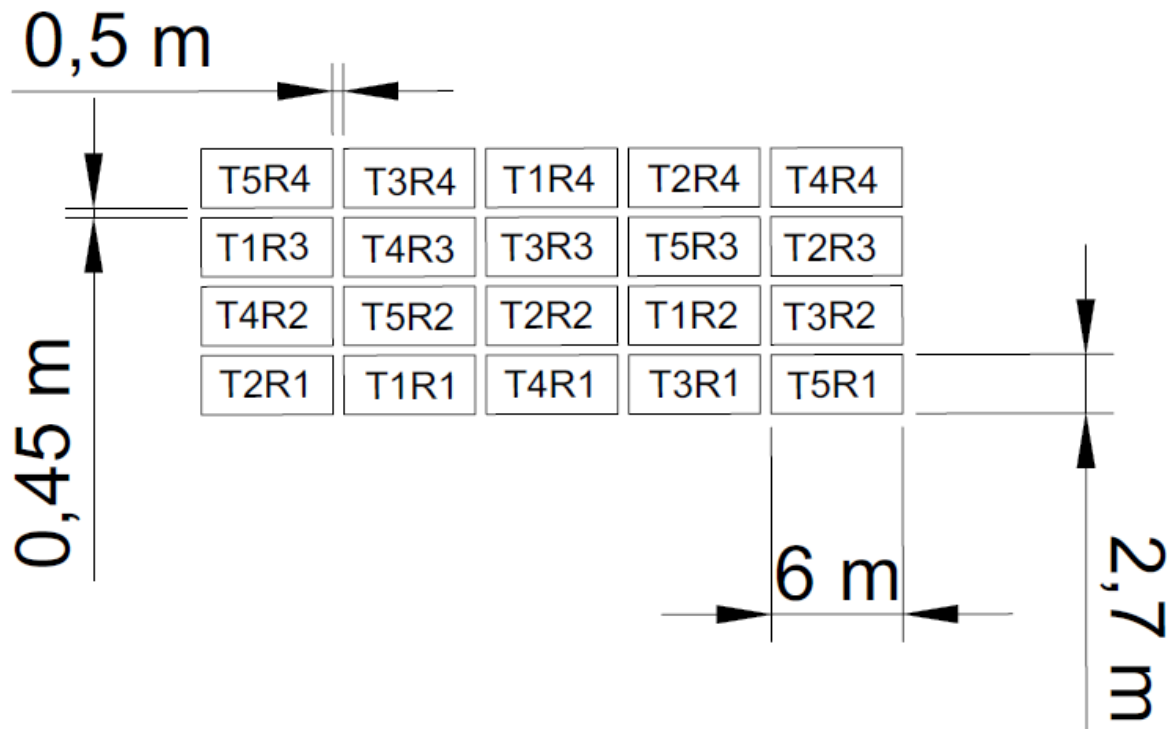


Figura 4 Croqui dos tratamentos em suas respectivas parcelas.

#### 4.1 Análise foliar

A coleta para análise foliar foi realizada no estádio R7 (aparecimento das primeiras vagens), coletando o terceiro trifólio, de cima para baixo, com o pecíolo. Este material foi mantido em secagem natural por breve período; em seguida foram armazenados em sacos de papel devidamente identificados e levados para estufa a 65 °C, até a massa constante e então triturados em moinho de facas do tipo willey.

Para a determinação do nitrogênio foi utilizada a digestão sulfúrica seguida do método Kjeldahl de Cecchi (1999). O processo inicia-se pela solubilização sulfúrica, que consiste em 0,2 g da amostra em análise misturada ao catalisador (96% de  $K_2SO_4$  e 4% de  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) e ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), em tubo de ensaio, levados ao bloco digestor a 300 °C por 3 horas.

Em seguida, o tubo de ensaio com a amostra digerida foi levado ao destilador de nitrogênio, adicionado hidróxido de sódio e recolhida em solução ácida, no caso do ácido bórico, em erlenmeyer, formando borato de amônio. Este meio foi então titulado em ácido forte, HCl padronizado.

Com os dados de peso da amostra e o valor da titulação com HCl, calculou-se a porcentagem de nitrogênio, como na Equação 2 (Silva, 1998).

$$\% \text{ de N} = \frac{V \times N \times f \times 14 \times 100}{pa \text{ (mg)}} \quad \text{Eq.(1)}$$

Em que:



V é o volume de ácido utilizado;

N é a normalidade do HCl;

f é o fator de correção do HCl;

pa é o peso da amostra.

#### **4.4 Avaliação dos parâmetros agronômicos**

Foram avaliados os parâmetros agronômicos de produtividade, número de vagens por planta, número de grãos por vagens e massa de mil grãos.

Para determinação do número de vagens por planta e número de grãos por vagens foram colhidas 10 plantas de forma aleatória, realizou-se a contagem das vagens e, em seguida, do número de grãos de três vagens de cada planta. Já para determinar a produtividade, foi colhida toda a área útil da parcela e obtido o peso, realizando o cálculo para obter a produtividade em kg ha<sup>-1</sup> (Equação 1).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{produtividade da parcela em kg} \cdot 10000 \text{ m}^2}{\text{área da parcela em m}^2} \quad \text{Eq.(2)}$$

A massa de mil grãos, conforme Brasil (2009), utiliza como amostra de trabalho a porção de oito repetições de 100 sementes sendo contadas manualmente. Em seguida, as sementes de cada repetição foram pesadas com auxílio de balança eletrônica de precisão de 0,001 gramas. O resultado final foi expresso em gramas.

#### **4.5 Avaliação da qualidade fisiológica do feijão**

##### **4.5.1 Análise de germinação**

Realizado segundo a metodologia de Brasil (2009), o substrato para semeadura foi o papel filtro (Germitest®), pesados e umedecidos com 2,5 vezes o seu peso seco. Com duas folhas de papel abaixo, 20 sementes foram semeadas com ajuda de uma placa perfurada que permite espaçamento de 1,5 cm entre cada uma; em seguida, foram cobertas por mais uma folha de papel filtro úmido, enrolados e levados a germinador por cinco dias a 25 °C. Destes, foram avaliadas as porcentagens de plântulas germinadas com normalidade, plântulas com anormalidades e sementes mortas.

##### **4.5.2 Vigor de sementes**

Para determinação do vigor realizou-se o teste de envelhecimento acelerado e velocidade de emergência.

Para o envelhecimento acelerado, em uma caixa do tipo gerbox, adicionou-se 40 mL de água destilada e, sobre esta, foi suspensa uma tela de alumínio onde as sementes foram colocadas, sem encostarem-se à água. Este material foi para BOD a 43 °C por 24 horas (Bertolin et al., 2011; Marcos-Filho, 2015). Em seguida, estas sementes foram submetidas a teste de germinação pela metodologia de Brasil (2009).

Para a velocidade de emergência foram utilizados vasos plásticos com capacidade de um litro, cobertos com areia de granulometria média, de primeiro uso, assim devidamente estéril. As sementes colhidas foram semeadas nesta areia e mantidas em ambiente aberto, umedecido todos os dias. Para a contagem, foi utilizada a metodologia de Schuab et al. (2006), em que por todos os dias, desde a semeadura, foram contadas as plântulas emergidas com o cotilédone acima do nível da areia, sendo que todo valor obtido deve ser extraído da contagem do dia anterior. Os dados foram tabulados e submetidos à equação de Edmond e Drapala (1958) (Equação 3).

$$VE = \frac{(N_1 + G_1) + (N_2 + G_2) + \dots + (N_n + G_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} \quad \text{Eq.(3)}$$

Em que:

N é o número de dias a partir da semeadura;

G é o número de plântulas emergidas.

## 4.6 Avaliação da qualidade pós-colheita das sementes

### 4.6.1 Tempo de cocção

Também denominado de tempo de cozimento, o tempo de cocção foi determinado pelo uso do equipamento de Mattson modificado, que possui 25 hastes cilíndricas com ponta fina, cuja massa é de 82,0 g, o que representa a força manual que determina se o grão está cozido ou não. O método de realização do experimento foi proposto por Proctor e Watts (1987).

O processo desta análise inicia-se pela hidratação do grão. Foram pesados 30 g de feijão e colocados em recipiente com 100 mL de água destilada, pelo período de 16 horas. Em seguida, foram escolhidos 25 grãos inteiros, sem risco de estourar, levados ao aparelho cozedor em cada uma das respectivas cavidades, sobre eles estão suspensas as hastes cilíndricas com ponta.

O cozedor foi levado a banho-maria, com 1,5 L de água em ebulição, atentando-se para que este volume fosse repostado durante o processo, sempre com água fervente. O tempo foi cronometrado, a partir da fervura da água até o momento em que a metade das hastes mais uma tivessem perfurado os grãos de feijão. Durante esse processo, era tomado nota dos dados (em minutos) e sua resistência ao cozimento pode ser interpretada pela Tabela 2.

Tabela 2 Valores médios para verificar a resistência ao cozimento do feijão

Tempo de cozimento (minutos)	Nível de resistência ao cozimento
16 <	Muito suscetível
16 – 20	Suscetibilidade média
21 – 28	Resistência normal
29 – 32	Resistência média
33 – 36	Resistente
36 >	Muito resistente

Fonte: Proctor e Watts (1987).

#### 4.7 Análise estatística

O experimento foi montado segundo Delineamento em Blocos Completos Casualizados (DBC), em que foram criados os blocos para eliminar o efeito de algum fator estranho, no caso, as condições de campo. O uso da blocagem e casualização são visíveis no croqui experimental (Figura 2).

Para a avaliação dos parâmetros agrônômicos e análise foliar, o teste de comparação múltiplo de médias utilizado foi o de Duncan, que compara todos os tratamentos entre si, dois a dois.

Os experimentos para a determinação da qualidade do feijão como semente tiveram cinco replicadas para cada tratamento dentro de cada teste, de germinação, vigor de sementes e velocidade de emergência. Para o teor de proteína, tempo de cocção e capacidade de absorção de água houve triplicata para cada tratamento.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de significância, com auxílio do programa estatístico R.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Detecção e quantificação de fitormônios no filtrado

O filtrado da cultura da levedura *Sporidiobolus johnsonii* levado para análise indicou produção de hormônios vegetais (Tabela 3), sendo a giberelina do tipo GA4, na concentração de 0,09 mg L<sup>-1</sup>.

Tabela 3 Produção de fitormônios pela levedura *Sporidiobolus johnsonii*

HORMÔNIO	LQ (mg L <sup>-1</sup> )	Resultado (mg L <sup>-1</sup> )
Cinetina	0,001	ND
Trans Zeatina	0,005	ND
Ácido Giberélico (GA3)	0,005	ND
Giberelina (GA4)	0,005	0,09
Ácido Indol Acético	0,005	ND
Ácido Indol Bitírico	0,001	ND
Ácido Jasmonico	0,01	ND
Ácido Salicílico	0,001	ND
Ácido Abscisico	0,001	ND

Nota: LQ = limite de quantificação; ND = não detectado.

A giberelina do tipo GA4 não tem fonte sintética e age especificamente sobre a germinação, capaz de estimular as sementes a fazerem indução e antecipação da germinação, o que na prática leva ao aumento da velocidade de germinação e qualidade de estande de plantas perante adversidades (Picolotto et al., 2007). Na bioquímica, mais específica, a presença de GA4, através da enzima que faz a sua hidroxilação, é capaz de formar GA1 e GA3, dependendo da condição do ambiente, o que aumenta o interesse de uso agrícola do GA4, pelo maior espectro bioativo (Tudzynski et al., 2003). Na prática, giberelinas bioativas promovem diretamente o maior crescimento das plantas, especialmente pelo desenvolvimento radicular (Binembaum et al., 2018).

O uso de giberelinas na agricultura é de grande interesse; no entanto, torna-se limitado pelo alto custo de sua produção, que atualmente é baseada na fermentação natural do fungo *Fusarium fujikuroi*, que produz uma mistura de vários GAs (Kildegaard et al., 2021). Desta forma, o grande destaque deste estudo é poder reconhecer uma nova possibilidade de produção de fitormônio e ainda de forma específica a produzir um único GA de interesse.

## 5.2 Parâmetros agronômicos

A análise de variância para os parâmetros agronômicos referente a produção indicou diferença estatística na produtividade, em que o com a co-inoculação de *Rhizobium tropici* e o produto comercial sintético alcançaram maior produtividade que o tratamento com sementes inoculadas com o filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* junto à co-inoculação com *Rhizobium tropici*. Esses resultados indicam que a co-inoculação teve efeito negativo na produtividade da cultura do feijoeiro. Quanto aos parâmetros peso de mil sementes, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, estes não indicaram diferença estatística.

Tabela 4 Valores médios obtidos para Produtividade (prod) (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil sementes (MMS) (g), número de vagem por planta (vagem) e número de grãos por vagem (grãos) a partir do feijoeiro que foi submetido aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes

TRATAMENTOS	PROD	PMS	VAGEM	GRÃOS
Controle	1205,59 ab	18,64	13,08	5,25
Comercial	1254,39 a	19,02	13,88	5,23
<i>S. johnsonii</i>	1187,52 ab	18,53	13,80	5,00
<i>R. tropici</i>	1271,47 a	18,86	13,70	5,35
<i>S. johnsonii</i> + <i>R. tropici</i>	1038,45 b	19,13	14,40	5,20
CV (%)	10,81	4,7	14,26	5,47
Desvio padrão	184,05	0,77	1,75	0,30
Normalidade	0,866	0,571 <sup>ns</sup>	0,265 <sup>ns</sup>	0,514 <sup>ns</sup>
Homogeneidade	0,446	0,064 <sup>ns</sup>	0,956 <sup>ns</sup>	0,596 <sup>ns</sup>

Nota: Tratamentos: Controle (sem tratamento); Comercial (Estimulante comercial com nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco); *S. johnsonii* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*); *R. tropici* (co-inoculação com *Rhizobium tropici*); *S. johnsonii* + *R. tropici* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* junto a co-inoculação com *Rhizobium tropici*).

As médias de cada tratamento seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, a 5% de significância. CV = coeficiente de variação; ns= não significativo; \*= significativo.

Em números absolutos, a maior produtividade para o feijão foi obtida quando este recebeu a co-inoculação com *Rhizobium tropici*. Leguminosas como soja e feijão aumentam seu rendimento quando co-inoculadas com *Rhizobium* spp., devido à fonte adicional de nitrogênio fornecida, além de observar maior acúmulo de nutrientes vegetais como fósforo, potássio, cálcio, magnésio e até mesmo ferro (Buccio; Valdez, 2021; Mia; Shamsuddin, 2013).

A co-inoculação com bactérias tende a render mais em produtividade devido à fertilidade do solo, em que o teor de amônia disponível é insuficiente para o desenvolvimento em termos de crescimento e rendimento. Desta forma, o microrganismo, em simbiose até o fim do ciclo da cultura, pode suplementar o nitrogênio necessário nos diferentes estágios da planta (Shameem et al., 2023).

O maior efeito benéfico do uso de *Rhizobium* spp. está no início do ciclo da leguminosa, pois a nodulação é maior e garante a qualidade do estande de plantas (Hungria et al., 2000). A eficiência de microrganismos é dependente da forma de utilização, em que a semente de feijão co-inoculada com *Rhizobium* e *Bradizobium* é capaz de entregar mais rendimento e maior desenvolvimento da parte aérea, quando em comparação ao uso dos mesmos microrganismos no sulco (Leite et al., 2022). Por estarem associadas às raízes, as bactérias inoculadas vivem em simbiose, se alimentando dos vários compostos exsudados pelas raízes, como o triptofano, que estimula sua síntese de auxina e age sobre o desenvolvimento radicular (Kefford et al., 1960).

O tratamento com estimulante comercial à base de nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco também apresentou produtividade maior, em valores absolutos, em comparação aos demais tratamentos, demonstrando tendência de incremento de produtividade. O uso deste tipo de produto é capaz de aumentar o acúmulo de nitrogênio na planta, o que reflete em produtividade (Almeida; Soratto, 2014). Outros fatores, potencializados por estimulantes, podem favorecer a produtividade, como a melhora no metabolismo vegetal, desenvolvimento do sistema radicular e maior índice de clorofila (Santos et al., 2017; Ávila et al., 2008).

O uso de estimulantes radiculares a partir de nutrientes é uma prática de grande aptidão, devido a apresentar baixo custo de investimento e ainda incrementar em produtividade, o que traz custo-benefício para o agricultor. Doses de estimulante no feijoeiro comprovaram que este pode desenvolver mais raízes e conseqüentemente entregar mais produtividade, além de ter valor de investimento rentável, ou seja, o montante produtivo foi menor do que o do investimento no produto (Almeida et al., 2016; ROSA, 2018).

O tratamento de sementes com estimulantes não é a única fonte responsiva para o desenvolvimento do feijão. Aplicações foliares de estimulantes a partir de nutrientes e hormônios vegetais sintéticos proporcionam incremento na nodulação radicular, conteúdos de açúcares solúveis e aminoácidos totais; porém, neste caso, não indicaram produtividade superior em relação ao não uso desta aplicação (Almeida et al., 2014).

O tratamento com o filtrado da levedura não demonstrou diferença estatística perante a testemunha. O uso de microrganismos pode ser atribuído na agricultura devido aos seus altos índices de matéria orgânica, vitaminas, aminoácidos e reguladores de crescimento, como giberelinas, citocininas, betaínas e auxinas, que agem sobre as células e aumentam a expansão celular (Seif et al., 2016). Porém, as giberelinas, especialmente GA4 e GA3, têm sua eficiência influenciada pela concentração de nitrogênio no ambiente (Tudzynski et al., 2003).

Ao aplicar o produto da levedura no feijoeiro, sem filtragem deste material, Carvalho et al. (2020) observaram que este teve efeito benéfico na indução de resistência ao crestamento bacteriano, mas não alterou a produtividade do feijão.

Para os demais parâmetros produtivos de peso de mil sementes, número de vagens por planta e número de grãos por vagem não foi evidenciada diferença estatística (Tabela 4). A soja, quando estudada sob efeito de biofertilizantes, entregou resultado semelhante, em que o valor produtivo total indicou produtividade, mas os parâmetros isolados de número de sementes e vagens não demonstraram diferença estatística (Araújo et al., 2021; Santos, 2020).

O teor de nitrogênio nas folhas (Tabela 5) não diferiu nos tratamentos. Porém, como avaliado para a produtividade, em números absolutos, todos os tratamentos que tiveram alguma forma de estimulante aplicados se mostram com maior concentração de nitrogênio em relação à testemunha. Especialmente as sementes co-inoculada com *Rhizobium tropici* possuem a maior concentração de nitrogênio perante os demais, o que destaca a eficiência desta bactéria em fornecer nitrogênio para a planta.

Tabela 5 Valores médios obtidos para o teor de nitrogênio nas folhas do feijoeiro que foi submetido aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes

TRATAMENTOS	TEOR DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS
Controle	4,80
Comercial	5,04
<i>S. johnsonii</i>	5,23
<i>R. tropici</i>	5,33
<i>S. johnsonii</i> + <i>R. tropici</i>	4,99
CV (%)	7,63
Desvio padrão	0,37
Normalidade	0,483 <sup>ns</sup>
Homogeneidade	0,419 <sup>ns</sup>

Nota: Tratamentos: Controle (sem tratamento); Comercial (Estimulante comercial com nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco); *S. johnsonii* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*); *R. tropici* (co-inoculação com *Rhizobium tropici*); *S. johnsonii* + *R. tropici* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* junto a co-inoculação com *Rhizobium tropici*).

CV = coeficiente de variação; ns= não significativo.

O nitrogênio compõe a estrutura da clorofila, esta que representa a energia da planta e traz o espectro de desenvolvimento potencializado, quando capaz de se demonstrar superior sob tratamento ou condição climática favorável (Sharley et al., 2013). Ao remeter à análise foliar, culturas como cevada e trigo são mais responsivas ao efeito verde, demonstrado pelo teor de clorofila e nitrogênio quando tratadas com estimulantes à base de algas e hormônios (Raliya et al., 2015).

A aplicação de um complexo de nutrientes em sementes de feijão não alterou a concentração de nitrogênio nas folhas e nos grãos, nem mesmo o rendimento da cultura (Marcondes; Caires, 2005), da mesma forma que para o cultivo de feijoeiro no inverno com

inoculação de *Rhizobium tropici* não houve diferença na concentração de nitrogênio nas folhas (Bassan et al., 2001).

### 5.3 Qualidade fisiológica do feijão como semente

Após a colheita do feijão que foi submetido aos diferentes tratamentos, realizou-se análise do seu potencial fisiológico. Esse teste visou observar se o uso de estimulantes no tratamento de sementes teria sido capaz de melhorar o desempenho da planta influenciando na qualidade fisiológica na semente produzida.

Tabela 6 Valores médios obtidos para a germinação (%), vigor (%) e velocidade de emergência (VE) das sementes produzidas a partir do feijoeiro que foi submetido aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes

TRATAMENTOS	GERMINAÇÃO	VIGOR	VE
Controle	96,00 a	97,75 a	3,67
Comercial	98,00 a	89,75 b	3,87
<i>S. johnsonii</i>	88,50 b	88,00 b	3,69
<i>R. tropici</i>	88,25 b	89,25 b	3,93
<i>S. johnsonii</i> + <i>R. tropici</i>	89,75 b	89,25 b	3,67
CV (%)	4,26	3,47	4,1
Desvio padrão	5,45	7,10	0,24
Normalidade	0,95	0,697	0,216 <sup>ns</sup>
Homogeneidade	0,124	0,058	0,012 <sup>ns</sup>

Nota: Tratamentos: Controle (sem tratamento); Comercial (Estimulante comercial com nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco); *S. johnsonii* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*); *R. tropici* (co-inoculação com *Rhizobium tropici*); *S. johnsonii* + *R. tropici* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* junto a co-inoculação com *Rhizobium tropici*).

As médias de cada tratamento seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, a 5% de significância. CV = coeficiente de variação; ns = não significativo; \* = significativo.

O propósito básico dos testes de germinação e vigor é identificar diferenças importantes no potencial fisiológico das sementes. Em muitos casos observa-se que lotes de sementes que possuem teste de germinação semelhante exibem comportamentos distintos no campo e/ou armazenamento. Isso pode ser causado por alguma distinção no processo produtivo destas sementes a campo, por fatores bióticos ou abióticos (Panobianco; Marcos Filho, 2001; Marcos Filho, 1999).

Ao observar a porcentagem de germinação, a análise estatística revela que o produto comercial à base de nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco e o controle sem tratamento mantêm a qualidade de germinação em 98 e 96%, respectivamente. Enquanto isso, o filtrado da levedura *Sporiobolus johnsonii* com co-inoculação com *Rhizobium tropici*, o



filtrado da levedura *Sporiobolus johnsonii* e a co-inoculação com *Rhizobium tropici* obtiveram menor porcentagem germinativa, sendo de 89,75, 88,50 e 88,25%, respectivamente. Isso revela que, mesmo com estímulo, a melhor germinação da semente tratada e boa qualidade de estande, não há reflexos sobre as sementes produzidas por essa planta.

Os tratamentos de sementes são capazes de melhorar significativamente a germinação e a normalidade de plântulas no estande, além de diminuir os açúcares redutores, ácidos graxos livres, aminoácidos livres, peróxido de hidrogênio e atividade da superóxido dismutase, o que é prejudicial para o processo germinativo e, logo, para o bom estabelecimento de uma cultura, o que tende a acarretar perdas na produtividade. De tal forma, pode estar prejudicando o produto formado por essa planta (Tonguç et al., 2023).

Aplicações de manganês em feijão, em diferentes doses e fases do cultivo, também não foram capazes de influenciar positivamente na germinação das sementes produzidas (Fernandes et al., 2007). O mesmo para teores de nitrogênio na produção de feijão-comum na África, que não entregam maior produção de sementes (Dejene et al., 2018). Da mesma forma para doses de molibdênio, que não interagem sobre o teor de proteína do grão produzido pelo feijoeiro (Ferreira et al., 2002).

Ao tratar do uso de leveduras no cultivo de feijão, o uso do filtrado da levedura em sementes de soja não foi capaz de melhorar a germinação destas, quando submetidas a esse tratamento nas sementes (Weber et al., 2020), da mesma forma a aplicação aérea deste produto, sem filtragem, não interferiu na produtividade (Carvalho et al., 2020); logo, não teria influência sobre a germinação.

Algumas estirpes de *Rhizobium tropici* não se destacam quando comparadas à adubação nitrogenada, em termos de produtividade e proteína dos grãos do feijão (Ferreira et al., 2020). Logo, a co-inoculação em algum momento pode não somar na produção fisiológica das sementes, sem refletir na sua composição química e bioquímica.

Em um comparativo com a porcentagem de germinação, o vigor das sementes produzidas pelo feijoeiro que não sofreu tratamento de sementes obteve a melhor porcentagem de vigor, de 97,75%. Em seguida, as sementes do cultivo que foram tratadas com estimulante comercial à base de nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco; a co-inoculação com *Rhizobium tropici*; o filtrado da levedura *Sporiobolus johnsonii* com co-inoculação com *Rhizobium tropici*; e, por fim, o filtrado da levedura *Sporiobolus johnsonii*; para estes tratamentos as médias estatísticas foram semelhantes, sendo de 98,75, 89,25, 89,25 e 88,00%, respectivamente.

O uso de biorreguladores é responsivo à dose utilizada, ou seja, a dose máxima pode muitas vezes não beneficiar o cultivo (Albrech et al., 2012). Porém, o tratamento de sementes com bioestimulante proporciona maior comprimento de raiz; todavia, há queda na germinação e velocidade de germinação e emergência de plântulas. A qualidade fisiológica é consequência da melhor qualidade inicial do lote e características genotípicas (Ramos et al.,

2015). Estudos com ferro, tanto no tratamento de sementes quando na ferti-irrigação indicaram que a soja melhora suas características morfológicas neste combinado de tratamentos, responsivo em atividade antioxidativa, produtividade e proteína dos grãos (Farajollahi et al., 2023). Estudos aprofundados podem apontar que as sementes de soja produzidas neste sistema entregam maior qualidade fisiológica na pós-colheita.

A levedura *Rhodotorula glutinis*, com seu exsudado utilizado no tratamento de sementes de soja, foi capaz de manter o índice de vigor das sementes em 91%, após o tratamento (Carraro, 2022). Já a *Sporidiobolus johnsonii*, também no tratamento de sementes de soja, perante a condutividade elétrica, não entregou vigor superior à testemunha sem tratamento (Weber et al., 2021).

A co-inoculação com *Rhizobium tropici* é capaz de aumentar a biomassa das raízes e a concentração de nitrogênio na planta, além de mitigar os efeitos negativos causados por estresse, na cultura do feijão (Bueis et al., 2021; Figueiredo et al., 2008), de tal forma a proteger o cultivo e entregar maior produtividade, sem afetar a qualidade fisiológica do feijão.

Para o índice de velocidade de germinação, quanto mais rápida for a velocidade de germinação da semente, menor vulnerabilidade apresentará as condições adversas do ambiente (Nakagawa, 1999). No presente estudo, a velocidade de emergência das sementes produzidas pelo feijoeiro, submetido a diferentes estimulantes durante o cultivo, não demonstrou diferença estatística.

Estimulantes, quando utilizados no tratamento de sementes de soja, milho e feijão, não alteram a velocidade de emergência imediatamente após o tratamento (Bontempo et al., 2016). Já a levedura *Sporidiobolus johnsonii*, quando utilizada no tratamento de sementes, foi capaz de aumentar o índice de velocidade e emergência da soja (Weber et al., 2021). A velocidade de germinação é um parâmetro de vigor mais dependente de bom material genético, com procedência e a conduta correta no processo de produção das sementes (Leite et al., 2018).

Aplicações foliares, de extratos obtidos de algas orgânicas, considerados estimulantes, certificadas em diferentes estágios de desenvolvimento do feijão, tiveram efeitos positivos significativos na maioria das características morfológicas, tecnológicas e na composição mineral em comparação com o grupo controle (Ozaktan; Doymaz, 2022).

#### **5.4 Qualidade tecnológica das sementes**

O tempo de cocção do feijão não diferiu estatisticamente entre os tratamentos de sementes no cultivo do feijoeiro. Mesmo com a variação entre produtividade, germinação e vigor, os tratamentos se comportaram da mesma forma para a qualidade tecnológica no tempo de cocção.

Tabela 7 Valores médios obtidos para o tempo de cocção das sementes de feijão que foram submetidos aos diferentes estimulantes no tratamento de sementes

TRATAMENTOS	TEMPO DE COCÇÃO
Controle	22,82
Comercial	23,07
<i>S. johnsonii</i>	22,62
<i>R. tropici</i>	23,09
<i>S. johnsonii</i> + <i>R. tropici</i>	22,84
CV (%)	15,33
Desvio padrão	0,27
Normalidade	0,235 <sup>ns</sup>
Homogeneidade	0,857 <sup>ns</sup>

Nota: Tratamentos: Controle (sem tratamento); Comercial (Estimulante comercial com nitrogênio, potássio, carbono orgânico e zinco); *S. johnsonii* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii*); *R. tropici* (co-inoculação com *Rhizobium tropici*); *S. johnsonii* + *R. tropici* (filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* junto a co-inoculação com *Rhizobium tropici*). CV = coeficiente de variação; ns = não significativo.

O tempo de cocção é influenciado por genótipo, temperatura durante o cultivo e qualidade do armazenamento (Morais et al., 2010). Submeter o feijoeiro a diferentes tratamentos e não verificar alteração no tempo de cocção é benéfico, visto esse ser um importante parâmetro de seu consumo.

Via seleção para os teores de ferro e zinco no cultivo de feijão, é possível a obtenção de ganhos simultâneos, rapidez de cozimento e tamanho do grão. Porém, o teor de proteína e produção de grãos não representa uma boa estratégia para biofortificação do teor de zinco nas populações de feijão-caupi (Moura et al., 2011).

O fato de, sob as condições do estudo, o uso de diferentes estimulantes no tratamento de sementes não ter alterado o tempo de cocção se mostra positivo, pois esse parâmetro reflete diretamente a aceitabilidade do produto, demonstrando que este tipo de tratamento não interfere negativamente no mercado final.

## 6 CONCLUSÃO

A levedura *Sporidiobolus johnsonii* é capaz de produzir giberelina do tipo GA4, a mais bioativa dentre todas as giberelinas e de difícil produção sintética.

A co-inoculação com *Rizobium tropici* foi capaz de aumentar a produtividade do feijoeiro, enquanto o estimulante comercial, o filtrado da levedura *Sporidiobolus johnsonii* e a junção do filtrado da levedura com co-inoculação não trouxeram resultados superiores, em comparação a testemunha.

Para os parâmetros agrônômicos e tecnológicos do feijão, o uso de estimulantes no tratamento de sementes se mostrou prejudicial ao analisar a qualidade das sementes produzidas pelo feijoeiro submetido a estes tratamentos, enquanto para a qualidade tecnológica não houve interferência, o que é positivo para a aceitabilidade do produto final no mercado.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABDEL-AZIZ, S. M.; ELSOUD, M. M. A.; ANISE, A. A. H. Microbial Biosynthesis: A Reportory of Vital Natural Products. *In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. Food Biosynthesis*. 1 ed. Amsterdã: Elsevier, 2017. p. 25-54.
- ABHILASH, P. C. C.; DUBEY, R. K.; TRIPATHI, V.; GUPTA, V. K.; SINGH, H. B. Plant Growth-Promoting Microorganisms for Environmental Sustainability. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 11, p. 847-850, 2016.
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5 ed. San Diego: Academic Press, 2005. 952 p.
- AGUIAR, D. R. D.; BARROS, G. S. A. C.; BURNQUIST, H. L.; FERREIRA, L. R. Análise da eficiência e competitividade no sistema de comercialização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 32, n. 2, p. 145-158, 1994.
- AHMAD, F.; SINGH, A.; KAMAL, A. Salicylic Acid – Mediated Defense Mechanisms to Abiotic Stress Tolerance. *In: KHAN, M. I. R.; REDDY, P. S.; FERRANTE, A.; KHAN, N. A. Plant Signaling Molecules*. Sawston: Woodhead Publishing, 2019. p. 355-369.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 4, p. 774-782, 2012.
- ALMEIDA, A. S.; CASTELLANOS, C. I. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E. Efeitos de inseticidas, fungicidas e biorreguladores na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Revista de Agricultura**, v. 39, n. 3, p. 172-182, 2014.
- ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P. Teor e acúmulo de nutrientes no feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2259-2272, 2014.
- ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P.; BROETTO, F.; CATANEO, A. C. Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 77-88, 2014.
- ALMEIDA, O. M.; MELO, H. C.; PORTES, T. A. Growth and yield of the common bean in response to combined application of nitrogen and paclobutrazol. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 127-132, 2016.
- AMARO, H. T. R.; COSTA, R. C.; PORTO, E. M. V.; ARAÚJO, E. C. M.; FERNANDES, H. M. F. Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 222-242, 2020.
- AMSELLEM, L.; BROUAT, C.; DURON, O.; PORTER, S. S.; VILCINSKAS, A.; FACON, B. Importance of Microorganisms to Macroorganisms Invasions: Is the Essential Invisible to the Eye? **Advances in Ecological Research**, v. 57, p. 99-146, 2017.
- ANDRADE, C. A. B.; PATRONI, S. M. S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1077-1086, 2004.
- ANJOS, D. D. N.; MENDES, H. T. A.; VASCONCELOS, R. C.; MOREIRA, P. M.; CANGUSSU, A. C. V.; PIRES, E. S. Avaliação do feijoeiro comum em função dos bioestimulantes, NPK e micronutrientes em Vitória da Conquista – BA. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 1-19, 2017.

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 1, 1995.

ARAÚJO, G. P.; BATISTA, P. S. C.; CANGUSSÚ, L. V. S.; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, R. E. V.; SANTIAGO, W. E. Crescimento do sorgo sob diferentes formas de aplicação de bioestimulantes. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 3, p. 89-93, 2020.

ARAÚJO, L. L. M.; RAMOS, D. T.; BRACHTVOGEL, E. L.; KOVALSKI, A. R. Ação de bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na região norte do Vale Araguaia-MT. **Revista PesquisAgro**, v. 4, n. 1, p. 03-21, 2021.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. G.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STULP, M. Aplicação bio-regulador, a eficiência agrônômica e qualidade de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 6, p. 604-612, 2008.

AZANI, N.; BABINEAU, M.; BAILEY, C.D.; BANKS, H.; BARBOSA, A.R.; PINTO, R.B.; BOATWRIGHT, J.S.; BORGES, L.M.; BROWN, G.K.; BRUNEAU, A.; CANDIDO, E.; CARDOSO, D.; CHUNG, K.; CLARK, R.P.; CONCEIÇÃO, A.D.S.; CRISP, M.; CUBAS, P.; DELGADO-SALINAS, A.; DEXTER, K.G.; DOYLE, J.J.; DUMINIL, J.; EGAN, A.N.; DE LA ESTRELLA, M.; FALCÃO, M.J.; FILATOV, D.A.; FORTUNA-PEREZ, A.P.; FORTUNATO, R.H.; GAGNON, E.; GASSON, P.; RANDO, J.G.; DE AZEVEDO TOZZI, A.M.G.; GUNN, B.; HARRIS, D.; HASTON, E.; HAWKINS, J.A.; HERENDEEN, P.S.; HUGHES, C.E.; IGANCI, J.R.V.; JAVADI, F.; KANU, S.A.; KAZEMPOUR-OSALOO, S.; KITE, G.C.; KLITGAARD, B.B.; KOCHANOVSKI, F.J.; KOENEN, E.J.M.; KOVAR, L.; LAVIN, M.; LE ROUX, M.; LEWIS, G.P.; DE LIMA, H.C.; LÓPEZ-ROBERTS, M.C.; MACKINDER, B.; MAIA, V.H.; MALÉCOT, V.; MANSANO, V.F.; MARAZZI, B.; MATTAPHA, S.; MILLER, J.T.; MITSUYUKI, C.; MOURA, T.; MURPHY, D.J.; NAGESWARA-RAO, M.; NEVADO, B.; NEVES, D.; OJEDA, D.I.; PENNINGTON, R.T.; PRADO, D.E.; PRENNER, G.; DE QUEIROZ, L.P.; RAMOS, G.; FILARDI, F.L.R.; RIBEIRO, P.G.; DE LOURDES RICO-ARCE, M.; SANDERSON, M.J.; SANTOS-SILVA, J.; SÃO-MATEUS, W.M.B.; SILVA, M.J.S.; SIMON, M.F.; SINOU, C.; SNAK, C.; DE SOUZA, É.R.; SPRENT, J.; STEELE, K.P.; STEIER, J.E.; STEEVES, R.; STIRTON, C.H.; TAGANE, S.; TORKE, B.M.; TOYAMA, H.; DA CRUZ, D.T.; VATANPARAST, M.; WIERINGA, J.J.; WINK, M.; WOJCIECHOWSKI, M.F.; YAHARA, T.; YI, T.; ZIMMERMAN, E. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **TAXON**, v. 66, n. 1, p. 44-77, 2017.

AZEVEDO, J. A.; CAIXETA, T. J. **Irrigação do feijoeiro**. Planaltina: EMBRAPA, 1986.

BARRETO, E. F.; STRALIOTTO, R.; BALDANI, J. I. Curing of a non-symbiotic plasmid of the *Rhizobium tropici* strain CIAT 899 affected nodule occupancy and competitiveness of the bacteria in symbiosis with common beans. **European Journal of Soil Biology**, v. 50, p. 91-96, 2012.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B.; SÁ, M. E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BASU, S.; KUMAR, G. Nitrogen Fixation in a Legume-Rhizobium Symbiosis: the Roots of a Success Story. In: VARMA A.; TRIPATHI, S.; PRASAD, R. **Plant Microbe Symbiosis**. Nova York: Springer, 2020. p. 35-53.

BASU, S.; RABARA, R.; NEGI, S. Towards a better greener future – an alternative strategy using biofertilizers. I: Plant growth promoting bactéria. **Plant Gene**, v. 12, p. 43-49, 2017.

- BEECKMANS, S.; XIE, J. P. Glyoxylate Cycle. **Biomedical Science**, p. 159-179, 2015.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011.
- BERTUZZI, E. C. **Emergência de milho em função do tratamento das sementes com inseticida, fungicida e bioestimulante**. 2015. 32 p. Dissertação (Mestrado e Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- BHATTACHARYA, A. **Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules**. Amsterdã: Elsevier, 2019. p. 485-591.
- BINENBAUM, J.; WEINSTAIN, R.; SHANI, E. Gibberellin localization and transport in plants. **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 5, p. 410-421, 2018.
- BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.
- BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. D. O. P.; MACHADO, L. G.; SILVA, L. O. D.; AQUINO, L. A. Influência de bioestimulante e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 86-93, 2016.
- BOSSOLONI, J. W.; SÁ, M. E.; MERLOTI, L. F.; BETTIOL, J. V. T.; OLIVEIRA, G. R. F.; PEREIRA, D. S. Bioestimulante vegetal associado a indutor de resistência nos componentes da produção do feijoeiro. **Revista AgroAmbiente**, v. 11, n. 4, p. 307-314, 2017.
- BOTELHO, F. J. E.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E.; ELOI, T. A.; BALIZA, D. P. Desempenho fisiológico de sementes de feijão colhidas em diferentes períodos do desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 900-907, 2010.
- BOTHA, A. The importance and ecology of yeasts in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, p. 1-8, 2011.
- BUEIS, R. P.; GÓMEZ, A. J.; BARQUERO, M.; MATEOS, P. F.; ANDRÉS, F. G. Yield response of common bean to co-inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas* endophytes and microscopic evidence of different colonised spaces inside the nodule. **European Journal of Agronomy**, v. 22, p. 126-187, 2021.
- BRASIL. **Regras para Análise de sementes**. 1. ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- BUCHELT, A. C.; METZLER, C. R.; CASTIGLIONI, J. L.; DASSOLLER, T. F.; LUBIAN, M. S. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019.
- BUCIO, J. L.; VALDEZ, A. P. *Rhizobium*: a promising biotechnological tool for sustainable agriculture. **Microorganisms**, v. 9 n. 3, p. 529-532, 2021.
- CABANILLAS, C.; TABLACA, M.; FERREYRA, L.; PÉREZ, A.; SUCANI, G. Sustainable management strategies focused on native bio-inputs in *Amaranthus cruentus* L. in agro-ecological farms in transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 343-350, 2017.
- CAMACHO, R.; CALVACHE, A. M.; FALCÃO, N.; FERNANDEZ, F.; DEMATTÊ, J. A. M.; MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em solução nutritiva, com variação no fornecimento de N, P e K. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 3, p. 422-425, 1995.

CARGNELUTTI, D.; BAMPI, E.; SANTIAGO, G. M.; LUZ, V. C.; GARBIN, E.; CASTAMANN, A.; MOSSI, A. J. Soluções tecnológicas emergentes para uma agricultura sustentável: microrganismos eficientes. In: GARCIA, L. M. H. **Agroecologia: Princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. Canoas: Mérida Publishers, 2021. p. 31-61.

CARNEIRO, J. E.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 384 p.

CARNEIRO, P. T.; PARRÉ, J. L. A importância do setor varejista para a comercialização de feijão no Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 3, n. 2, p. 277-298, 2005.

CARVALHO, J. C. **Manejo do cretamento bacteriano comum do feijoeiro por *Rhodotorula glutinis* e *Sporidiobolus johnsonii***. 2017. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.

CARVALHO, J. C. **Potencial das leveduras *Rhodotorula glutinis* e *Sporidiobolus johnsonii* no controle biológico de *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*, na promoção do crescimento do feijoeiro e na ativação de rotas metabólicas ligadas à indução de resistência**. 2020. 101f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.

CARVALHO, J. C.; KUHN, O. J.; BARABASZ, R. F.; SILVA, R. M. F.; SUSTAKOWSKI, M. C.; REIS, W.; SILVA, R. H.; KOHLER, T. R.; LORENZET, E.; HELING, A. L.; OLIVEIRA, V. H. D.; STANGARLIN, J. R.; VIECELLI, C. A. Management of the Common Bacterial Blight of the Bean by *Rhodotorula glutinis* and *Sporidiobolus johnsonii*. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 11, 2020.

CARVALHO, J. J.; SAAD, J. C. C.; BASTOS, A. V. S.; NAVES, S. S.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. **Irriga**, edição especial 1, p. 104-117, 2014.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influencia de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 617-624, 2001.

CARVALHO, R. H.; JESUS, E. C.; SOUZA FILHO, B. F.; FONTANA, A.; STRALIOTTO, R.; ARAUJO, A. P. Crescimento e produção do feijoeiro comum sob coinoculação com *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* em condições de campo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

CASTELLANE, T. C. L.; LEMOS, M. V. F.; LEMOS, E. G. M. Evaluation of the biotechnological potential of *Rhizobium tropici* strains for exopolysaccharide production. **Carbohydrate Polymers**, v. 111, p. 191-197, 2014.

CASTELLANI, A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 24, p. 270-276, 1939.

CASTRO, É. C.; WANDER, A. E. Cadeia de produção de sementes de feijão no Brasil: Analisada sob a ótica da nova economia institucional. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 31, n. 3, p. 475-492, 2014.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, V. **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: Esalq, 2003.



CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p 51-68.

CAVALCANTE, W. S. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CARRARO, B. P. **Exsudado do cultivo da levedura *Rhodotorula glutinis* no potencial fisiológico e armazenamento de sementes de soja**. 2022. 62f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 1999.

CERRO, P.; ROLLA-SANTOS, A. A. P.; VALDERRAMA-FERNÁNDEZ, R.; GIL-SERRANO, A.; BELLONGÍN, R. A.; GOMES, D. F.; PÉREZ-MONTAÑO, F.; MEGÍAS, M.; HUNGRÍA, M.; OLLERO, F. J. NrcR, a New Transcriptional Regulator of *Rhizobium tropici* CIAT 899 Involved in the Legume Root-Nodule Symbiosis. **Plos One**, v. 11, n. 4, 2016.

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; CARVALHO FILHO, M. R. C.; MILLER, L. O.; OLIVEIRA, J. C.; CHAGAS JUNIOR, A. F. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento na biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p.10-18, 2017.

CONAB. **Portal de Informações Agropecuárias**. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em: 28 ago. 2023.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2021/2022. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 9, n. 3, 2021. 100 p.

CONAB. **Evolução dos custos de produção de feijão no Brasil e sua rentabilidade: safra 2010/11 a 2015/16**. 1 ed. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2017.

CORTE, A. D.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding an Applied Biotechnology**, v. 3, n. 3, p. 193-203, 2003.

CUNHA, R. P.; CORRÊA, M. F.; SCHUCH, L. O.; OLIVEIRA, R. C.; ABREU JUNIOR, SILVA, J. D. G.; ALMEIRA, T. L. Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1761-1767, 2015.

DAVIES, P. J. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!**. 3 ed. Dorrecht: Springer, 2004.

DEJENE, M.; DIXON, R. M.; DUNCAN, A. J.; WOLDE-MESKEL, E.; WALSH, K. B.; MCNEILL, D. Variations in seed and post-harvest residue yields and residues quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a ruminant feedstuff. **Animal Feed Science and Technology**, v. 244, p. 42-45, 2018.

DEPAEPE, T.; STRAETEN, V. D. Ethylene. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, B. G. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. 2 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2017. p. 403-410.

DERAL. Prognóstico Agropecuário: feijão. **Departamento de Economia Rural**, v. 13, n. 36, p. 1-10, 2022.

- DIAS, M. A. M. **Fixação Biológica de Nitrogênio**: características moleculares e simbióticas de bactérias nativas do Semiárido Brasileiro. 1 ed. São Paulo: Editora Dialética, 2020. 119 p.
- DIDONET, A. D.; SILVA, S. C. Elementos climáticos e produtividade do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 25, n. 223, p. 13-19, 2004.
- DIXSON, D. D.; BODDY, C. N.; DOYLE, R. P. Reinvestigation of Coenzyme Q10 Isolation from *Sporidiobolus johnsonii*. **Chemistry and Biodiversity**, v. 8, n. 6, p. 1033-1051, 2011.
- DOMMELEN, A. V.; VANDERLEYDEN, J. Associative Nitrogen Fixation. In: BOTHE, H.; FERGUSON, S. J.; NEWTON, W. E. **Biology of the Nitrogen Cycle**. Amsterdã: Elsevier Science, 2007. p. 179-192.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.
- DU, F.; RUAN, G.; LIU, H. Analytical methods for tracing plant hormones. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 403, p. 55-74, 2012.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, v. 71, n. 1, p. 428-434, 1958.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 2006. 412 p.
- FARAJOLLAHI, Z.; EISVAND, H. R.; FIROUZABADI, F. N.; NASROLLAHI, A. L. Nano-Fe nutrition improves soybean physiological characteristics, yield, root features and water productivity in different planting dates under drought stress conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 198, p. 1160198, 2023.
- FARINELLI, R. **Características agrônomicas e tecnológicas em genótipos de feijoeiro**. 2006. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- FERNANDES, D. S.; SORATTO, R. P.; KULCZYNSKI, S. M.; BISCARO, G. A.; REIS, C. J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em consequência da aplicação foliar de manganês. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 3, p. 419-426, 2007.
- FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; CARDOSO, A. A.; FONTES, P. C. R.; VIEIRA, C. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p. 443-452, 2002.
- FERREIRA, C. M.; FIGUEIREDO, R. S.; LUZ, T. C. L. A. Arroz e feijão: Intervenção multi-institucional em prol do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 96-112, 2018.
- FERREIRA, C. M.; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. C. **Feijão na Economia Nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2002. 47 p.
- FERREIRA, L. V. M.; CARVALHO, F.; ANDRADE, J. F. C.; OLIVEIRA, D. P.; MEDEIROS, F. H. V.; MOREIRA, F. M. S. Co-inoculation of selected nodule endophytic rhizobacterial strains with *Rhizobium tropici* promotes plant growth and controls damping off in common bean. **Pedosphere**, v. 30, n. 1, p. 99-108, 2020.
- FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; MARTÍNEZ, C. R.; CHANWAY, C. P. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. **Applied Soil Ecology**, v. 40, n. 1, p. 182-188, 2008.

FIORI, A. K.; GUTUZZO, G. O.; SANZOVO, A. W. S.; ANDRADE, D. S.; OLIVEIRA, A. L. M.; RODRIGUES, E. P. Effects of *Rhizobium tropici* azide-resistant mutants on growth, nitrogen nutrition and nodulation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rhizosphere**, v. 18, 2021.

FOSKET, D. E. **Plant Growth and Development: A Molecular Approach**. San Diego: Academic Press, 1994. p. 271-340.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I. **Características fisiológicas da semente: vigor, viabilidade, germinação, danos mecânicos tetrazólio, deterioração por umidade tetrazólio, dano por percevejo tetrazólio e sementes verdes**. Londrina: Embrapa, 2018. 31 p.

FRANÇA-NETO, J. B.; PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa, 1988.

FRASCA, L. L. M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; CARVALHO, M. C. S. Características fito-agronômicas do feijoeiro de ciclo superprecoce tratado com promotores de crescimento. **Colloquium Agrarie**, v. 14, n. 3, p. 51-61, 2018.

FREITAS, F. O. **Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (*Zea mays mays*, L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. 2001. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

FURLANETO, F. P. B.; MARTINS, A. N.; ESPERANCINI, M. S. T. Viabilidade econômica de manejos nutricionais na cultura da banana. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 205-212, 2011.

FUSCALDI, K. C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, n. 1, p. 17-20, 2005.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; FERNANDES, G. C.; RODRIGUES, W. L. Technical and economic viability of cowpea co-inoculates with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. And nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 304-311, 2020.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GEIGER, O.; GONZÁLEZ-SILVA, N.; LÓPEZ-LARA, I. M.; SOHLENKAMP, C. Amino acid-containing membrane lipids in bacteria. **Progress in Lipid Research**, v. 49, n. 1, p. 46-60, 2010.

GEORGIN, J.; LAZZARI, L.; LAMEGO, F. P.; CAMPONOGARA, A. Desenvolvimento inicial de trigo (*Triticum aestivum*) com uso de fitohormônios, zinco e inoculantes no tratamento de sementes. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 18, n. 4, p. 1318-1325, 2014.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SCHOONHOVEN, A. VAN; VOYSEST, O. **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1991. p. 7-53

GOULET, F. Characterizing alignments in socio-technical transitions. Lessons from agricultural bio-inputs in Brazil. **Technology in Society**, v. 65, 2021. DOI: 10.1016/j.techsoc.2021.101580

GUTIERREZ, S. B. C.; RAIMONDO, E. E.; LAMI, M. J.; VINCENT, P. A.; URGEL, M. E.; CRISTÓBAL, R. E. Inoculation of *Pseudomonas* mutant strains can improve of soybean and corn plants in soil under salt stress. **Rhizosphere**, v. 16, p. 100255, 2020.

HEDDEN, P. Regulators of growth: Gibberellins. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, B. G. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. 3 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2003. p. 985-995.

HELING, A. L. **Isolamento, identificação e avaliação do potencial de leveduras como agentes de proteção de plantas de feijoeiro ao crestamento bacteriano comum**. 2016. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016.

HENNING, A. A. **Patologia e Tratamento de Sementes: Noções Gerais**. Londrina: Embrapa, 2005. 52 p.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.

HERMOSA, R.; RUBIO, M. B.; CARDOZA, R. E.; NICOLÁS, C.; MONTE, E.; GUTIÉRREZ, S. The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense. **International Microbiology**, v. 16, p. 69-80, 2013.

HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, M.; CORDERO-BUESO, G.; RUIZ-MUÑOZ, M.; CANTORAL, J. M. Culturable Yeasts as Biofertilizers and Biopesticides for a Sustainable Agriculture: a Comprehensive Review. **Plants**, v. 10, n. 822, 2021.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, n. 3, p. 151-164, 2000.

IBANHES NETO, H. F.; SILVA, A. C.; SUMIDA, C. H.; GOUVEIA, M. S.; PELLIZZARO, V.; TAKAHASHI, S. A. Physiological potential of Green bean seeds treated with *Bacillus subtilis*. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. e202143016, 2021.

JOSEPH, R.; BACHHAWAT, A. K. Yeasts: Production and Commercial Uses. In: BATT, C. A.; TORTORELLO, M. L. **Encyclopedia of Food Microbiology**. 2 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2014. p. 823-830.

JOUBERT, P. M.; DOTY, S. L. Endophytic Yeasts: Biology, Ecology and Applications. *Endophytes of Forest Trees*, v. 86, p. 3-14, 2018.

KEFFORD, N. P.; BROCKWELL, J.; ZWAR, J. A. The symbiotic synthesis of auxin by legumes and nodule bacteria and its role in nodule development. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 13, n. 4, p. 456-467, 1960.

KILDEGAARD, K. R.; ARNESEN, J. A.; ADIEGO-PÉREZ, B.; RAGO, D.; KRISTENSEN, M. KLITGAARS, A. K.; HANSEN, E. H.; HANSEN, J.; BORODINA, I. Tailored biosynthesis of gibberellin plant hormones in yeast. **Metabolic Engineering**, v. 66, p. 1-11, 2021.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

KOT, A. M.; KIELISZEK, M.; PIWOWAREK, K.; BIAZEJAK, S.; MUSSAGY, C. U. *Sporobolomyces* and *Sporidiobolus* e nonconventional yeasts for use in industries. **Fungal Biology Reviews**, v. 37, p. 41-58, 2021.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes. **Informativo Abrates**, v. 11, n. 3, p. 81-84, 2001.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa, 2018. 24 p.

KURTZMAN, C. P.; FELL, J. W. Yeasts. In: MUELLER, G. M.; BILLS, G. F.; FOSTER, M. S. **Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods**. Oxfordshire: Academic Press, 2004. p. 337-342.

LAGLER, J. C. Bioinsumos: distintas percepciones haciendo foco en la fertilizacion biológica. **Agronomia y Ambiente**, v. 37, n.1, p. 73-89, 2017.

LATA, R.; GOND, S. K. Plant growth-promoting microbes for abiotic stress tolerance in plants. In: KUMAR, A.; SINGH, A. K.; CHOUDHARY, K. K. **Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology**. Sawston: Woodhead Publishing, 2019 p. 89-105.

LAURETT, R.; PAÇO, A.; MAINARDES, E. W. Antecedents and consequences of sustainable development in agriculture and the moderator role of the barriers: Proposal and test of a structural model. **Journal of Rural Studies**, v. 86, p. 270-281, 2021.

LEITE, R. A.; MARTINS, L. C.; FERREIRA, L. V. S. F.; BARVOSA, E. S.; ALVES, B. J. R.; ZILLI, J. E.; ARAÚJO, A. P.; JESUS, E. C. Co-inoculation of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* promotes growth and yield of common beans. **Applied Soil Ecology**, v. 172, p. 104356, 2022.

LEITE, C. A. M.; BARBOSA, C. A. C.; SANTOS, E. D.; SORIANI, R.; CHAGAS, T. L. K. Índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de soja sob influência do vigor e inoculação em solo argiloso e areia comercial. **Revista Terra e Cultura**, v. 34, p. 244-253, 2018.

LI, J.; LI, C.; SMITH, S. M. **Hormone Metabolism and Signaling in Plants**. Amsterdã: Elsevier, 2017. p. 1-38.

LIAQAT, S.; SAFFEULLAH, P.; UMAR, S.; SIDDIQI, T. O. The molecular mechanism of brassinosteroids in mediating the abiotic stress responses of plants. In: AFTAB, T.; HAKEEM, K. R. **Frontiers in Plant-Soil Interaction: Molecular Insights into Plant Adaptation**. 1 ed. Amsterdã: Elsevier, 2021. p. 547-566.

LINS, C. I. M.; VERAS, F. F.; MARTINS, D. B. G.; LIMA-FILHO, J. L. Utilização de leveduras para a produção de biomassa em extrato de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). **Scientia Plena**, v. 14, n. 5, 2018.

LOAKE, G. J.; AYYAR, P.; HOWAT, S. Jasmonates. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, B. G. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. 2 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2017. p. 430-436.

LOBO JUNIOR, M.; MACHADO-ROSA, T. A. GERALDINE, A. M. Uso de *Trichoderma* na cultura do feijão-comum. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: Uso na agricultura**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2019. p. 393-406.

LÓPEZ-LLUCH, G.; NAVAS, P. Coenzyme Q10 supplementation in aging. In: PREEDY, V. R.; PATEL, V. B. **Aging: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants**. 2 ed. . Oxfordshire: Academic Press, 2020. p. 183-192.

MAHMOUD, R. A.; EL-DUSKI, M.; MONA, M. A. M.; AISHA, H. A. Effect of compost levels and yeast extract application on the pea plant growth, pod yield and quality. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 9, n. 1, p.149-155, 2013.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2 ed. Londrina: Abrates, 2015. 660 p.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 687-694, 2005.

MARQUEZI, M. **Características físico-químicas e avaliação das propriedades tecnológicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2013. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 41, p. 417-426, 1991.

MAXIMIANO, M. R.; MEGÍAS, E.; SANTOS, L. S.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; FRANCO, O. L.; MEHTA, A. Proteome responses of *Rhizobium tropici* CIAT 899 upon apigenin and salt stress induction. **Applied Soil Ecology**, v. 159, 2021.

MEENA, R. S.; VIJAYAKUMAR, V.; YADAV, G. S.; MITRAN, T. Response and interaction of *Bradyrhizobium japonicum* and arbuscular mycorrhizal fungi in the soybean rhizosphere. **Plant Growth Regulation**, v. 84, p. 207-223, 2018.

MIA, M. A. B.; SHAMSUDDIN, Z. H. Rhizobium: as a crop enhancer and biofertilizer for increased cereal production. **Africa Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 37, p. 6001-6009, 2013.

MONGRAND, S.; HARE, P. D.; CHUA, N. H. Abscisic Acid. In: HENRY, H. L.; NORMAN, A. W. **Encyclopedia of Hormones**. 1 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2003. p. 1-10.

MORAES, E. S.; MENELAU, A. S. Análise do mercado de feijão comum. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 81-92, 2017.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônômico e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 701-709, 2008.

MOURA, J. O.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; FRANCO, L. J. D.; SILVA, L. R. A.; CARVALHO, J. S. Estimativas dos efeitos dos teores de proteína e ferro, tempo de cocção, tamanho do grão e produção de grãos sobre o teor de zinco em feijão-caupi. **Biofortificação**, v. 4, n. 11, p. 14-21, 2011.

MUKHERJEE, A.; VERMA, J. P.; GAURAV, A. K.; CHOUHAN, G. K.; PATEL, J. S.; HESHAM, A. L. Yeast a potential bio-agent: future for plant growth and postharvest disease management for sustainable agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, p. 1497-1510, 2020.

MUKHERJEE, S.; SEN, S. K. Exploration of novel rhizospheric yeast isolate as fertilizing soil inoculant for improvement of maize cultivation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 7, p. 1491-1499, 2015.

MUROFUSHI, N.; YAMANE, H.; SAKAGAMI, Y.; IMASEKI, H.; KAMIYA, Y.; IWAMURA, H.; HIRAI, N.; TSUJI, H.; YOKOTA, T.; UEDA, J. Plant Hormones. In: BARTON, S. D.; NAKANISH, K.; METH-COHN, O. **Comprehensive Natural Products Chemistry**. Oxford: Pergamon, 1999. p. 19-136.

NAHAKPAM, S.; SHAH, K.; KUNDU, M.; HEIKHAM, R. S. Role of phytohormones as master regulators during the abiotic stress. In: RAI, A. C.; RAI, A.; RAI, K. K.; RAI, V. P.; KUMAR, A. **Stress Tolerance in Horticultural Crops: Challenges and Mitigation Strategies**. 1 ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2021. p. 347-369.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor em sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p. 21-24.

NAMBARA, E. Abscisic Acid. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, B. G. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. 2 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2017. p. 361-366.

NAPIER, R. M. Regulators of growth: Auxins. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, B. G. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. 2 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2017. p. 985-995.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 573-579, 2004.

NASSAR, A. H.; EL-TARABILY, K. A.; SIVASITHAMPARAM, K. Promotion of plant growth by an auxin-producing isolate of the yeast *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots. **Biology and Fertility of Soils**, v. 42, p. 97-108, 2005.

NAVARRETE, E. L. C.; VALLE, A. D.; VENEGAS, R. A. Induction of plant resistance to biotic stress by priming with  $\beta$ -aminobutyric acid (BABA) and its effect on nitrogen-fixing nodule development. In: HOSSAIN, M. A.; LUI, F.; BURRITT, D. J.; FUJITA, M.; HUANG, B. **Priming-Mediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants**. Amsterdã: Elsevier Science, 2020. p. 101-114.

NGOMA, L.; BABALOLA, O.; AHMAD, F. Ecophysiology of plant growth promoting bacteria. **Science Research Essays**, v. 7, n. 47, p. 4003-4013, 2012.

NÚÑEZ, J. A. D.; LOBO, M. B. Application of microorganisms in forest plant. **Biofertilizers: Advances in Bio-Inoculants**, v. 1, p. 265-287, 2021.

OLIVEIRA, C. A. B.; PELÁ, G. M.; PELÁ, A. Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 43-50, 2017.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T.; RÉGIS, L. R. L. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 11, p. 1049-1056, 2015.

OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; NEVES, E. H.; RITTER, R.; MENDONÇA, A. O.; MENEGHELLO, G. E. Uso de biorregulador e seus reflexos na produção e na qualidade de sementes de trigo. **Scientia Plena**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2020.

OLIVEIRA, T. B. **Leveduras produtoras de AIA e solubilizadoras de P visando a promoção de crescimento de tomateiro**. 2016. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

OZAKTAN, H.; DOYMAZ, A. Mineral composition and technological and morphological performance of beans as influenced by organic seaweed-extracted fertilizers applied in different growth stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 114, p. 104-141, 2022.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001.

PASSARGE, J.; HUISMAN, J. Microbial Communities. In: JORGENSEN, S. E.; FATH, B. D. **Encyclopedia of Ecology**. 1 ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2008. p. 2328-2334.

PATEL, J. S.; KUMAR, G.; BAJPAI, R.; TELI, B.; RASHID, M.; SARMA, B. K. PGPR formulations and application in the management of pulse crop health. In: RAKSHIT, M.; MEENA, V. S.; PARIHAR, M.; SINGH, H. B.; SINGH, A. K. **Biofertilizers: Advances in Bio-Inoculants**. 1 ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2021. p. 239-251.

PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R.; EVANGELISTA, J. R. E.; OLIVEIRA, G. E. Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 158-164, 2011b.

PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; SANTOS, J. C. P.; BOGO, A.; MIQUELLUTI, D. J. Diversidade no teor de nutrientes em grãos de feijão crioulo no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 477-485, 2011a.

PERES, A. R.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; ARF, O.; FRANCO, A. A.; GARÉ, L. M. Efeito do cultivo de feijão com co-inoculação (*Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) e lâminas de irrigação sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas. **Investigación Agrária**, v. 20, n. 1, p. 11-21, 2018.

PERRICONE, M.; GALLO, M.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M.; BEVILACQUA, A. Yeasts. In: BEVILACQUA, A.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M. **The Microbiological Quality of Food**. Sawston: Woodhead Publishing, 2017. p. 121-131.

PICOLOTTO, L.; BIANCHI, V. J.; FACHINELLO, J. C. Ação de giberelinas e citocininas na germinação de sementes de pessegueiro. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 225-232, 2007.

PINTO, F. G. S.; HUNGRIA, M.; MERCANTE, F. M. Polyphasic characterization of Brazilian *Rhizobium tropici* strains effective in fixing N<sub>2</sub> with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology e Biochemistry**, v. 39, p. 1851-1864, 2007.

PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários com pulverizadores terrestres. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 41-48.

POZO-VALDIVIA, A. I.; REISING, D. D.; ARELLANO, C.; HEINIGER, R. W. A case for comprehensive analyses demonstrated by evaluating the yield benefits of neonicotinoid seed treatment in maize (*Zea mays* L.). **Crop Protection**, v. 110, p. 171-182, 2018.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.



RAMOS, A. R.; BINOTTI, F. F. S.; SILVA, T. R.; SILVA, U. R. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Revista Biociências**, v. 21, n. 1, p. 76-88, 2015.

RALIYA, R.; BISWAS, P.; TARAFDAR, J. C. TiO<sub>2</sub> nanoparticle biosynthesis and its physiological affect on mung bean (*Vigna radiata* L.). **Biotechnology Reports**, v. 5, p. 22-26, 2015.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2001.

RENADIVE, P.; MEHTA, A.; GEORGE, S. Strain improvement of *Sporidiobolus johnsonii* - ATCC 20490 for biotechnological production of Coenzyme Q<sub>10</sub>. **International Journal of Chemical Engineering and Applications**, v. 2, n. 3, p. 216-220, 2011.

RESENDE, A. V.; SILVEIRA, P. M.; PRADA NETO, I.; PEDROSO NETO, J. C.; MARTINS, F. A. D. Manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas de feijão-comum. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 14-24, 2017.

REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; FRASCA, L. L. M.; FARIA, D. R.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, 2021.

RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 1367-1376, 2010.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 39-45, 2003.

ROCHA, M. J. C.; ONGARATO, G.; FERRARI NETO, J.; COSTA, F. A.; JADOSKI, C. J.; GUILHERME, D. O. Componentes da produção do feijão preto cultivado em solo arenoso em função da inoculação das suas sementes com *Azospirillum Brasiliense*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 95385-95396, 2021.

ROSA, M. E. **Efeito da adubação verde e doses de estimulantes em plantio direto**: no desenvolvimento, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de feijão no serrado Sul-Mato-Grossense. 2018. 100f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

RUSSELL, I. Yeast. In: BAMFORTH, C. W. **Brewing Materials and Processes**: a Practical Approach to Beer Excellence. San Diego: Academic Press, 2016. p. 77-96.

SAMBATTI, V. C.; GOMES, H. L. L.; DELAZEN, G. Technical and economic viability of biostimulant applied in post-emergence of common bean. **Agrarian**, v. 13, n. 50, p. 536-547, 2020.

SANTOS, A. L. F. **Caracteres fisiológicos, bioquímicos e produtivos da soja sob aplicação de biofertilizantes em diferentes estádios de desenvolvimento**. 2020. 99f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

SANTOS, J. P.; BORGES, T. S.; SILVA, N. T.; ALCANTRA, E.; REZENDE, R. M.; FREITAS, A. S. Efeito de bioestimulante no desenvolvimento do feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 815-824, 2017.

SANTOS, V. M.; CARDOSO, D. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. R.; SOUSA, D. C. V. Ação de bioestimulantes no desempenho do cultivo de soja em duas condições de adubação fosfatada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 1-8, 2015.

SEIF, Y. I. A.; EL-MINIAWY, S. E. M.; EL-AZM, N. A. I. A.; HEGAZI, A. Z. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 61, n. 2, p. 187-199, 2016.

SCHMÜLLING, T. Cytokinin. In: LENNARZ, W. J.; LANE, M. D. **Encyclopedia of Biological Chemistry**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2013. p. 627-631.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 553-560, 2006.

SHAMEEM, M. R. S.; SONALI, J. M. I.; KUMAR, P. S.; RANGASAMY, K. G.; GAYATHRI, V. V. Parthasarathy *Rhizobium mayense* sp. Nov., an efficient plant growth-promoting nitrogen-fixing bacteria isolated from rhizosphere soil. **Environmental Research**, v. 220, n. 1, p. 115-200, 2023.

SHAMSI, I. H.; SAGONDA, T.; ZHANG, X.; ZVOBGO, G.; JOAN, H. I. The Role of Growth Regulators in Senescence. In: SARWAT, M.; TUTEJA, N. **Senescence Signalling and Control in Plants**. 1 ed. Amsterdã: Elsevier, 2019. p. 99-110.

SHARKEY, T.; VOGELMANN, T.; EHLERINGER, J.; SANDQUIST, D. Fotossíntese: considerações fisiológicas e ecológicas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 243-270.

SHARMA, P.; KUMAR, T.; YADAV, M.; GILL, S. S.; CHAUHAN, N. S. Plant-microbe interactions for the sustainable agriculture and food security. **Plant Gene**, v. 28, 2021.

SHUKLA, D.; SHUKLA, P.; TANDON, A.; SINGH, P. C.; JOHRI, J. K. Role of microorganism as new generation plant bio-stimulants: an assessment. In: SINGH, H.; VAISHNAV, A. **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**. 1 ed. Amsterdã: Elsevier, 2021. p. 1-16.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1998.

SILVA, E. G.; MOURA, A. B.; BACARIN, M. A.; DEUNER, C. D. Alterações metabólicas em plantas de feijão originadas de sementes microbiolizadas por *Pseudomonas* sp. e inoculadas com *Xanthomonas axonopodis* pv. phaseoli. **Summa Phytopathol**, v. 35, n. 2, p. 98-104, 2009.

SILVA, J. G.; MACHADO, A. L. T.; NASCENTE, A. S. Evolução e perspectivas da colheita mecanizada do feijão. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 61-69, 2017.

SILVA, R. H.; BARABASZ, R. F.; SUSTAKOWSKI, M. C.; KUHN, O. J.; CARVALHO, J. C.; REIS, W.; STANGARLIN, J. R.; OLIVEIRA, V. H. D. Microbiolization of Seeds and Aerial Application With Yeasts for Disease Control in Wheat. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 10, 2020.

SOLORZANO, C. D.; MALVICK, D. K. Effects of fungicide seed treatments on germination, population, and yield of maize grown from seed infected with fungal pathogens. **Field Crops Research**, v. 122, p. 173-178, 2011.

SOTO, J. O. *Bacillus* Probiotic Enzyme: External Auxiliary Apparatus to Avoid Digestive Deficiencies, Water Pollution, Diseases, and Economic Problems in Marine Cultivated Animals. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 80, p.15-35, 2017.

SPEERS, A.; FORBES, J. Yeasts: an overview. In: HILL, A. E. **Brewing Microbiology: Managing Microbes, Wnsuring Quality and Valorising Waste**. Sawston: Woodhead Publishing, 2015. p. 3-9.

SPONSEL, V. M. Gibberellins. In: HENRY, H. L.; NORMAN, A. W. **Encyclopedia of Hormones**. 1 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2003. p. 29-40.

SRIVASTAVA, L. M. **Plant Growth and Development: Hormones and Environment**. 1 ed. San Diego: Academic Press, 2002. p. 772.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAJINI, F.; TRABELSI, M.; DREVON, J. J. Combined inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, n. 2, p. 157-163, 2012.

TEJERA, N. A.; CAMPOS, R.; SANJUAN, J.; LLUCH, C. Nitrogenase and antioxidant enzyme activities in *Phaseolus vulgaris* nodules formed by *Rhizobium tropici* isogenic strains with varying tolerance to salt stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 329-338, 2004.

THIENGO, C. C.; SANTANA, P. H. L.; BURAK, D. L.; OLIVEIRA, D. M.; GUIDINELLE, R. B. Resposta do capim-marandu e milheto em rejeito de mineração à aplicação de bioestimulantes vegetais. **Magistra**, v. 31, p. 465-478, 2020.

TONGUÇ, M.; GÜLER, M.; ÖNDER, S. Germination, reserve metabolism and antioxidant enzyme activities in safflower as affected by seed treatments after accelerated aging. **South African Journal of Botany**, v. 153, p. 209-218, 2023.

TUDZYNSKI, B.; MIHLAN, M.; ROJAS, M. C.; LINNEMANNSTÖNS, P.; GASKIN, P.; HEDDEN, P. Characterization of the Final Two Genes of the Gibberellin Biosynthesis Gene Cluster of *Gibberella fujikuroi*: des and P450-3 encode GA4 desaturase and the 13-hydroxylase, respectively. **Journal of Biological Chemistry**, v. 278, n. 31, p. 28635-28643, 2003.

VANDANA, U. K.; SINGHA, B.; GULZAR, A. B. M.; MAZUMDER, P. B. Molecular mechanisms in plant growth promoting bacteria (PGPR) RO resist environmental stress in plants. In: SHARMA, V.; SALWAN, R.; AL-ANI, L. K. T. **Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture**. Oxfordshire: Academic Press, 2020. p. 221-233.

VIÇOSI, K. A.; PELÁ, A. Doses de nitrogênio em cobertura e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n. 3, p. 326-336, 2020.

VIEIRA, R. F.; FERREIRA, A. C. B.; PRADO, A. L. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 163-169, 2011.

WALKER, G. M. Yeasts. In: SCHAECHTER, M. **Encyclopedia of Microbiology**. 3 ed. Oxfordshire: Academic Press, 2009. p. 478-491.

WANDER, A. E. Cenário nacional e novas oportunidades de mercado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 12., 2017, **Anais** [...]. Piracicaba: IAC.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F.; FERREIRA, C. M.; FERREIRA, C. M. O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília: Embrapa, 2021. p. 82-101.

WEBER, T.; WEBER, D. A.; CARRARO, B. P.; COELHO, S. R. M.; KUHN, O. J.; FALCO, T. D.; CAMPEOL, D. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com regulador vegetal produzido a partir de levedura. In: SANTOS, T. R. **Engenharia Agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação**. 2 ed. Ponta Grossa: Atena, 2021.

WENDT, L.; MALAVASI, M. M.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; GOMES JUNIOR, F. G. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 166-171, 2017.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2 ed. Pelotas: Embrapa, 2012.

YURKOV, A. M. Yeasts of the soil – obscure but precious. **Wiley Yeast**, v. 35, p. 369-378, 2018.

ZAIDI, N. W.; DAR, M. H.; SINGH, S.; SINGH, U. S. *Trichiderma* Species as Abiotic Stress Relivers in Plants. In: GUPTA, V. K.; SCHOMOLL, M.; HERRERA-ESTRELLA, A.; UPADHYAY, R. S.; DRUZHUNINA, I.; TUOHY, M. G. **Biotechnology and Biology of Trichoderma**. Amsterdã: Elsevier, 2014. p. 515-525.

ZHANG, X.; YAO, G.; VISHWAKARMA, S.; DALIN, C.; KOMAREK, A. M.; KANTER, D. R.; DAVIS, K. F.; PFEIFER, K.; ZHAO, J.; ZOU, T.; D'ODORICO, P.; FOLBERTH, C.; RODRIGUEZ, F. G.; FANZO, J.; ROSA, L.; DENNISON, W.; MUSUMBA, M.; HEYMAN, A.; DAVIDSON, E. A. Quantitative assessment of agricultural sustainability reveals divergent priorities among nations. **One Earth**, v. 4, p. 1262-1277, 2021.