

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
Campus Ibirubá**

**QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO PRODUZIDAS  
EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E CONDIÇÕES DE SEQUEIRO  
E IRRIGADO  
(Trabalho de Conclusão de Curso)**

**BRENNO ARTHUR DELLA LIBERA RAUBER**

**Ibirubá, junho de 2025.**

**BRENNO ARTHUR DELLA LIBERA RAUBER**

**QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO PRODUZIDAS  
EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E CONDIÇÕES DE SEQUEIRO  
E IRRIGADO**

**(Trabalho de Conclusão de Curso)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Jardel Henrique Kirchner

**Ibirubá, junho de 2025.**

BRENNO ARTHUR DELLA LIBERA RAUBER

**QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO  
PRODUZIDAS EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E  
CONDIÇÕES DE SEQUEIRO E IRRIGADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Jardel Henrique Kirchner

Aprovado em 09 de Julho, 2025.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Jardel Henrique Kirchner – Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Marcos Paulo Ludwig – Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Latóia Eduarda Maltzan

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Nidgia Maria Nicolodia

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ben Hur Costa de Campos – Coordenador  
do Curso de Agronomia do IFRS – Campus Ibirubá

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, por disponibilizar o espaço físico e a infraestrutura necessários para a realização do trabalho de campo, fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Registro meu sincero agradecimento ao colega João Honório, pela condução dedicada e cuidadosa da produção das sementes, cuja colaboração foi essencial para a obtenção dos resultados deste trabalho.

Ao Laboratório de Irrigação do IFRS, pela estrutura e apoio técnico oferecidos durante a condução das atividades relacionadas ao manejo hídrico, e ao Laboratório de Sementes, pelo suporte durante a realização das análises de qualidade das sementes, minha gratidão pela disponibilidade e comprometimento.

Agradeço, também, aos Professores Jardel, Marcos e Suzana, pelo apoio, orientações e contribuições fundamentais ao longo de toda a realização do trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho, meu muito obrigado.

## RESUMO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande relevância econômica e alimentar no Brasil, destacando-se pela sua contribuição à segurança alimentar e à diversificação agrícola. A qualidade das sementes é crucial para o sucesso da lavoura, sendo influenciada por fatores como manejo hídrico e densidade de semeadura. O cultivo em sequeiro enfrenta desafios significativos devido à variabilidade climática, enquanto o cultivo irrigado proporciona condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. A densidade populacional também exerce um impacto significativo na qualidade das sementes, já que altas densidades podem levar a maior competição por recursos comprometendo o desenvolvimento das plantas e a formação de sementes de melhor qualidade. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de feijão da cultivar IPR Tuiuiú, produzidas sob diferentes densidades populacionais (200, 250 e 300 mil sementes por hectare) e em dois manejos hídricos (sequeiro e irrigado). A produção foi conduzida no IFRS – Campus Ibirubá, em sistema de plantio direto sobre palhada, utilizando irrigação por aspersão convencional, com manejo baseado na evapotranspiração da cultura e aplicação de lâminas sempre que o solo atingia 90% da sua capacidade real de água. A semeadura foi realizada em 26 de outubro de 2023, e a colheita ocorreu entre janeiro e fevereiro de 2024. As avaliações de qualidade incluíram testes de germinação, emergência em canteiro, comprimento de plântulas, massa seca, peso de mil sementes e peso hectolitro. Houve diferença estatística significativa para as seguintes variáveis: germinação em primeira contagem, com destaque para as densidades de 300 e 200 mil sementes por hectare; germinação final, com superioridade do manejo irrigado na densidade de 300 mil sementes por hectare; emergência, com melhor desempenho na densidade de 250 mil sementes por hectare; massa seca, superior no manejo irrigado para as médias; peso de mil sementes, sistema irrigado foi melhor em todas as densidades; e peso hectolitro, com diferença entre os manejos apenas na densidade de 200 mil sementes por hectare, sendo o irrigado superior. Os resultados indicam que a irrigação melhora a qualidade fisiológica das sementes de feijão, mesmo em anos sem estiagem, evidenciando a sensibilidade da cultura ao estresse hídrico. A densidade de semeadura influenciou algumas variáveis, mas a limitação no número de tratamentos avaliados impediu a definição de uma tendência clara.

**Palavras-chave:** Feijoeiro; produção de sementes; cultivo irrigado; IPR Tuiuiú.

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is of great economic and nutritional importance in Brazil, standing out for its contribution to food security and agricultural diversification. Seed quality is crucial to crop success and is influenced by factors such as water management and sowing density. Rainfed cultivation faces significant challenges due to climate variability, while irrigated cultivation provides more favorable conditions for plant development. Population density also has a significant impact on seed quality, as high densities can lead to greater competition for resources, compromising plant development and the formation of better-quality seeds. Thus, the present study aimed to evaluate the physical and physiological quality of bean seeds of the IPR Tuiuiú cultivar, produced under different population densities (200, 250, and 300 thousand seeds per hectare) and under two water management systems (rainfed and irrigated). Production was conducted at IFRS – Campus Ibirubá, in a no-till system on mulch, using conventional sprinkler irrigation, with management based on crop evapotranspiration and application of blades whenever the soil reached 90% of its actual water capacity. Sowing was carried out on October 26, 2023, and harvesting took place between January and February 2024. Quality assessments included germination tests, emergence in the seedbed, seedling length, dry mass, thousand-seed weight, and hectoliter weight. There was a statistically significant difference for the following variables: germination at first count, with emphasis on densities of 300 and 200 thousand seeds per hectare; final germination, with superiority of irrigated management at a density of 300 thousand seeds per hectare; emergence, with better performance at a density of 250 thousand seeds per hectare; dry mass, higher in irrigated management for the averages; thousand seed weight, irrigated system was better at all densities; and hectoliter weight, with a difference between managements only at a density of 200 thousand seeds per hectare, with irrigated being superior. The results indicate that irrigation improves the physiological quality of bean seeds, even in years without drought, highlighting the crop's sensitivity to water stress. Sowing density influenced some variables, but the limitation in the number of treatments evaluated prevented the definition of a clear trend.

**Key words:** Common bean; Seed production; Irrigated cultivation; IPR Tuiuiú.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 DESENVOLVIMENTO.....	14
2.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
<b>2.1.1 A cultura do feijoeiro .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 Cultivo do feijoeiro em sequeiro .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3 Cultivo do feijoeiro irrigado.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4 Impacto de diferentes populações de plantas sobre o cultivo.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5 Qualidade das sementes .....</b>	<b>22</b>
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
<b>2.2.1 Produção de sementes no campo.....</b>	<b>24</b>
2.2.1.1 Delineamento experimental.....	24
2.2.1.2 Localização e clima da área de produção .....	24
2.2.1.3 Cultivar .....	25
2.2.1.4 Semeadura .....	25
2.2.1.5 Manejo de irrigação.....	25
2.2.1.6 Manejo da cultura .....	26
2.2.1.7 Colheita das sementes.....	26
<b>2.2.2 Análises da qualidade física.....</b>	<b>27</b>
2.2.2.1 Peso de mil sementes .....	27
2.2.2.2 Peso hectolitro .....	28
<b>2.2.3 Análises da qualidade fisiológica .....</b>	<b>28</b>
2.2.3.1 Emergência em canteiro.....	28
2.2.3.2 Comprimento de plântulas .....	30
2.2.3.3 Massa seca .....	30
2.2.3.4 Teste de germinação .....	31
<b>2.2.4 Análise estatística .....</b>	<b>33</b>
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
<b>2.3.1 Precipitação durante a produção das sementes.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.2 Germinação.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.3 Emergência em canteiro .....</b>	<b>38</b>
<b>2.3.4 Comprimento de plântulas .....</b>	<b>40</b>
<b>2.3.5 Massa seca.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.6 Peso de mil sementes .....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.7 Peso hectolitro.....</b>	<b>44</b>

3 CONCLUSÃO .....47  
REFERÊNCIAS.....48

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Escala fenológica do feijoeiro proposta pela embrapa arroz e feijão..... 16
- Figura 2** - Área do experimento marcada pelo quadrado vermelho .....25
- Figura 3.** Separação e etiquetagem das subamostras (A). Pesagem de uma subamostra na balança de precisão (B).....**ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 4** - Linhas de semeadura (A). Distribuição das sementes na linha (B). .....29
- Figura 5** - Croqui de distribuição das repetições no canteiro .....29
- Figura 6** - Alocação das sementes no recipiente de volume conhecido (A). Nivelamento das sementes com a superfície do recipiente (B). Determinação do peso hectolitro (C)..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- Figura 7** - Seleção de plântulas no canteiro (A). Lavagem das plântulas (B). Plântulas etiquetadas (C).....30
- Figura 8** - Plântulas envelopadas na estufa (A). Plântula em câmara com sal (B). Plântula sendo pesada em balança de precisão (C). .....31
- Figura 9** - Distribuição das sementes no papel germitest (A). Repetições no germinador à temperatura de 23,9°C e umidade de 91% (C). Análise do teste de germinação (C).....32

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Gráfico representando a distribuição das chuvas e da evapotranspiração da cultura ao longo do ciclo do feijão.....	36
<b>Gráfico 2</b> – Germinação em primeira contagem do feijão em diferentes densidades de semeadura sob cultivo irrigado e sequeiro.....	35
<b>Gráfico 3</b> - Emergência do feijão em diferentes densidades de semeadura sob cultivo irrigado e sequeiro.....	38
<b>Gráfico 4</b> – Peso hectolitro do feijão em diferentes densidades de semeadura sob cultivo irrigado e sequeiro.....	45

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Precipitação acumulada e lâmina de irrigação aplicada na área irrigada durante o ciclo da cultura do feijão em todos os meses de produção, desde a semeadura até a colheita.32
- Tabela 2** - Germinação de sementes em primeira contagem para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....33
- Tabela 3** - Porcentagem de sementes germinadas para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....35
- Tabela 4** - Porcentagem de sementes emergidas para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....37
- Tabela 5** - Comprimento das plântulas (em centímetros) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....39
- Tabela 6** - Massa seca de plantas jovens (em gramas) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....40
- Tabela 7** - Peso de mil sementes (em gramas) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....41
- Tabela 8** - Peso hectolitro das sementes (em kg/hl) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.....42

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro é uma das mais relevantes no Brasil e em diversas partes do mundo, desempenhando um papel fundamental na alimentação humana e na economia rural. Além de ser uma fonte significativa de proteínas e nutrientes, o feijão é um cultivo estratégico para a diversificação agrícola, contribuindo para a rotação de culturas e a manutenção da saúde do solo (Coêlho, 2023; Wander; Silva, 2023b).

De acordo com levantamento da CONAB (2024), a safra brasileira de feijão no ano agrícola de 2023/24 alcançou uma produção de 3267,6 mil toneladas. Entre os anos de 2021 e 2024, a CONAB estimou um aumento de mais de 10% na produção brasileira de feijão (Brasil, 2022; Coêlho, 2023; Conab, 2025). Esse crescimento expressivo evidencia não apenas a importância econômica do feijão no cenário nacional, mas também a necessidade de atenção à qualidade dos insumos utilizados na produção. Diante da crescente demanda por alimentos e da necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis, a avaliação da qualidade das sementes de feijão torna-se essencial para a produtividade e a eficiência do cultivo.

O cultivo em sequeiro, que depende exclusivamente das condições climáticas, apresenta desafios significativos para a produção de sementes de qualidade (Quaranta, 1999; Ramos *et al.*, 2017). A variabilidade da chuva pode afetar o crescimento das plantas e, conseqüentemente, as características das sementes produzidas. Em contrapartida, o cultivo irrigado oferece um controle maior sobre a disponibilidade de água, permitindo um desenvolvimento mais uniforme das plantas e contribuindo para a obtenção de sementes com melhores atributos físicos e fisiológicos (Silva; Neves, 2011; Torres *et al.*, 2013).

A irrigação tem se mostrado uma prática eficaz para melhorar as condições de desenvolvimento e produtividade do feijão, especialmente em regiões onde a insuficiência ou má distribuição hídrica é uma preocupação. O fornecimento adequado de água contribui para criar condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas, o que pode refletir em sementes de maior vigor, com melhor capacidade de germinação e maior resistência a doenças (Rodrigues; Althoff, 2019).

A densidade populacional também pode influenciar significativamente a qualidade das sementes de feijão. Em altas densidades, a competição por recursos como luz, água e nutrientes se intensifica, o que pode resultar em plantas menos vigorosas e com menor capacidade de produzir sementes bem formadas e com alto valor fisiológico. Por outro lado, uma densidade adequada permite melhor aeração e exposição solar, favorecendo o desenvolvimento saudável das plantas e, conseqüentemente, a produção de sementes de melhor qualidade (Soratto *et al.*,

2011; Tourino; Rezende; Salvador, 2002; Dourado Neto *et al.*, 2003).

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de feijão produzidas a partir de sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes densidades populacionais.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1.1 A cultura do feijoeiro

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), que pertence à família Fabaceae, é considerada uma das mais importantes na agricultura mundial, destacando-se pela diversidade de suas variedades (Carvalho; Gaiad, 2021; Ribeiro *et al.*, 2011). Existem diferentes variedades de feijão, como o feijão preto, o feijão carioca, o feijão roxo e o feijão mulatinho, cada um com características específicas que atendem a diferentes preferências culinárias e necessidades nutricionais. O feijão tem como principais componentes o amido e a proteína, compondo 28% da proteína presente na dieta brasileira (Pires *et al.* 2005).

Morfologicamente, o feijoeiro é uma planta herbácea que pode apresentar diferentes estruturas dependendo da variedade cultivada. Geralmente, suas folhas são trifoliadas, ou seja, compostas por três folíolos, com uma textura suavemente pubescente. As flores do feijoeiro podem ser brancas, rosas ou roxas e são agrupadas em uma haste que sustenta os botões florais. Os frutos são vagens retas ou arqueadas que contêm de 4 a 6 sementes, variando em tamanho, cor e forma de acordo com as diferentes variedades (Costa, 2023).

O feijoeiro apresenta duas categorias principais de hábito de crescimento: as plantas de hábito determinado, que terminam o caule principal em uma inflorescência, e as de hábito indeterminado, que mantêm gemas vegetativas ou florais em suas extremidades. Além disso, existem quatro tipos distintos de plantas de feijoeiro, variando hábito de crescimento, tipo de porte e podendo ser desde plantas arbustivas até plantas trepadeiras (Costa, 2023).

Do ponto de vista botânico, o feijoeiro é uma planta de ciclo de vida curto, com um período de crescimento que varia de 60 a 100 dias (Oliveira, 2021). A reprodução ocorre de forma predominantemente autógama, embora também possa ocorrer a polinização cruzada (Pompeu, 1963). O feijoeiro possui um sistema radicular desenvolvido, que o ajuda a extrair nutrientes e água do solo de forma eficiente (Costa, 2023). Além disso, as leguminosas, incluindo o feijão, apresentam uma relação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, que auxiliam na fixação de nitrogênio, contribuindo para a fertilidade do solo e a sustentabilidade da agricultura (Hungria; Neves, 1986).

Devido ao seu ciclo fenológico mais curto, a cultura do feijoeiro permite que seu plantio seja adequado de acordo com as demais culturas implantadas num mesmo ano agrícola, existindo, no Brasil, 3 safras de feijão, uma cultivada entre agosto e dezembro, outra entre janeiro e abril e a terceira entre maio e julho (CONAB, 2025). No Rio Grande do Sul, o feijão pode ser semeado em duas épocas distintas, a 1ª safra cuja semeadura é realizada na primavera

e a safrinha cuja semeadura é realizada no verão. A primeira safra tende a proporcionar melhor produtividade e grãos maiores (Bevilaqua *et al.*, 2021).

Embora o feijão faça parte da dieta de boa parte da população brasileira e o ciclo da cultura seja bastante pequeno, até 2021 não se tinha expectativa de aumento de área cultivada no Brasil (Coêlho, 2021). Essa oposição à produção de feijão se deve, muito provavelmente, à dificuldade da manutenção da produção durante o seu ciclo visto que o rendimento da cultura é diretamente afetado pela condição hídrica do solo (Oliveira *et al.*, 2018).

A cultura do feijoeiro é de fundamental importância econômica, especialmente no Brasil, onde ocupa um papel central na alimentação da população. Em 2024, o Brasil produziu cerca de 3 milhões de toneladas de feijão, posicionando-se como um dos maiores produtores do mundo (CONAB, 2024). A estimativa para a safra de 2024/25 é 3,29 milhões de toneladas, representando um aumento de mais de 10% em relação ao ano de 2021 (CONAB, 2025).

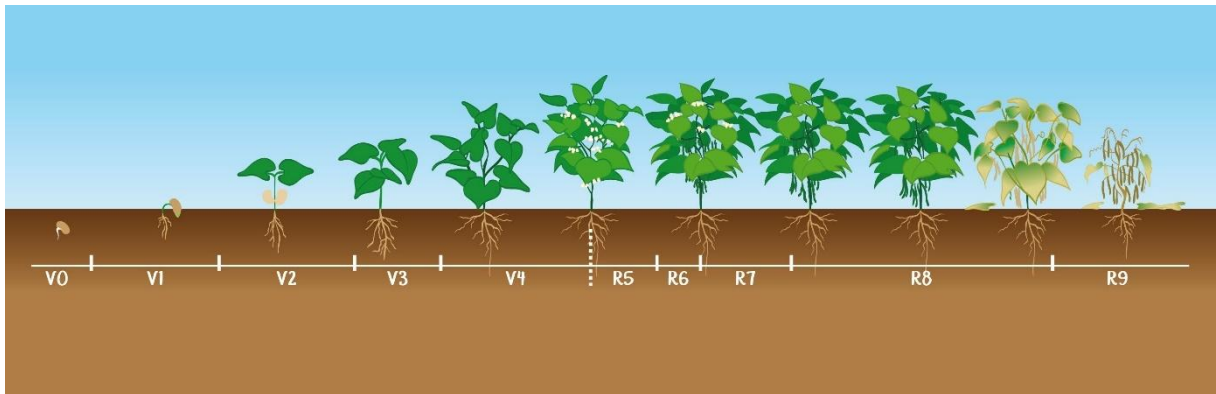
O feijão é uma das principais fontes de minerais e proteína vegetal no país, com um consumo médio per capita de aproximadamente 12 kg por ano (Chaves; Bassinello, 2017; Wander; Silva, 2023a). Sua produção gera empregos diretos e indiretos, movimentando a economia rural e contribuindo para a segurança alimentar, sendo feita majoritariamente por produtores familiares (Coêlho, 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores de feijão do mundo, destacando-se na produção de variedades como o feijão preto e o feijão carioca (Coêlho, 2023; Senar, 2020). As regiões Centro-Oeste e Sudeste são as principais responsáveis pela produção, com destaque para os estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo (Wander; Silva, 2023b). A produção de feijão no Brasil tem se mostrado resistente em face de problemas como pragas, doenças e variações climáticas. A pesquisa e o desenvolvimento de novas variedades têm contribuído para aumentar a produtividade e a resistência das plantas (Coêlho, 2017).

As plantas de feijoeiro podem ter hábitos de crescimento determinado ou indeterminado, tendo influência na estrutura e ramificação do caule. Além disso, as plantas são classificadas em 4 tipos. Os cultivares do tipo I geralmente têm um período de florescimento mais curto do que os demais, sendo frequentemente mais precoces. O tipo II é caracterizado por ter mais de 12 nós na haste principal, sendo conhecido como ramo curto. Em contraste, os cultivares do tipo III possuem hastes mais robustas, com um maior número de nós e internódios mais longos em relação ao tipo II. As plantas do tipo IV são trepadeiras e apresentam um florescimento amplo, mostrando desde flores abertas até vagens maduras simultaneamente (Oliveira *et al.*, 2018; Santos; Gavilanes, 2011).

A produção de feijão tem duas fases distintas: a fase vegetativa e a fase reprodutiva (figura 1). Na fase vegetativa, a planta concentra sua energia na formação de biomassa e na captação de luz, priorizando a formação de folhas e raízes (Didonet, 2023). Durante a fase vegetativa, que abrange os estádios V0 a V4, o feijoeiro apresenta um crescimento significativo, caracterizado pelo crescimento das estruturas de sustentação.

**Figura 1** - Escala fenológica do feijoeiro proposta pela Embrapa Arroz e Feijão.



*Fonte: Oliveira, Sarmento e Oliveira (2023)*

A germinação (V0) marca o início do ciclo, onde a semente se desenvolve em solo úmido e os cotilédones emergem. À medida que a planta avança para os estádios de emergência (V1) e desenvolvimento das folhas primárias (V2), a capacidade de fotossíntese aumenta, promovendo a acumulação de biomassa. Nos estádios V3 e V4, as folhas trifolioladas se abrem completamente e começam a surgir os primeiros ramos secundários, o que contribui para o aumento da área foliar e, conseqüentemente, para a absorção de luz solar. (Oliveira *et al.*, 2018).

Já a fase reprodutiva, que abrange os estádios R5 a R9, é crítica para a definição do rendimento, nela a planta faz a translocação de fotoassimilados, água e nutrientes essenciais à formação das flores, vagens e grãos (Didonet, 2023).

O estágio R5, marcado pela pré-floração, inicia-se com o desenvolvimento dos primeiros ramos secundários e o surgimento dos botões florais. À medida que a floração (R6) ocorre, a planta apresenta 50% das flores abertas, e a polinização é essencial para a formação das vagens. No estágio R7, as flores fecundadas dão origem às vagens, que começam a se desenvolver e crescer longitudinalmente. O enchimento das vagens (R8) é um momento crítico, onde a planta acumula nutrientes e água, culminando na maturação das sementes (R9), quando as vagens secam e adquirem características específicas da cultivar (Oliveira *et al.*, 2018).

A gestão da água e dos nutrientes deve ser feita de forma correta durante todo o ciclo da planta pois qualquer deficiência durante a fase vegetativa pode afetar o crescimento da planta e sua capacidade de enfrentar os desafios da fase reprodutiva ao assim como qualquer estresse

hídrico ou nutricional durante os estádios reprodutivos pode levar à queda de flores e vagens, comprometendo significativamente o rendimento final da cultura (Oliveira *et al.*, 2018).

A produção de feijão é altamente influenciada por diversos fatores climáticos, que desempenham papéis cruciais ao longo do ciclo da planta. Entre esses fatores, a temperatura do ar, a radiação solar, a precipitação pluvial e o vento se destacam por sua relevância na determinação da produtividade (Silva; Heinemann, 2023).

A temperatura do ar é um fator determinante para o crescimento da planta. A faixa ideal para a produção de feijão varia entre 17°C e 25°C, com temperaturas em torno de 28°C sendo ótimas para a germinação. No entanto, temperaturas acima de 35°C durante a floração podem prejudicar o rendimento, assim como temperaturas abaixo de 12°C, que podem levar ao abortamento de flores. A temperatura ideal durante a floração é de 21°C, e valores elevados durante a noite também podem impactar negativamente o rendimento (Silva; Heinemann, 2023).

Além disso, radiação solar é um aspecto fundamental para a fotossíntese, com a eficiência desse processo dependendo não apenas da quantidade e intensidade da radiação recebida, mas também da estrutura do dossel da planta. Além disso, é importante notar que o fotoperíodo não exerce uma influência significativa no crescimento do feijoeiro. (Silva; Heinemann, 2023).

### **2.1.2 Cultivo do feijoeiro em sequeiro**

A produção em sequeiro refere-se ao cultivo de plantas sem a utilização de irrigação, dependendo exclusivamente da água da chuva para o desenvolvimento das culturas (Quaranta, 1999). Essa prática é comum em regiões onde há escassez de água ou em situações de impossibilidade de implantação de irrigação, além de ser a opção mais tradicional de cultivo. No Brasil, o cultivo de grãos em sequeiro é uma prática regular, principalmente em pequenas áreas de agricultura familiar e em áreas de relevo desuniforme.

Entretanto, a produção em sequeiro enfrenta diversas dificuldades. A variabilidade climática é um dos principais desafios, já que as chuvas podem ser irregulares, tanto em volume quanto em distribuição, levando a períodos de seca prolongada ou a excessos que causam alagamentos (Vivan *et al.*, 2015). Outro fator é a maior suscetibilidade a pragas e doenças, já que as plantas estressadas são mais vulneráveis (Campos; Santos; Nacarath, 2021).

O rendimento do feijoeiro é altamente dependente das condições de umidade do solo. A escassez ou o excesso de água em diferentes etapas do ciclo da planta podem ocasionar perdas na produtividade de várias formas. As fases de floração e formação das vagens são

especialmente vulneráveis à falta de água. Quando há estresse hídrico durante a abertura das flores, a taxa de formação das vagens diminui, se o estresse ocorrer na fase de formação das vagens, pode haver abortamento dos óvulos, resultando em vagens vazias. Por outro lado, o excesso de água também afeta negativamente o crescimento da planta e a produtividade, com a fase inicial da frutificação sendo particularmente sensível à falta de oxigenação no solo (Stone; Silveira, 2023).

A necessidade hídrica do feijoeiro varia ao longo de seu ciclo, sendo particularmente crítica durante a floração e a formação das vagens. A deficiência hídrica nesse período pode impactar severamente a produtividade, comprometendo o desenvolvimento das flores e vagens (Oliveira *et al.*, 2018). O feijão precisa de cerca de 300 mm de água ao longo de todo o ciclo e o vento pode aumentar a demanda de água das plantas, tornando-as mais suscetíveis à estiagem (Silva; Heinemann, 2023).

Em condições de sequeiro, a produção média de feijão pode variar bastante, mas, em geral, a produtividade é mais baixa do que em sistemas irrigados (Rodrigues; Althoff, 2019). Em sequeiro, o feijão preto, muito popular na culinária brasileira, pode sofrer reduções de produtividade superiores a 50% do potencial produtivo (Vivan *et al.*, 2015).

Além disso, a produção em sequeiro pode influenciar negativamente na qualidade do material produzido. Em estudo realizado por Ramos *et al.* (2017), constatou-se que a qualidade fisiológica das sementes de feijão comum em cultivo irrigado foi superior quando comparado às cultivadas em sequeiro. O lote proveniente de área irrigada apresentou maior percentual de germinação, maior peso de mil sementes, menor condutividade elétrica e maior vigor, todos parâmetros desejáveis no aspecto da qualidade fisiológica de sementes.

Assim, a produção de feijão em sequeiro é essencial para a segurança alimentar em várias regiões do Brasil, mas é desafiadora devido à dependência das condições climáticas e à sensibilidade do feijão ao déficit hídrico (Viçosi *et al.*, 2017). Investimentos em técnicas de manejo e pesquisa para o desenvolvimento de variedades mais resistentes são cruciais para melhorar a produtividade e a qualidade da produção.

### **2.1.3 Cultivo do feijoeiro irrigado**

A irrigação é um método de fornecimento controlado de água às plantas, fundamental para o desenvolvimento adequado das culturas agrícolas quando a precipitação não é suficiente para suprir sua necessidade hídrica. Essa prática se torna crucial em regiões onde a precipitação não é suficiente para atender às necessidades hídricas das plantas, permitindo que elas cresçam em condições ideais (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

A importância da irrigação na agricultura é evidente em vários aspectos. Primeiramente, ela aumenta a produtividade, viabilizando colheitas mais abundantes (Silva; Neves, 2011). Também, a irrigação contribui para a segurança alimentar, especialmente em períodos de seca, além de possibilitar o cultivo em diferentes estações do ano, diversificando a produção agrícola (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

Entre as vantagens da irrigação, destaca-se o maior controle sobre a umidade do solo, permitindo ajustes precisos conforme as necessidades das plantas. Outro benefício é a redução da erosão do solo, uma vez que sistemas de irrigação bem planejados ajudam a manter a estrutura do solo (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

Por outro lado, existem desvantagens a serem consideradas. O custo inicial para a instalação de sistemas de irrigação pode ser elevado, o que pode desestimular alguns agricultores. Além disso, a dependência de recursos hídricos pode levar à escassez de água em determinadas regiões, se não for bem gerida. Por fim, a umidade excessiva pode favorecer o desenvolvimento de pragas e doenças nas plantas, exigindo cuidados adicionais (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

A escolha do sistema de irrigação mais adequado é um fator determinante para a eficiência da produção agrícola, influenciando diretamente o aproveitamento dos recursos hídricos, o desempenho das culturas e a sustentabilidade do sistema produtivo. A decisão correta deve considerar variáveis como tipo de solo, clima, topografia, cultura implantada, disponibilidade de água e condições econômicas do produtor. Um sistema de irrigação bem planejado e executado possibilita o fornecimento de água na quantidade e frequência ideais, contribuindo para o desenvolvimento pleno das plantas e para o aumento da produtividade agrícola (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

O sistema de aspersão convencional destaca-se entre as opções de irrigação pela sua ampla aplicabilidade e simplicidade estrutural. Seu funcionamento baseia-se na simulação da chuva natural, promovendo a distribuição da água por meio de aspersores acoplados a uma rede de tubulações. A estrutura básica é composta por motobomba, linha de sucção, linha de recalque, linha principal, linha secundária, conexões e aspersores. A uniformidade na distribuição da água e a capacidade de cobrir áreas extensas tornam esse sistema uma alternativa viável para diversas culturas (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

Dentre as principais características do sistema de aspersão convencional, destacam-se a flexibilidade de adaptação a diferentes tipos de terrenos e culturas, a possibilidade de controle da lâmina de irrigação e a facilidade de automatização, quando comparado a outros métodos. Contudo, fatores ambientais, como o vento e a radiação solar, podem afetar a eficiência do

sistema, aumentando perdas por evaporação e dificultando a uniformidade da aplicação. Por isso, é essencial um manejo adequado, com horários de irrigação estratégicos e manutenção constante dos equipamentos (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

Além da escolha de um sistema de irrigação eficiente, é imprescindível o entendimento dos fatores físico-hídricos do solo para garantir um manejo racional da água. As características do solo, como textura, estrutura, porosidade e capacidade de retenção de água, influenciam diretamente o movimento da água no perfil e a sua disponibilidade para as plantas. O desconhecimento desses atributos pode levar à aplicação inadequada de água, resultando em desperdício, baixa eficiência do sistema e, conseqüentemente, perdas na produtividade (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

A textura do solo, por exemplo, determina a capacidade de infiltração e retenção de água. Solos arenosos apresentam maior velocidade de infiltração, porém baixa capacidade de armazenamento, exigindo irrigações mais frequentes e em menor volume. Por outro lado, solos argilosos retêm mais água, mas têm menor taxa de infiltração, necessitando de um manejo cuidadoso para evitar encharcamento e perdas por percolação profunda. O conhecimento da profundidade efetiva das raízes também é essencial para que a lâmina de irrigação atenda à zona de maior absorção de água pelas plantas (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

Para alcançar maior eficiência no uso da água, o manejo da irrigação deve considerar tanto as características do solo quanto as exigências hídricas específicas das culturas. A irrigação eficiente vai além da tecnologia empregada; ela exige planejamento, conhecimento técnico e monitoramento contínuo. Evitar o desperdício de água não apenas reduz os custos operacionais, mas também previne a lixiviação de nutrientes, a compactação do solo e outros impactos ambientais negativos. Dessa forma, o domínio dos fatores físico-hídricos do solo e o manejo adequado da irrigação são fundamentais para garantir a sustentabilidade e o sucesso da atividade agrícola irrigada (Bernardo; Soares; Mantovani, 2008).

A demanda de água para o cultivo do feijoeiro varia entre 250 mm e 350 mm por ciclo, sendo crucial em fases específicas, como floração e enchimento de grãos. A quantidade de água necessária aumenta em momentos críticos do ciclo, destacando-se desde o início da fase reprodutiva até o enchimento das vagens (Oliveira *et al.*, 2018). Essa informação é essencial para o manejo da irrigação, permitindo que os produtores ajustem a quantidade de água de acordo com as necessidades da planta em cada fase.

Embora a vulnerabilidade do feijoeiro à deficiência hídrica se estenda por quase todo o período reprodutivo, a intensidade dos danos causados pela deficiência hídrica depende da duração, da intensidade, da frequência e da época de ocorrência. Os períodos de maior perda da

produtividade estão entre a pré-floração e o enchimento de vagens chegando à 38% de perda de produtividade na floração plena. Além disso, a deficiência hídrica também prejudica o desenvolvimento geral da planta, levando a uma menor formação de vagens e menor qualidade dos grãos (Oliveira *et al.*, 2018).

Assim, a produção de feijão irrigado traz vantagens significativas. Esse tipo de cultivo geralmente apresenta um aumento na produtividade, com rendimentos superiores em comparação ao feijão que depende apenas de precipitações (Rodrigues; Althoff, 2019). O controle de pragas e doenças também é mais eficiente, já que a irrigação permite gerenciar o estresse hídrico e a umidade de maneira adequada. Além disso, a qualidade dos grãos tende a ser superior, produzindo mais vagens por planta e grãos por vagem (Torres *et al.*, 2013).

#### **2.1.4 Impacto de diferentes populações de plantas sobre o cultivo**

A população de plantas por unidade de área é um fator agronômico de grande relevância para o sucesso do cultivo, influenciando diretamente o aproveitamento dos recursos disponíveis e, conseqüentemente, a produtividade da lavoura. A densidade ideal de plantas permite uma interceptação mais eficiente da radiação solar, melhor cobertura do solo, aproveitamento adequado da água e dos nutrientes (Soratto *et al.*, 2011; Tourino; Rezende; Salvador, 2002).

No entanto, desvios em relação à densidade populacional ideal podem acarretar sérios prejuízos ao cultivo. Populações excessivamente elevadas promovem competição intensa entre as plantas por luz, água e nutrientes, resultando em indivíduos com menor desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, além de favorecerem o surgimento de doenças devido à redução da circulação de ar entre as plantas. Em contrapartida, populações muito baixas levam à subutilização do espaço e dos recursos do ambiente, o que reduz a produtividade por área e pode elevar os custos de produção por unidade colhida (Dourado Neto *et al.*, 2003).

O ajuste da densidade populacional de plantas deve considerar diversos fatores, como as características da cultura, a cultivar utilizada, o tipo de solo, as condições climáticas da região e o sistema de manejo adotado. A definição do espaçamento entre linhas e entre plantas, assim como a densidade final desejada, deve ser orientada por estudos técnicos e experimentações em campo (Marques; Lin, 1982). Dessa forma, o manejo adequado da população de plantas representa uma prática agronômica essencial para otimizar o desempenho das culturas e garantir a eficiência e a sustentabilidade do sistema produtivo.

No cultivo do feijão-comum especificamente, Mondo e Nascente (2017) encontraram que o aumento da população de plantas proporcionou redução na massa de matéria seca, no número de vagens por planta, no número de grãos por vagem, na massa de 100 grãos e na

produtividade de grãos. Além disso, Guidolin *et al.* (1998) estudaram a semeadura tardia do feijoeiro e concluíram que o aumento da população e a redução do espaçamento entre linhas aumentaram o rendimento de grãos para uma das cultivares estudadas no trabalho. Assim, pode-se inferir que a população de plantas tem influência direta sobre a quantidade e qualidade da produção de feijão.

### **2.1.5 Qualidade das sementes**

A qualidade das sementes é um fator crucial para o sucesso de uma lavoura, impactando diretamente o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Sementes de boa qualidade são aquelas que apresentam características que garantem uma boa germinação e vigor, além de resistência a pragas e doenças (Guimarães *et al.*, 2006 *apud* Amaro *et al.*, 2014). Além disso, sementes de alta qualidade contribuem para uma emergência uniforme das plantas no campo, o que favorece o manejo da cultura e reduz a necessidade de replantio, resultando em menor custo de produção e maior eficiência agrônômica (Oliveira; Breseghello; Costa, 2023).

A qualidade física das sementes refere-se às características visíveis e mensuráveis, como tamanho, forma, cor, peso e pureza (Silva, 2013). Essas características são importantes porque sementes bem desenvolvidas tendem a ter melhores taxas de germinação e a se estabelecerem de forma mais eficaz no solo (Nascimento; Dias; Silva, 2011). A análise física geralmente inclui a verificação de impurezas, a determinação do peso de mil sementes e a avaliação do estado geral das sementes (Silva, 2013).

Por outro lado, a qualidade fisiológica diz respeito à capacidade das sementes de germinar e crescer sob condições adequadas. A análise fisiológica envolve testes de germinação em diferentes condições de temperatura e umidade estabelecendo o desempenho do lote após a semeadura (Brasil, 2009).

Como o feijoeiro é uma cultura muito sensível ao déficit hídrico, é evidente que as sementes também são grandemente afetadas pela falta de água. Os principais efeitos encontrados na semente do feijoeiro submetido à estresse hídrico além do baixo rendimento de grãos e do déficit no enchimento das vagens, são a dificuldade no enchimento dos grãos e o valor de nutrientes menor (Campos; Santos; Nacarath, 2021).

A análise de qualidade das sementes permite que os agricultores escolham sementes com alta taxa de germinação e vigor, resultando em uma maior uniformidade e produtividade das lavouras (Coelho *et al.*, 2019). Sementes de qualidade também contribuem para a resistência a doenças e pragas, reduzindo a necessidade de defensivos agrícolas e, conseqüentemente, os custos de produção (Martins *et al.*, 2016).

A análise da qualidade da semente pode ser realizada por meio de diversos testes, sendo que os principais para qualidade física são peso de mil sementes e peso hectolitro (PH), para a qualidade fisiológica o teste de germinação e para a determinação do vigor a emergência em canteiros, o comprimento de plântulas e a massa seca.

O peso de mil sementes é adquirido por meio do peso de uma amostra que contenha mil sementes, sendo que este é utilizado para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza, quando não especificado nas RAS. É uma informação que dá ideia do tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade (Brasil, 2009).

A determinação do peso hectolitro consiste em estabelecer o peso de um determinado volume de sementes. O PH é uma característica varietal influenciada pelo clima, solo, adubação, sistema de culturas, ocorrência de insetos e de doenças, maturidade da semente, beneficiamento, grau de umidade da semente e tratamento químico. A análise é realizada em duas repetições retiradas da amostra média. No entanto, como o peso hectolitro de uma amostra varia de acordo com o teor de água das sementes, a determinação do grau de umidade deve ser realizada (Brasil, 2009).

O teste de germinação serve para determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, que pode ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes e também estimar o valor para semeadura em campo. Nesse sentido, a germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (Brasil, 2009).

A emergência em canteiro se baseia no plantio direto da semente no solo em canteiros preparados e em condições ambientais e tem como objetivo verificar a germinação das sementes após passarem pelas condições de campo (Figueredo; Netto, 2010).

O comprimento das plântulas indica a capacidade da semente de germinar e desenvolver-se adequadamente. Para determiná-lo, a raiz primária e a parte aérea das plântulas normais são medidas com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em cm plântula (Guedes, 2015).

A definição da massa seca das plântulas indica o vigor da semente. Sementes de maior qualidade tendem a dar origem a plântulas com maior massa seca. Além disso, a massa seca fornece informações sobre o potencial de crescimento e desenvolvimento das plantas. O teste é realizado por meio da secagem das plântulas obtidas do teste de germinação (Matos, 2021).

Utilizar sementes de alta qualidade física e fisiológica é essencial para alcançar resultados positivos na lavoura (Martins *et al.*, 2016). Sementes de qualidade também tendem a oferecer melhor resistência a condições adversas, como seca ou excesso de umidade, diminuindo as perdas em situações climáticas desfavoráveis (Coelho *et al.*, 2019).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Produção de sementes no campo

#### 2.2.1.1 Delineamento experimental

A produção das sementes foi conduzida em parcelas com delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema bifatorial onde o fator A consistiu em três diferentes densidades de semeadura (200, 250 e 300 mil sementes por hectare), e o fator B foi composto pelo manejo hídrico (irrigado e sequeiro). As parcelas de sequeiro mediam 2,7 m de largura por 14 m de comprimento enquanto as parcelas irrigadas mediam 2,7 m de largura por 24 m de comprimento.

#### 2.2.1.2 Localização e clima da área de produção

As sementes foram produzidas na área agrícola do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá na safra de 2023/24 (figura 2). A área está situada em latitude de 28°38'58" S e longitude de 53°06'14" W, com altitude de cerca de 400 metros acima do nível do mar (IFRS, 2023). Conforme a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região caracteriza-se como "Cfa" subtropical úmido, com estações bem definidas e precipitações abundantes bem distribuídas ao longo do ano, com média anual aproximada de 1650 mm. A temperatura média do município é de 19,1°C. De acordo com Streck *et al.* (2008), o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, pertencente à unidade de mapeamento Cruz Alta.

**Figura 2** - Área do experimento marcada pelo quadrado vermelho



*Fonte: IFRS (2023).*

#### 2.2.1.3 Cultivar

A cultivar implantada foi a IPR Tuiuiú (feijão preto), tendo destaque por sua ampla adaptação e alto potencial produtivo. A cultivar possui porte ereto, com altura média de cobertura de 60 cm, que possibilita a colheita mecânica. Além disso, dispõe de média tolerância à altas temperaturas e à seca. Seu ciclo médio da emergência ao florescimento é de 43 dias, e à maturação e colheita é de 88 dias (IAPAR, 2014).

#### 2.2.1.4 Semeadura

A semeadura foi realizada no dia 26 de outubro de 2023, utilizando o sistema de semeadura “plantio direto” sobre restos culturais de aveia branca e ervilhaca, com a semeadora-adubadora Phanter SM 7000 da marca Vence Tudo, regulada com espaçamento entre linhas de 45 cm. No momento da semeadura foi realizada a adubação de base com 325 kg/ha de NPK com formulação 05-20-20.

#### 2.2.1.5 Manejo de irrigação

Para suplementação de água, foi usado um sistema de irrigação por aspersão convencional, com aspersores Agropolo NY-25 espaçados a cada 12 metros, com uma taxa de aplicação de 9,42 mm/hora, coeficiente de uniformidade de 90% e coeficiente de distribuição de 85%. A água usada na irrigação era proveniente de uma caixa d'água

localizada próxima à área, com uma bomba centrífuga distribuindo água para o sistema.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi determinada através da Planilha de Cálculo de Evapotranspiração de Referência da Embrapa, onde foram inseridos dados climáticos (temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento e radiação global) disponíveis no site do INMET para obter-se o valor da ET<sub>o</sub> diária da cultura. Os dados foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automática presente no próprio campus, a cerca de 150 metros do local de realização do trabalho.

A evapotranspiração da cultura foi determinada através da multiplicação da ET<sub>o</sub> e de um coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) disponibilizado pela FAO (Boletim 24 e 56) em que a fase inicial da cultura tem um K<sub>c</sub> de 0,4; a fase intermediária, um K<sub>c</sub> de 1,15; e a fase final, um K<sub>c</sub> de 0,35.

O manejo da irrigação foi realizado com turno de rega variável, tendo como ponto de decisão para aplicação da lâmina de irrigação o momento em que o solo atingisse 90% da capacidade real de água no solo (CRA). Baseando-se em dados de trabalhos previamente realizados nessa mesma área, tinha-se conhecimento de que a CRA era de 88 mm. Assim, quando o solo chegava a 79,2 mm de água armazenada, era realizada a irrigação de reposição.

#### 2.2.1.6 Manejo da cultura

Durante o ciclo da cultura foram realizadas aplicações de produtos fitossanitários nos dias 8 de dezembro de 2023 e 5 de janeiro de 2024. Foram aplicados: 500 ml/ha do herbicida sistêmico Nortox (cletodim) para controle de plantas da família *Poaceae*; 900 ml/ha do fungicida Vessarva (picoxistrobina + benzvindiflupir); 125 ml/ha do inseticida Engeo Pleno S (tiametoxam + lambda-cialotrina) para o controle da *Diabrotica speciosa*.

Além disso foi realizada capina manual nas entrelinhas da cultura para controle de plantas invasoras. Também foram realizadas duas aplicações de ureia, conforme recomendação indicada no Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nos estádios fenológicos V3 e V4 seguindo a fenológica proposta por Fernandez; Gepts; López (1986).

#### 2.2.1.7 Colheita das sementes

As sementes foram colhidas de forma manual, com umidade de 17%, no momento em que 90% das vagens atingiram maturidade fisiológica. Nas parcelas de sequeiro foram colhidos dez metros das duas linhas de semeadura centrais das parcelas, no dia 22 de janeiro de 2024, com área útil de colheita de 4,5 m<sup>2</sup>. Para as parcelas irrigadas foram colhidos vinte metros das duas linhas centrais, no dia 01 de fevereiro de 2024, totalizando 9 m<sup>2</sup> de área útil. Houve

diferença nos dias de colheita para as parcelas de diferentes condições hídricas devido ao atraso na maturação das plantas sob irrigação, por ter hábito de crescimento indeterminado, ao receber irrigação, as plantas se desenvolveram por mais tempo e demoraram mais para atingir o ponto de colheita.

## 2.2.2 Análises da qualidade física

### 2.2.2.1 Peso de mil sementes

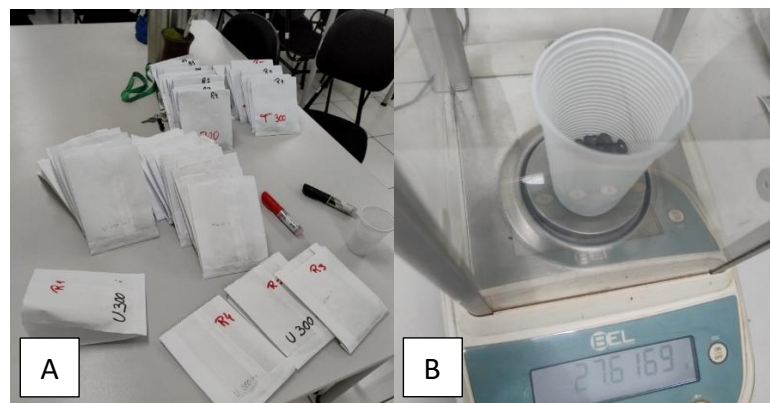
A análise do peso de mil sementes foi conduzida no dia 23 de abril de 2024. De acordo com as Regras para Análise de Sementes, o peso de mil sementes foi determinado a partir de uma amostra de 800 sementes (Brasil, 2009).

O processo se iniciou com a utilização de um tabuleiro para contagem de 50 sementes para a separação de subamostras contendo 100 sementes para cada um dos tratamentos (densidade semeadura + manejo hídrico). Para cada tratamento foram realizadas 8 repetições para alcançar a determinação de 800 sementes necessárias para a definição do peso de mil sementes.

Depois de separadas e etiquetadas todas as subamostras, realizou-se a pesagem de cada uma delas em uma balança de precisão (figura 3). Com essa informação, realizou-se uma regra de três para a determinação do peso de mil sementes de cada repetição posteriormente, fez-se uma média para determinação do peso de mil sementes de cada tratamento.

Utilizando o analisador de umidade e impureza realizou-se a aferição da umidade das sementes, encontrando o valor de 13% de umidade, não havendo necessidade de correção para obtenção dos dados.

**Figura 3.** Separação e etiquetagem das subamostras (A). Pesagem de uma subamostra na balança de precisão (B).

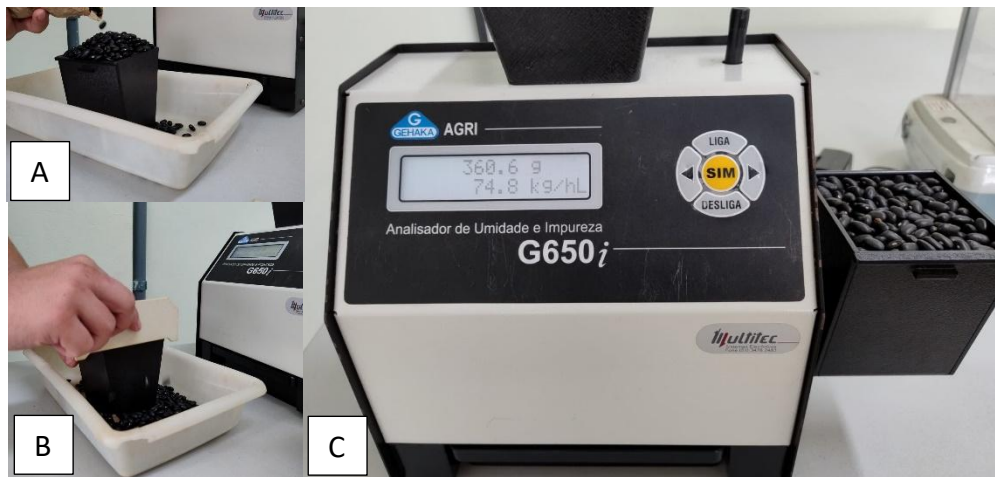


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### 2.2.2.2 Peso hectolitro

O teste do peso específico das sementes de feijão foi conduzido no dia 26 de abril de 2024 de acordo com as regras para análise de sementes estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009). Para determinar o peso hectolitro, utilizou-se um analisador de umidade e impureza, da marca *Multitec*, modelo G650i (figura 6C).

**Figura 4** - Alocação das sementes no recipiente de volume conhecido (A). Nivelamento das sementes com a superfície do recipiente (B). Determinação do peso hectolitro (C).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Primeiramente selecionou-se a cultura do feijão, variedade feijão preto, no painel do aparelho e posteriormente o teste a ser realizado. Em seguida, encheu-se o recipiente de volume conhecido com sementes da subamostra até que ele transbordasse, com uma régua retirou-se o excesso de sementes. Colocou-se o recipiente na balança e, a partir da densidade conhecida, o aparelho determinou o peso hectolitro de forma instantânea (figura 6). Para elaboração dos resultados, foram realizadas quatro repetições de cada tratamento para posterior processamento e elaboração das médias.

## 2.2.3 Análises da qualidade fisiológica

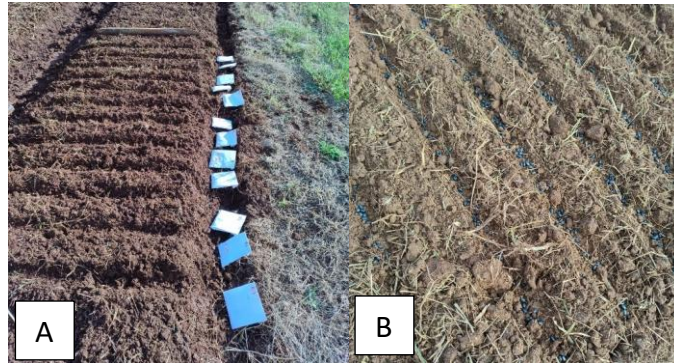
### 2.2.3.1 Emergência em canteiro

A metodologia utilizada para a determinação da emergência de plântulas foi adaptada do livro “Vigor de sementes: conceitos e testes” (Krzyzanowski *et al.*, 2020).

A implantação dos canteiros foi realizada no dia 25 de abril de 2024. As amostras foram retiradas da mesma forma que as amostras para determinação do peso de mil de sementes completando 800 sementes por tratamento.

A linha de sementeira foi feita com o auxílio de um instrumento de madeira adaptado, criando-se uma cova de aproximadamente 3 a 4 centímetros de profundidade. A sementeira foi realizada manualmente e de forma perpendicular ao sentido do canteiro (figura 4).

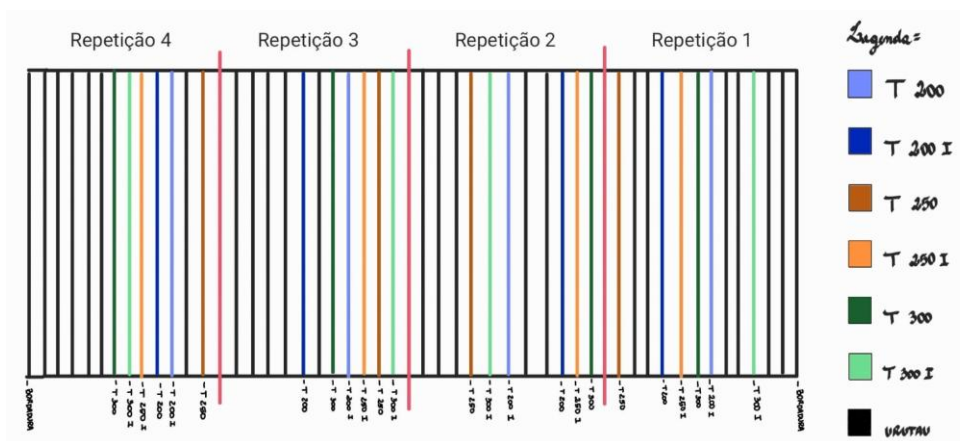
**Figura 5** - Linhas de sementeira (A). Distribuição das sementes na linha (B).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Cada linha de sementeira foi considerada uma unidade experimental constituída por 100 sementes. Para separação do canteiro foram definidas as áreas de cada repetição, e dentro de cada repetição foi sorteada a ordem de implantação de cada tratamento (figura 5). Além disso, as duas linhas de cada ponta do canteiro foram definidas como linhas de bordadura e desconsideradas durante as avaliações realizadas para que não houvesse vantagem quanto à competição por espaço e luz.

**Figura 6** - Croqui de distribuição das repetições no canteiro



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

As avaliações de emergência foram conduzidas no dia 08 de maio de 2024, 14 dias após a sementeira: realizou-se a contagem de quantas plantas haviam emergido em cada uma das unidades experimentais. Depois de obtidas as informações de emergência para cada uma das repetições, foram calculadas as médias para definição da emergência de cada tratamento.

### 2.2.3.2 Comprimento de plântulas

A metodologia utilizada para a determinação do comprimento de plântulas foi adaptada do livro “Vigor de sementes: conceitos e testes” (Krzyzanowski *et al.*, 2020).

No dia em que o teste de emergência em canteiro foi avaliado (08/05/2024) também foram coletadas amostras para determinação do comprimento de plântula. De cada linha de semeadura foram retiradas, de forma aleatória, 10 plantas do meio da carreira, evitando-se a bordadura. As plântulas foram coletadas com a ajuda de uma enxada para evitar danos à raiz e depois foram lavadas e identificadas (figura 7).

**Figura 7** - Seleção de plântulas no canteiro (A). Lavagem das plântulas (B). Plântulas etiquetadas (C).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

No dia 09 de maio de 2024 realizou-se a medida das plântulas colhidas no dia anterior. Com uma régua, mediu-se da ponta da raiz principal até o ápice de crescimento da plântula. Foram medidas 80 plantas de cada tratamento para composição dos dados.

### 2.2.3.3 Massa seca

Após a avaliação do comprimento das plântulas as mesmas amostras foram utilizadas para determinar a massa seca e a metodologia foi adaptada do livro “Vigor de sementes: conceitos e testes” (Krzyzanowski *et al.*, 2020).

No dia 09 de maio de 2024, selecionou-se, de forma aleatória, 5 plântulas de cada repetição de tratamentos, essas plântulas foram depositadas em envelopes de papel, etiquetadas e acondicionadas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C por 48h para posterior

determinação de massa seca.

Para determinar a massa seca, as plântulas foram retiradas da estufa e colocadas em câmara com sal por 5 minutos para estabilização da umidade. Em seguida, realizou-se a pesagem com uma balança de precisão (figura 8).

**Figura 8** - Plântulas envelopadas na estufa (A). Plântula em câmara com sal (B). Plântula sendo pesada em balança de precisão (C).



*Fonte: Elaborado pelo autor (2024)*

#### 2.2.3.4 Teste de germinação

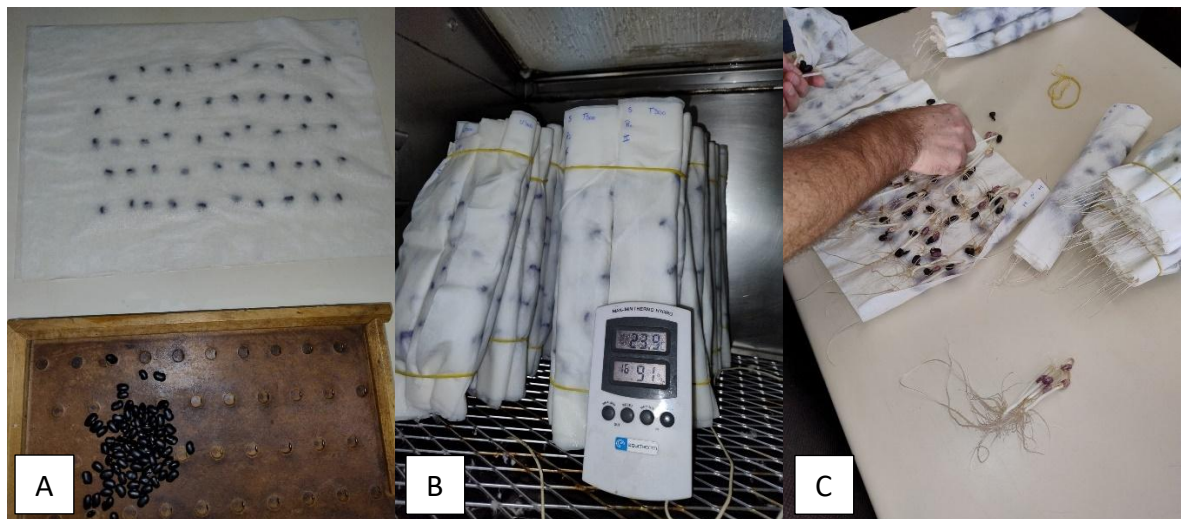
O teste de germinação foi dividido em duas etapas, primeiro realizaram-se 2 repetições de cada um dos manejos e num segundo momento realizaram-se as outras 2 repetições necessárias. As regras para análise de sementes determinam que o teste de germinação deve ser realizado com, pelo menos, 400 sementes (Brasil, 2009). Assim, definiram-se quatro repetições de duas subamostras de 50 sementes para cada tratamento.

O primeiro passo para realização do teste de germinação foi a limpeza e assepsia (com álcool 70%) do germinador, das mesas e bancadas, do tabuleiro de contagem de sementes e dos demais materiais necessários. Em seguida, foram organizados e etiquetados os papéis germitest para cada uma das repetições. Cada repetição é composta por dois papéis na base e mais um papel para cobrir a semente.

Os papéis foram pesados em balança de precisão para determinar a quantidade de água necessária para o umedecimento do papel. O recomendado para a cultura do feijão é que o papel germitest seja umedecido com 3 vezes o peso do papel em água destilada.

Depois da distribuição das sementes no papel, elas foram cobertas com mais um papel germitest, enroladas e asseguradas com um elástico, umedecidas com água destiladas e colocadas no germinador onde permaneceram por 9 dias (figura 9).

**Figura 9** - Distribuição das sementes no papel germitest (A). Repetições no germinador à temperatura de 23,9°C e umidade de 91% (B). Análise do teste de germinação (C).



*Fonte: Elaborado pelo autor (2024)*

No germinador, as sementes ficaram acondicionadas a temperaturas próximas aos 25° Celsius e umidade do ar próxima aos 90%, o que forneceu condições ideais para seu processo germinativo. As primeiras duas repetições foram colocadas no germinador no dia 01 de maio de 2024.

O processo de contagem foi realizado em duas etapas, com a contagem de sementes germinadas após quatro e nove dias no germinador. A avaliação das plântulas foi feita pela observação e análise visual de suas estruturas iniciais, sendo elas a radícula (bem desenvolvida, sem lesões ou curvaturas), o hipocótilo (reto ou ligeiramente curvo, íntegro e robusto), cotilédones (íntegros, sem manchas ou deformações) e plúmulas (bem desenvolvidas e sem deformação).

A primeira contagem das repetições 1 e 2 ocorreu no dia 06 de maio de 2024. Plântulas normais, que apresentavam todas as estruturas essenciais bem formadas e proporcionais foram retiradas do papel germitest e contabilizadas como sementes emergidas. Plântulas com alguma deformidade, tamanho muito inferior as demais e sementes não germinadas foram mantidas no

papel germitest, o qual foi reumidificado com água destilada com uso de borrifadores e colocados novamente no germinador, onde foram acondicionados por mais 4 dias.

A segunda contagem ocorreu no dia 10 de maio de 2024, repetindo o processo com os mesmos critérios de avaliação. As plântulas consideradas como normais foram adicionadas à estatística de sementes germinadas para posterior processamento e elaboração das médias de germinação. Plântulas que apresentavam deformação foram adicionadas e consideradas como sementes não germinadas.

Repetiu-se todo o processo de instalação, cuidados e avaliação para as repetições 3 e 4, sendo colocadas no germinador no dia 10 de maio de 2024. A primeira e segunda contagem ocorreram nos dias 14 e 19 de maio de 2024 respectivamente. Os critérios de avaliação utilizados foram os mesmos, optando-se pela divisão dessa forma somente pelo pouco espaço disponível no germinador e grande demanda de tempo para avaliações.

#### 2.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa computacional SISVAR. Quando significativas às médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e nos casos com tendência foi realizada análise de regressão.

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 2.3.1 Precipitação durante a produção das sementes

Durante o tempo de produção das sementes no campo, o regime de distribuição de precipitações foi irregular, conforme apresentado na tabela 1 (INMET, 2025). O mês de janeiro teve o maior volume de chuva, enquanto dezembro apresentou a menor precipitação do período em questão.

**Tabela 1** - Precipitação acumulada e lâmina de irrigação aplicada na área irrigada durante o ciclo da cultura do feijão em todos os meses de produção, desde a semeadura até a colheita.

Mês	Precipitação (mm)	Lâmina aplicada (mm)
Outubro	99,6*	0,0
Novembro	327,0	9,4
Dezembro	121,4	51,6
Janeiro	238,6	28,2
<b>Total</b>	<b>786,6</b>	<b>89,2</b>

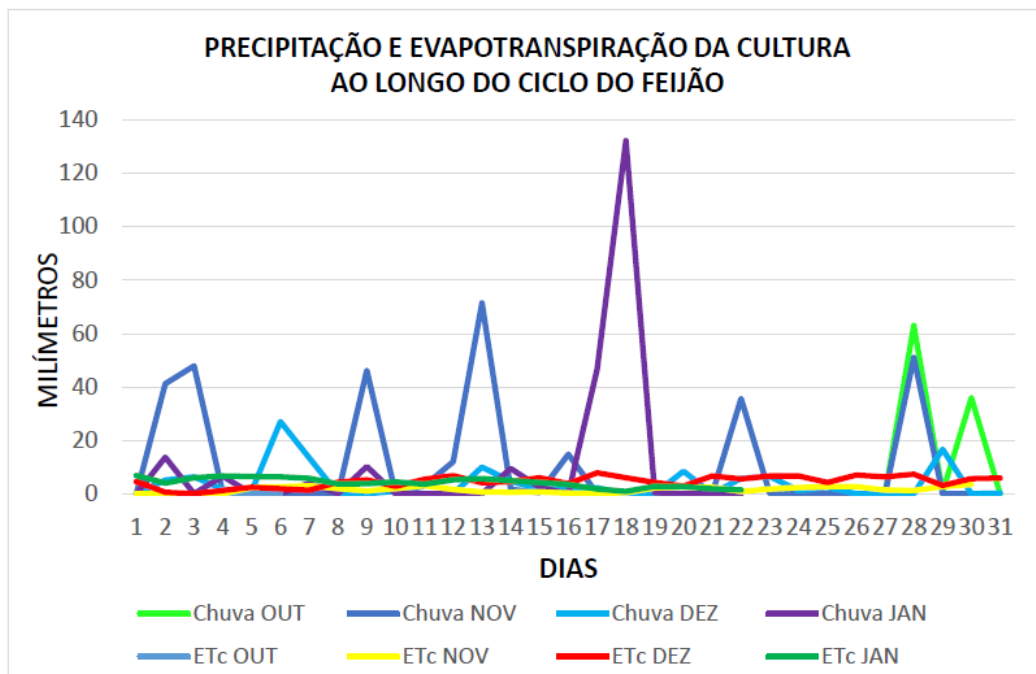
\*Precipitação referente ao período de 26 a 30 de outubro.

Observa-se que, apesar da precipitação total registrada ter sido superior à necessidade hídrica média da cultura de aproximadamente 300 mm, a distribuição irregular das chuvas ao longo do ciclo exigiu a complementação com irrigação, especialmente nos meses de dezembro e janeiro (Silva; Heinemann, 2023). A lâmina total aplicada via irrigação representa cerca de 29,7% da necessidade hídrica estimada para o ciclo do feijoeiro.

Esse aporte hídrico complementar foi essencial para suprir os períodos de déficit hídrico e garantir o desenvolvimento adequado da cultura, evidenciando a importância do uso da irrigação como estratégia para estabilizar a produção, especialmente em fases críticas do ciclo, como floração e enchimento de grãos. A distribuição de precipitação afetou a qualidade fisiológica das sementes, influenciando os resultados obtidos nos diferentes tratamentos de manejo hídrico para algumas das variáveis avaliadas.

No intervalo de tempo de realização do trabalho, o regime de distribuição das precipitações foi irregular, conforme o observado no gráfico 1.

**Gráfico 1:** – Gráfico representando a distribuição das chuvas e da evapotranspiração da cultura ao longo do ciclo do feijão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Analisando o gráfico da distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura, é possível observar que houve uma distribuição regular durante todo o ciclo, porém, apesar do volume total durante o ciclo do feijão, o volume diário de chuvas não foi tão elevado.

### 2.3.2 Germinação

O manejo hídrico não demonstrou diferença estatística para a variável primeira contagem do teste de germinação conforme apresentado na tabela 2.

**Tabela 2** - Germinação de sementes em primeira contagem para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

Manejo Hídrico	Densidade de Semeadura (sementes/ha)			Média (%)
	200.000	250.000	300.000	
Irigado	89	84	87	87
Sequeiro	90	85	92	89
<b>Média (%)</b>	89	84	87	
<b>Média Geral (%)</b>	88			
<b>CV (%)</b>	4,66			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

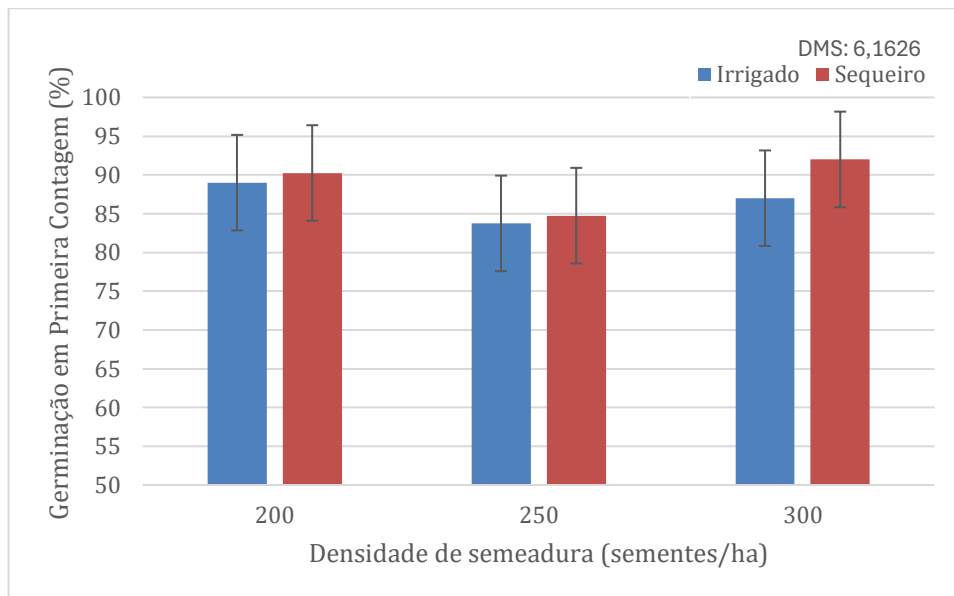
A primeira contagem do teste de germinação, que avalia o vigor inicial das sementes, não apresentou diferença significativa entre os manejos hídricos. Esse resultado pode ser atribuído ao elevado volume de precipitação ao longo do ciclo da cultura, que, mesmo com distribuição irregular, foi suficiente para manter condições adequadas de umidade no solo, evitando estresse hídrico nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas. Tais condições favoreceram uma germinação rápida e uniforme, minimizando a diferença entre os tratamentos sequeiro e irrigado.

Gomes Filho *et al.* (2017), ao avaliarem seis cultivares de feijão-caupi sob manejo irrigado e em condições de deficiência hídrica, observaram que a germinação em primeira contagem foi significativamente influenciada pelo regime hídrico. Três cultivares apresentaram melhor desempenho sob irrigação, enquanto apenas uma cultivar destacou-se em sequeiro. De forma complementar, Ramos *et al.* (2017) também identificaram superioridade na germinação em primeira contagem de sementes provenientes de cultivo irrigado em relação ao sequeiro para o feijão-comum.

Tendo em vista que foram avaliadas apenas três densidades de semeadura, os dados obtidos não foram suficientes para se enquadrarem em uma equação linear, quadrática ou cúbica, assim, a diferença estatística foi medida a partir da diferença mínima significativa (DMS).

A primeira contagem do teste de germinação apresentou diferença significativa para densidade de sementeira. A diferença mínima significativa (DMS) para as densidades é de 6,16 e as densidades de 300 e 200 mil sementes por hectare em cultivo de sequeiro apresentaram diferença quando comparadas à densidade de 250 mil sementes por hectare conforme apresentado pelo gráfico 1.

**Gráfico 2** – Germinação em primeira contagem do feijão em diferentes densidades de sementeira sob cultivo irrigado e sequeiro.



A germinação em primeira contagem pode ter sido negativamente influenciada pelo adensamento populacional em conjunto com o excesso de umidade observado no manejo irrigado. O sombreamento causado pela maior competição entre plantas pode ter limitado a fotossíntese nas folhas inferiores, comprometendo a formação de sementes mais vigorosas. Além disso, o ambiente mais úmido pode ter favorecido o desenvolvimento de doenças foliares ou radiculares, impactando a qualidade fisiológica das sementes e resultando em menor porcentagem de germinação na avaliação inicial.

Nunes (2016), ao estudar diferentes populações de plantas e doses de molibdênio em feijão-caupi, constatou efeito estatístico da população de plantas sobre a germinação em primeira contagem, com uma resposta quadrática indicando pior desempenho na densidade de 188 mil plantas por hectare.

Em contrapartida, outros estudos não encontraram efeitos significativos sobre a germinação em primeira contagem. Silva *et al.* (2019), ao avaliarem o feijão-mungo, verificaram que diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de sementeira não influenciaram a germinação inicial. Resultados semelhantes foram reportados por Costa *et al.*

(2008) e Omura (2017), que investigaram diferentes densidades de semeadura em feijão-comum e feijão-azuki, respectivamente, sem encontrar diferenças estatísticas para a primeira contagem de germinação.

No teste de germinação, considerando ambas as contagens, não foram observadas diferenças significativas entre os manejos de irrigação para as densidades de semeadura de 200 e 250 mil sementes por hectare, como pode ser observado na tabela 3.

**Tabela 3** - Porcentagem de sementes germinadas para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

Manejo Hídrico	Densidade de Semeadura (sementes/ha)			Média (%)
	200.000	250.000	300.000	
Irigado	96	93	91 b	93
Sequeiro	95	93	97 a	95
<b>Média (%)</b>	96	93	94	
<b>Média Geral (%)</b>	94			
<b>CV (%)</b>	3,94			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

De modo semelhante à germinação em primeira contagem, os resultados da contagem final do teste de germinação também não indicaram diferenças significativas entre os manejos, com exceção da densidade de semeadura de 300 mil sementes por hectare que apresentou resultado melhor em sequeiro do que irrigado. Provavelmente, a elevada disponibilidade hídrica ao longo do ciclo, aliada à ausência de períodos críticos de deficiência, proporcionou um ambiente favorável ao desenvolvimento completo das sementes, desde a emergência até a maturação. Isso reforça a hipótese de que as condições climáticas durante o ciclo mascararam possíveis variações fisiológicas decorrentes do manejo hídrico.

Os efeitos do adensamento e da alta umidade também podem ter contribuído para a uniformização dos resultados entre os tratamentos. Embora a maioria das sementes tenha conseguido completar o processo de germinação ao longo do tempo de teste, a exposição prolongada a condições menos favoráveis, como umidade e sombreamento em maiores densidades pode ter reduzido o desempenho fisiológico das sementes.

No estudo de Gomes Filho *et al.* (2017), foi evidenciada a influência significativa do manejo hídrico na germinação de seis cultivares de feijão caupi. Dentre as cultivares analisadas, três apresentaram diferença significativa entre os manejos irrigado e de sequeiro. Duas tiveram

melhor desempenho sob irrigação, enquanto uma respondeu melhor ao cultivo em condições de sequeiro.

Corroborando com esses achados, Ramos *et al.* (2017), ao avaliarem sementes de feijão comum cultivadas por agricultores familiares, também constataram maior germinação em condições irrigadas em comparação ao sequeiro. Por outro lado, Santos *et al.* (2023), ao pesquisarem duas cultivares de feijão com cinco fatores de disponibilidade hídrica, encontraram que a germinação não foi influenciada por nenhum dos tratamentos.

Referente à densidade de semeadura, Nunes (2016) observou que a germinação do feijão caupi foi influenciada pelas populações de plantas e pelas doses de molibdênio aplicadas, ajustando-se a um modelo polinomial quadrático. A menor germinação foi registrada densidade populacional de 195 mil plantas/ha. No entanto, o autor sugere que a germinação sofreu pouca influência da densidade populacional e que outros fatores podem ter sido mais determinantes nesse processo. Similarmente, Omura (2017) com o feijão azuki demonstrou que a densidade de semeadura influenciou significativamente a germinação, sendo que a densidade de 333.333 plantas/ha proporcionou os melhores resultados. Da mesma forma, Amaro *et al.* (2014) encontraram que a densidade de semeadura teve influência significativa sobre a germinação de sementes.

Contrastando com esses resultados e corroborando com o presente trabalho, Silva *et al.* (2019), ao avaliarem o feijão mungo sob diferentes espaçamentos e densidades, não observaram efeito significativo de nenhum dos fatores sobre a germinação. De forma semelhante, Costa *et al.* (2008) também não encontraram efeito significativo da adubação nitrogenada ou das populações de planta sobre a germinação em feijão comum.

### **2.3.3 Emergência em canteiro**

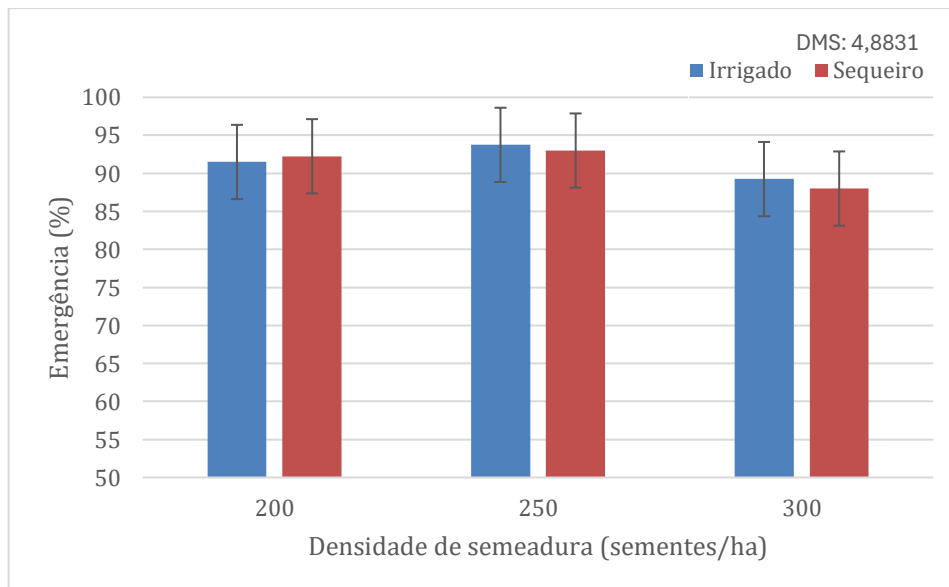
No teste de emergência em canteiro, os resultados não diferiram para o manejo hídrico, mas foram significativos para densidade de semeadura conforme indicado na tabela 4 e no gráfico 2, respectivamente.

**Tabela 4** - Porcentagem de sementes emergidas para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

Manejo Hídrico	Densidade de Semeadura (sementes/ha)			Média (%)
	200.000	250.000	300.000	
Irrigado	91	94	89	91
Sequeiro	92	93	88	91
<b>Média (%)</b>	92	93	88	
<b>Média Geral (%)</b>	91			
<b>CV (%)</b>	3,55			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Gráfico 3** – Emergência do feijão em diferentes densidades de semeadura sob cultivo irrigado e sequeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O resultado obtido para os diferentes manejos hídricos pode ser atribuído à elevada pluviosidade registrada ao longo do ciclo da cultura, a qual supriu a necessidade hídrica das plantas, minimizando os efeitos de uma eventual deficiência hídrica.

A influência da disponibilidade hídrica durante a produção de sementes na emergência de plântulas foi confirmada por Cotrim (2023), em soja, e por Santos *et al.* (2023), em feijão. Ambos os trabalhos demonstraram que o manejo hídrico afeta significativamente a emergência a campo, sendo que a irrigação favoreceu a emergência, mesmo com a ocorrência de chuvas

durante a produção. Em especial, Santos *et al.* (2023) observaram que a emergência apresentou comportamento quadrático em função da disponibilidade hídrica, com os melhores resultados obtidos em condições próximas à capacidade de campo.

O gráfico 2 apresenta os resultados para emergência das diferentes densidades de semeadura e a diferença mínima significativa (DMS) de 4,88. Novamente, devido à pequena quantidade de tratamentos, a quantidade de dados não foi suficiente para se adequar a uma equação linear, quadrática ou cúbica, avaliando-se a diferença estatística a partir da DMS. Com base no gráfico 2 é possível observar que a densidade de 250 mil sementes por hectare foi superior, em emergência, à densidade de 300 mil. Os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística.

A diferença observada entre as densidades de semeadura no teste de emergência, reforça a influência da densidade sobre o desempenho fisiológico das sementes. Esses resultados estão em consonância com aqueles obtidos no teste de germinação, sugerindo que o espaçamento adequado pode favorecer a qualidade e o estabelecimento inicial das plântulas de feijão.

Nunes (2016), avaliando o feijão-caupi, identificou efeito significativo da população de plantas, com resposta quadrática, sendo a maior emergência registrada na densidade de 215.833 plantas por hectare, indicando que há um ponto ótimo populacional para a emergência de plântulas.

Por outro lado, resultados obtidos por Amaro *et al.* (2014), ao avaliarem quatro cultivares de feijão sob diferentes densidades populacionais, indicaram que a densidade de semeadura não influenciou significativamente a emergência, sendo a variação atribuída exclusivamente às características das cultivares. De forma semelhante, Silva *et al.* (2019), trabalhando com feijão-mungo, observaram que a emergência foi afetada apenas pelo espaçamento entre linhas, com maiores espaçamentos favorecendo um maior índice de emergência.

#### **2.3.4 Comprimento de plântulas**

Para o comprimento de plântulas, os resultados, novamente, não foram estatisticamente significativos para nenhum dos fatores avaliados como pode ser observado na tabela 5.

**Tabela 5** - Comprimento das plântulas (em centímetros) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

Manejo Hídrico	Densidade de Semeadura (sementes/ha)			Média (cm)
	200.000	250.000	300.000	
Irrigado	21,38	19,63	20,15	20,39
Sequeiro	20,67	19,13	19,56	19,79
<b>Média (cm)</b>	21,03	19,38	19,85	
<b>Média Geral (cm)</b>	20,09			
<b>CV (%)</b>	12,17			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nenhum dos tratamentos avaliados apresentou diferença significativa quanto ao comprimento de plântulas. Esse resultado reforça a hipótese já discutida anteriormente de que, ao longo do ciclo, não houve ocorrência de deficiência hídrica. Considerando que o vigor das sementes está diretamente relacionado à disponibilidade de reservas energéticas e que esse parâmetro é particularmente sensível ao estresse hídrico, a elevada umidade ao longo do desenvolvimento pode ter mascarado eventuais diferenças entre os tratamentos.

No que se refere à densidade populacional, é importante destacar que, em condições de déficit hídrico, cultivos menos adensados tendem a apresentar desempenho superior, especialmente em razão da menor competição por água. No entanto, como a pluviosidade foi elevada durante o experimento, esse efeito não se manifestou, o que contribuiu para a ausência de diferenças significativas entre as populações avaliadas.

Estudo realizado por Santos *et al.* (2023) também não encontrou diferença entre o comprimento de plântulas de feijão submetidas à diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo. Similarmente, em estudo conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho de sementes de soja cultivadas a campo em ambiente com e sem irrigação e semeadas com diferentes tratamentos de semente, a irrigação não apresentou nenhuma influência sobre os tratamentos de semente para a variável comprimento de plântula (Cotrim, 2023).

Quanto à influência da densidade populacional sobre o comprimento de plântulas, um estudo realizado com feijão Azuki sob diferentes densidades de semeadura não demonstrou diferença estatística no comprimento de plântulas (Omura, 2017). Por outro lado, uma pesquisa realizada com feijão Mungo, demonstrou que o comprimento de plântula é afetado pelo espaçamento entre linhas e pela densidade de semeadura, apresentando maior comprimento de

plântulas com maiores espaçamentos e com maior número de plantas por metro linear (Silva *et al.*, 2019).

### 2.3.5 Massa seca

A análise de massa seca não demonstrou diferença estatística significativa entre as populações embora tenha apresentado diferença estatística entre as médias dos manejos hídricos conforme apresentado na tabela 6.

**Tabela 6** - Massa seca de plantas jovens (em gramas) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

Manejo Hídrico	Densidade de Semeadura (sementes/ha)			Média (g)
	200.000	250.000	300.000	
Irrigado	0,1275	0,1375	0,1250	0,1300 a
Sequeiro	0,1175	0,1250	0,1125	0,1183 b
<b>Média (g)</b>	0,1225	0,1312	0,1187	
<b>Média Geral (g)</b>	0,1241			
<b>CV (%)</b>	8,45			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a variável massa seca, a média do cultivo irrigado foi superior à média do cultivo em sequeiro. Apesar de não ter sido registrado um período de estiagem que comprometesse o vigor das sementes, o fornecimento contínuo de água no sistema irrigado pode ter produzido sementes cujas plântulas apresentaram maior potencial de acumulação de biomassa, refletindo em melhor desenvolvimento inicial.

Silva *et al.* (2019), ao trabalharem com feijão-mungo, verificaram que o número de plantas por metro linear não apresentou diferença significativa na massa seca das plântulas, mesmo sob diferentes espaçamentos entre linhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Omura (2017) em feijão-azuki e por Nunes (2016) em feijão-caupi, indicando que a variação na densidade populacional não interfere de maneira expressiva no acúmulo de biomassa das plântulas.

Por outro lado, o fator hídrico demonstrou ter influência significativa sobre a massa seca das plântulas em estudo com soja. Cotrim (2023) observou que sementes produzidas sob condições de sequeiro originaram plântulas com maior massa seca da parte aérea, quando comparadas àquelas provenientes de condições irrigadas.

### 2.3.6 Peso de mil sementes

A variável peso de mil sementes (PMS) não diferiu estatisticamente para a densidade de semeadura, mas apresentou diferença estatística para manejo hídrico em todas as densidades de semeadura e nas médias como pode ser observado na tabela 7.

**Tabela 7** - Peso de mil sementes (em gramas) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

<b>Manejo Hídrico</b>	<b>Densidade de Semeadura (sementes/ha)</b>			<b>Média (g)</b>
	<b>200.000</b>	<b>250.000</b>	<b>300.000</b>	
Irrigado	238,86 a	238,36 a	252,00 a	243,07 a
Sequeiro	207,77 b	213,82 b	212,38 b	211,32 b
<b>Média (g)</b>	223,32	226,09	232,19	
<b>Média Geral (g)</b>	227,20			
<b>CV (%)</b>	3,07			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O peso de mil sementes, variável comumente associada ao vigor e à qualidade fisiológica das sementes, apresentou diferença estatística significativa entre os manejos hídricos, com o sistema irrigado sendo superior em todas as densidades de semeadura e também na média geral. Esses resultados indicam que a irrigação contribui positivamente para o aumento do peso de mil sementes, refletindo maior acúmulo de reservas e, conseqüentemente, a formação de sementes mais vigorosas. Mesmo em um ano sem escassez hídrica severa, o manejo irrigado mostrou-se eficiente, evidenciando sua importância na produção de sementes com maior potencial fisiológico.

Por outro lado, não foram observadas diferenças estatísticas significativas no peso de mil sementes entre as diferentes densidades de semeadura. Uma possível explicação para esse resultado é o fato de que as densidades avaliadas estavam muito próximas entre si, o que pode ter limitado o potencial de distinção entre os tratamentos quanto à competição por recursos. Além disso, como não houve deficiência hídrica ao longo do ciclo, a disponibilidade de água foi suficiente para atender à demanda das plantas, o que pode ter minimizado os efeitos da competição por recursos hídricos entre indivíduos, mesmo nos cultivos mais adensados. Essa condição pode ter contribuído para a homogeneidade dos resultados entre as densidades.

Diferindo do encontrado no presente estudo, Nunes (2016), estudando o feijão-caupi, encontrou efeito significativo da população de plantas, com resposta linear crescente, sendo o

maior peso observado na densidade de 280 mil plantas por hectare. O autor relaciona esse comportamento a uma melhor distribuição da radiação solar entre as folhas, otimizando a fotossíntese e, conseqüentemente, a formação e enchimento dos grãos. De forma complementar, Silva *et al.* (2019), em estudo com feijão-mungo, identificaram interação entre espaçamento entre linhas e densidade de semeadura. Em um dos espaçamentos avaliados, houve aumento linear no peso de mil sementes com o incremento da densidade.

No que diz respeito ao efeito do manejo hídrico sobre o peso de mil sementes, Gomes Filho *et al.* (2017), avaliando seis variedades de feijão-caupi em condições irrigadas e sob deficiência hídrica, observaram que quatro cultivares apresentaram diferença significativa entre os dois manejos, com o sistema irrigado proporcionando maior peso de mil sementes e corroborando os achados desse trabalho. Contudo, Ramos *et al.* (2017), ao avaliarem feijão comum produzido por agricultores familiares, observaram que, embora o cultivo irrigado tenha apresentado maior peso de mil sementes, a diferença em relação ao sequeiro não foi estatisticamente significativa.

### 2.3.7 Peso hectolitro

Na análise de peso hectolitro (PH) a maioria dos tratamentos não demonstrou diferença estatística significativa entre manejos com exceção da densidade de 200 mil sementes por hectare em que o feijoeiro irrigado foi superior ao manejo em sequeiro, de acordo com o apresentado na tabela 8.

**Tabela 8** - Peso hectolitro das sementes (em kg/hl) para as diferentes densidades de semeadura e condições hídricas.

Manejo Hídrico	Densidade de Semeadura (sementes/ha)			Média (kg/hl)
	200.000	250.000	300.000	
Irigado	79,27 a	76,67	76,35	77,43
Sequeiro	77,52 b	75,57	76,85	76,65
<b>Média (kg/hl)</b>	78,40	76,12	76,60	
<b>Média Geral (kg/hl)</b>	77,04			
<b>CV (%)</b>	1,36			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a variável peso hectolitro, a irrigação não apresentou efeito significativo na maioria das densidades de semeadura, com exceção da população de 200 mil sementes por hectare, na qual o manejo irrigado proporcionou resultados superiores em relação ao sequeiro. Esse

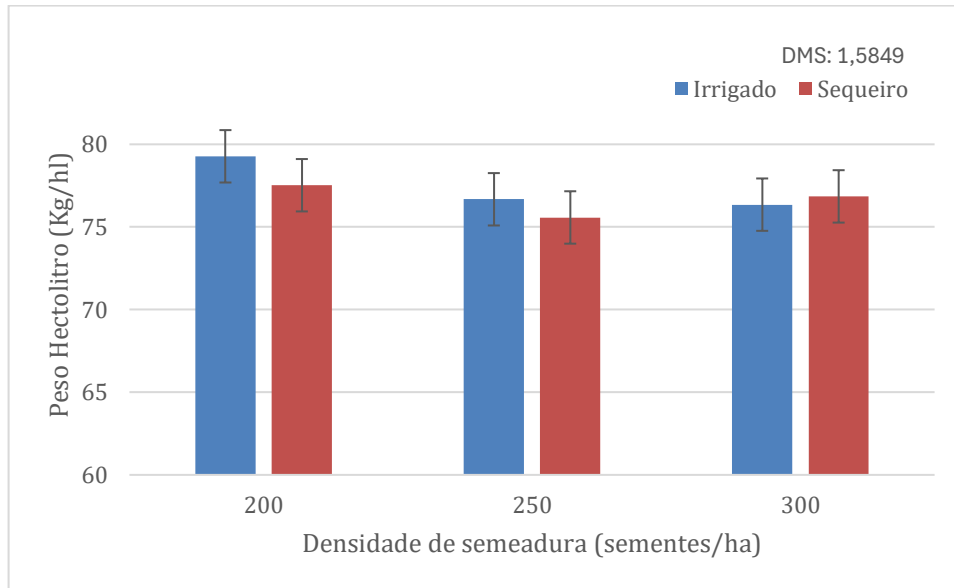
comportamento sugere que, mesmo em condições sem deficiência hídrica acentuada, o fornecimento controlado de água pode favorecer o maior acúmulo de reservas nas sementes, refletindo em melhores características físicas e fisiológicas. Embora esse efeito não tenha sido observado de forma consistente em todas as populações avaliadas, os dados reforçam a importância da irrigação como fator benéfico para a formação de sementes com maior vigor e qualidade fisiológica.

Conforme Condé *et al.* (2011), entre 30 genótipos de trigo avaliados sob sequeiro e irrigação, 11 apresentaram diferença significativa no peso hectolitro. Sete genótipos demonstraram melhor desempenho sob irrigação, enquanto quatro apresentaram maior peso sob cultivo em sequeiro, o que pode estar relacionado à ocorrência de chuvas próximas ao ponto de colheita nas parcelas irrigadas.

De maneira semelhante, Arf *et al.* (2001) relataram que, em arroz, o manejo hídrico influenciou significativamente o peso hectolitro, com destaque para os sistemas irrigados que apresentaram valores superiores em comparação ao cultivo em sequeiro. Embora para diferentes espécies, esse resultado corrobora a observação realizada nesse experimento para a densidade de semeadura de 200 mil sementes por hectare em que o cultivo irrigado apresentou, estatisticamente, maior peso hectolitro que o cultivo em sequeiro.

No que se refere à densidade de semeadura, devido à pequena quantidade de tratamentos e à não adequação dos dados a uma equação linear, quadrática ou cúbica, o peso hectolitro foi estatisticamente avaliado a partir da diferença mínima significativa (gráfico 3). O peso hectolitro das sementes produzidas em manejo irrigado com densidade de 200 mil sementes por hectare apresentou superioridade estatística quando comparado às demais densidades. Para o cultivo em sequeiro, a densidade de 200 mil sementes por hectare foi estatisticamente superior à de 250 mil sementes por hectare, mas não diferiu estatisticamente da densidade de 300 mil.

**Gráfico 4** - Peso hectolitro do feijão em diferentes densidades de semeadura sob cultivo irrigado e sequeiro.



*Fonte: Elaborado pelo autor (2025)*

O manejo das densidades de semeadura exerceu influência sobre o peso hectolitro, indicando possíveis variações na quantidade de reservas acumuladas nas sementes. Em condições de déficit hídrico, é comum que cultivos mais adensados apresentem redução na qualidade fisiológica das sementes, uma vez que há maior competição por recursos, especialmente água. Por outro lado, populações menos adensadas tendem a dispor de maior quantidade de água por planta, o que pode favorecer o desenvolvimento e a formação de sementes mais vigorosas.

Em contraposição, em estudo que avaliou três espaçamentos entre fileiras e três densidade de semeadura na cultura do arroz, Crusciol *et al.* (1999) concluíram que nenhum dos tratamentos influenciou, estatisticamente, o peso hectolitro. Similarmente, Tavares *et al.* (2014), em estudo com três genótipos de trigo e quatro densidade de semeadura, não encontraram diferença no peso hectolitro em função das diferentes densidades de semeadura.

### **3 CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos demonstram que o manejo irrigado contribuiu positivamente para a qualidade fisiológica das sementes de feijão, mesmo em um ano sem ocorrência de um período de estiagem. Isso reforça a sensibilidade do feijoeiro ao estresse hídrico e a importância da irrigação para a produção de sementes com maior vigor.

Quanto à densidade de semeadura, houve influência sobre alguns parâmetros, mas o número reduzido de densidades avaliadas limitou a identificação de uma tendência clara. Recomenda-se a realização de novos estudos com um maior número de densidades, a fim de aprofundar a compreensão sobre sua relação com a qualidade das sementes.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B.. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, 2015.
- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. de S.; CARVALHO, A. J. de; VIEIRA, N. M. B.; ASPIAZÚ, I.; ASSIS, M. de O.; Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão em função de densidade populacionais. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1241-1248, 2014.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. de; CRUSCIOL, C. A. C.; Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual da Irrigação*. 8. ed. [S.l.]: UFV, 2008.
- BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; EICHOLZ, E. D.; SCWENGBER, J. E.; SCHIAVON, J. S.; LEITE, D. L.; Recomendação de manejo ecológico e cultivares de feijão para certificação orgânica com elevado teor de zinco e ferro nos grãos. **Embrapa**: Circular Técnica 222. Pelotas, RS. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Produção de grão atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas**: O valor é um acréscimo de quase 14,5 milhões de toneladas na comparação ao ciclo anterior. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 08 set. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-2022/producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- CAMPOS, A. J. de M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F.. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, 2021.
- CARVALHO, P. E. R.; GAIAD, S. Espécies Árboreas Brasileiras: Fabaceae. **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-brasileiras/fabaceae>. Acesso em: 01 abr. 2025.
- CHAVES, M. O.; BASSINELLO, P. Z.. **O feijão na alimentação humana**. Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1015009/1/p15.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- COELHO, E. B.; SOUZA, J. E. B. de; MARTINS, T. A.; SANTOS, D. P. dos. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica da soja. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 71-79, 2019.
- COELHO, J. D.. Feijão. **Caderno Setorial ETENE**. Banco do Nordeste, ano 8, n. 322, dez. 2023.

COÊLHO, J. D. Feijão: Produção e mercados. **Caderno Setorial ETENE**. Banco do Nordeste, ano 6, n. 197, dez. 2021.

COÊLHO, J. D.. Produção de grãos: grandes desafios do agricultor brasileiro. Banco do Nordeste, ano 2, n. 13, ago. 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos**, v. 11 – safra 2023/24, n. 10 – décimo levantamento, jun. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/10o-levantamento-safra-2023-24/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 30 mai. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos**, v. 12 – safra 2024/25, n. 6 – sexto levantamento, mar. 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 28 mar. 2025.

CONDÉ, A. B. T.; MARTINS, F. A. D.; ANDRADE, A. T.; MOURA, W. de M.; Desempenho agrônômico de genótipos de trigo em duas condições de cultivo: Sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 3, p. 473-477, 2012.

COSTA, J. G. C. da. Feijão: Pré-produção: Morfologia. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/morfologia>. Acesso em: 27 jan. 2025.

COSTA, R. S. S.; SÁ, M. E. de; ORIOLI JÚNIOR, V.; BERTOLIN, D. C.; Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função da população de plantas e nitrogênio em plantio direto. **Nucleus**, v. 5, n. 2, 2008.

COTRIM, M. F.; Tratamento de sementes em soja e a influência em condições de déficit hídrico. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira, p. 75. 2023.

CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; Componentes de produção e produtividade de grãos de arroz de sequeiro em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Sci. Agric.**, Piracicaba, 56, 1999.

DIDONET, A. D.. Feijão: Pré-produção: Fisiologia. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/fisiologia>. Acesso em: 27 jan. 2025.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R.; Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

FIGUEREDO, D. C.; NETTO, D. A. M. Levantamento dos serviços e produtos do laboratório de análise de sementes da Embrapa Milho e Sorgo. **SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/BIC JÚNIOR**, v. 1, 2010.

GOMES FILHO, J. E.; ALCÂNTARA, S. F.; GOMES FILHO, A.; OLIVEIRA, S. L. de; MOREIRA, E. F.; Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi cultivadas no semiárido mineiro. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.8, n. 2, p. 19-27, 2017.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; SANTOS-MOURA, S. da S.; GALINDO, E. A.. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearenses* (Allemão) A. C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2373-2381, 2015.

GUIDOLIN, A. F.; MEROTTO JUNIOR, A.; ENDER, M.; SANGOI, L.; DUARTE, I. de A.; Efeitos do arranjo e da população de plantas sobre o crescimento do feijão em semeadura tardia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 547-551, 1998.

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P.; Interação entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* na fixação e transporte do nitrogênio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.21, n. 2, p. 127-140, fev. 1986.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Cultivar de feijão IPR Tuiuiú: alto potencial de rendimento, ampla adaptação, porte ereto**. Reedição. Londrina, jan. 2014.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados Meteorológicos: Tabela de dados das estações: Ibirubá – RS. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 30 mai. 2025.

IFRS - Campus Ibirubá. In: GOOGLE EARTH. Google, 2023. Disponível em: [https://earth.google.com/web/search/IFRS+-+Campus+Ibirub%C3%A1/@-28.65425732,-53.11138692,453.33321584a,249.01906135d,35y,-0h,0t,0r/data=CiwiJgokCTItS2TjpjzAESR8YNMXqDzAGbIxnj93jUrAIf2USxcej0rAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP\\_\\_\\_\\_\\_wEQAA](https://earth.google.com/web/search/IFRS+-+Campus+Ibirub%C3%A1/@-28.65425732,-53.11138692,453.33321584a,249.01906135d,35y,-0h,0t,0r/data=CiwiJgokCTItS2TjpjzAESR8YNMXqDzAGbIxnj93jUrAIf2USxcej0rAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA). Acesso em: 28 mar. de 2025.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J.; Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 2020.

MARQUES, J. B. B.; LIN, S. S.; Efeito de espaçamento entre fileiras, população de plantas e irrigação sobre o rendimento de sementes de soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 17(5): 733-739, 1982.

MARTINS, C. C.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; MÔRO, G. V.; VIEIRA, R. D.. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016.

MATOS, Marcela Eduarda Santos de. **Posição das sementes soja com diferentes níveis de vigor no teste de comprimento de plântulas**. TCC (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, p. 18. 2021.

MONDO, V. H. V.; NASCENTE, A. S.; Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 89-94

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. dos S.; SILVA, P. P. da. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas e hortaliças no campo. **XI Curso sobre tecnologia e produção de sementes de hortaliças**. Porto Alegre – RS, 2011.

NUNES, R. T. C.; Qualidade fisiológica e produção de sementes de feijão-caupi submetidas a doses de molibdênio e população de plantas. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, p. 105, 2016.

- OLIVEIRA, M. G. de C.; OLIVEIRA, L. F. C. de; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. da C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M.. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- OLIVEIRA, L. F. C.; SARMENTO, P. H. L.; OLIVEIRA, M. G. de C.; Feijão: Pré-produção: Fenologia. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/fenologia>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- OLIVEIRA, L. F. C. de; BRESEGHELLO, H. C. de P.; COSTA, A. G.; Feijão: Pré-produção: Sementes. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/sementes>. Acesso em: 25 abr. 2025.
- OLIVEIRA, C. O.; Quanto tempo dura o ciclo do feijão?. **BASF**, 2021. Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/feijao/quanto-cultura>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- OMURA, M. S.; Rendimento de feijão azuki em função da densidade de semeadura. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, p. 44, 2017.
- PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. de A.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; DE REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A.; Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 157-162, abr/jun. 2005.
- POMPEU, A. S.; Polinização Cruzada Natural no Feijoeiro. **Bragantia**, Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, Campinas, v. 22, n. 5, p. 53-57, jan. 1963.
- QUARANTA, G. **Agricultura de sequeiro**. Land Care In Desertification Affected Areas From Science Towards Application, 1999. Disponível em: [http://desertificacao.pt/images/docman-files/lucinda/C4\\_Booklet\\_Final\\_PT\\_rev2.pdf](http://desertificacao.pt/images/docman-files/lucinda/C4_Booklet_Final_PT_rev2.pdf). Acesso em: 28 jan. 2025.
- RAMOS, B. L. P.; NEVES, P. H. S.; AMARAL, M. C. A.; LIMA, A. C. S.; CASTRO FILHO, M. N. de; MORAIS, O. M.; Avaliação de sementes de feijão-comum cultivadas em diferentes sistemas de produção. *In*: SEMANA DE AGRONOMIA – UESB (SEAGRUS), 8, 2017, Vitória da Conquista.
- RIBEIRO, F. E.; PELOSO, M. J. D.; BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. de O.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Embrapa: Circular Técnica 89, Santo Antônio de Goiás, GO, 2011.
- RODRIGUES, L. N.; ALTHOFF, D.. Desafios para o desenvolvimento da agricultura irrigada. **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem**, n. 122/123, Fortaleza – CE, 2019.
- SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L.; Botânica. *In*: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A.; Feijão. 2. Ed. Viçosa, 2011, p. 41-65.
- SANTOS, E. F. dos; SANTOS, S. R. dos; FIGUEIREDO, J. C.; DAVID, A. M. S. de S.; SILVA, C. D. da; GODINHO, F. L.; Physiological quality of common bean seeds under soil

water availability factor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.18, n.3, e1833, 2023.

SENAR. **Feijão comum cores**, 2020. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/feijoes>. Acesso em: 27 jan. 2025.

SILVA, J. A. L. da. NEVES, J. A.. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2011.

SILVA, G. M. da. Qualidade de Sementes Forrageiras. Embrapa Pecuária Sul, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/989035/1/sementes.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SILVA, E. da C.; PEIXOTO, N.; ARRUDA, N.; FERREIRA, N. C. de F.; OLIVEIRA, L. A. B. de; Physiological quality of mung bean seeds according to the plant density. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.6, n.4, p. 29-35, 2019.

SILVA, S. C. da; HEINEMANN, A. B.. Feijão: Pré-produção: Clima. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/clima>. Acesso em: 27 jan. 2025.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D. de; GIACOMO, B. M. S.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M.; Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 245-253, 2011.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Feijão: Produção: Manejo de Irrigação. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/manejo-de-irrigacao>. Acesso em: 23 abr. 2025.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S.. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. Ed., Porto Alegre, RS: Emater/RS – Ascar, 2018. ISBN 978-85-98842-20-2.

TAVARES, L. C. V.; FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C.; PRETE, C. E. C.; Genótipos de trigo em diferentes densidades de semeadura. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. , p. 166-174, 2014.

TORRES, J. L. R.; SANTANA, M. J.; PIZOLATO NETO, A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. da S.. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas do solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 833-841, 2013.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N.; Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B de; RODRIGUES, F.. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia – MS, v. 4, Suplemento 1, p. 36-42, 2017.

VIVAN, G. A.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; BARBOZA, F. da S.; SOARES, F. C.. Rendimento e rentabilidade das culturas da soja, milho e feijão cultivados sob condições de sequeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2943-2950, 2015.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. da. Feijão: Pós-produção. **Embrapa**, 2023a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pos-producao/consumo#:~:text=Segundo%20estimativas%20da%20Embrapa%20Arroz,kg%2Fhab%2C%20em%201996>. Acesso em: 27 jan. 2025.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. da. Feijão: Socioeconomia. **Embrapa**, 2023b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/socioeconomia/estatistica-da-producao>. Acesso em: 27 jan. 2025.