

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO TOCANTINS  
CAMPUS PALMAS**

**CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**THIAGO AMARAL DE ARAUJO**

**USO DA FIBRA DE COCO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO SOB SISTEMA SEMI-  
HIDROPÔNICO**

**PALMAS**

**2025**

**THIAGO AMARAL DE ARAUJO**

**USO DA FIBRA DE COCO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO SOB SISTEMA SEMI-  
HIDROPÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado  
em Agronomia do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins  
(IFTO), *Campus* Palmas, como requisito parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia.

Orientador: José Eustáquio Canguçu Leal

**PALMAS, TO**

**2025**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

A658u    Araujo, Thiago Amaral de  
            USO DA FIBRA DE COCO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO SOB  
            SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO / Thiago Amaral de Araujo. – Palmas,  
            TO, 2025.  
            33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus  
Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: José Eustáquio Canguçu Leal

1. Experimento com fibra de coco. 2. Cultivo de feijão. 3. Cultivo semi  
hidropônico. I. Leal, José Eustáquio Canguçu. II. Título.

**CDD 630**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e  
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS  
CAMPUS PALMAS - TO  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**THIAGO AMARAL DE ARAUJO**

## **USO DA FIBRA DE COCO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO SOB SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Palmas - TO, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 18 de dezembro de 2025

### **BANCA AVALIADORA**

**Prof. Me. José Eustáquio Canguçu Leal**  
IFTO - Campus Palmas - TO.

**Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'ana**  
IFTO - Campus Palmas - TO.

**Prof. Dr. Thômas Vieira Nunes**  
IFTO - Campus Palmas - TO.

**Prof. Dra. Raquel Aparecida Mendes Lima**  
Suplente



Documento assinado eletronicamente por **Jose Eustaquio Cangucu Leal, Servidor**, em 18/12/2025, às 12:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Aparecida Mendes Lima, Coordenador**, em 18/12/2025, às 12:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



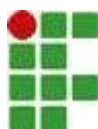
Documento assinado eletronicamente por **Edvaldo Vieira Pacheco Santana, Coordenador**, em 18/12/2025, às 12:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3011482** e o código CRC **A8E242F9**.

---



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - [portal.iftto.edu.br](http://portal.iftto.edu.br) — [reitoria@iftto.edu.br](mailto:reitoria@iftto.edu.br)

*“Dedico este trabalho a Deus, que me concedeu  
força e perseverança ao longo de minha  
trajetória acadêmica, permitindo a superação  
dos desafios enfrentados.”*

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço a Deus, por me conceder força, coragem e equilíbrio ao longo dessa trajetória, ajudando-me a superar desafios e estando sempre presente em minha vida.

Expresso minha gratidão à minha família, pelo apoio constante durante minha formação acadêmica e pelo incentivo diário, agradecendo também, principalmente à minha mãe, Maria de Jesus Amaral, e à minha irmã, Natália Amaral de Araújo, por todo carinho, compreensão e suporte oferecidos.

Agradeço ao professor José Eustáquio Canguçu Leal, pela dedicação, atenção e orientação em cada etapa deste trabalho. Seu incentivo e cuidado foram fundamentais para a realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço aos professores e colegas do curso de Engenharia Agrônômica, que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta conquista.

“(..)

*A empatia e o respeito ao outro constituem fundamentos essenciais da convivência humana,  
especialmente diante de divergências..”*

*Immanuel Kant – adaptação conceitual, 1998.*

## RESUMO

O sistema semi-hidropônico tem se destacado como alternativa para a produção agrícola em ambientes protegidos e em áreas com limitações de uso do solo, como regiões sujeitas a alagamentos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo comparar o desempenho da fibra de coco e do solo convencional na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*) cultivado em sistema semi-hidropônico. O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Instituto Federal do Tocantins, *Campus Palmas*, utilizando vasos com capacidade de 8 L, dispostos em delineamento inteiramente causalizado experimental com dois tratamentos e dez repetições. Foram avaliadas variáveis fisiológicas, morfológicas e produtivas, incluindo teor de clorofila, diâmetro do caule, número de grãos por planta, peso dos grãos sem as vagens. Os dados foram submetidos à análise estatística por meio do teste t e análise de variância (ANOVA). Os resultados indicaram diferença significativa no teor de clorofila, com maiores valores observados nas plantas cultivadas em solo convencional. Para o diâmetro do caule e os parâmetros produtivos não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os substratos, embora o solo convencional tenha apresentado tendência de maior número e melhor enchimento dos grãos. A fibra de coco, por sua vez, proporcionou maior uniformidade produtiva. Conclui-se que ambos os substratos são viáveis para o cultivo do feijoeiro em sistema semi-hidropônico, sendo a fibra de coco uma alternativa promissora ao solo convencional, especialmente em áreas com restrições edafoclimáticas, desde que associado a adequado manejo nutricional.

**Palavras-chave:** Feijão. Fibra de coco. Produção agrícola. Semi-hidropônicos. Substratos.

## ABSTRACT

Semi-hydroponic systems have emerged as an alternative for agricultural production in protected environments and areas with limited land use, such as flood-prone regions. In this context, this study aimed to compare the performance of coconut fiber and conventional soil in the production of common beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in a semi-hydroponic system. The experiment was conducted in a protected environment at the Federal Institute of Tocantins, Palmas Campus, using 8 L pots, arranged in a completely randomized experimental design with two treatments and ten replications. Physiological, morphological, and productive variables were evaluated, including chlorophyll content, stem diameter, number of grains per plant, and grain weight without pods. Data were subjected to statistical analysis using the t-test and analysis of variance (ANOVA). The results indicated a significant difference in chlorophyll content, with higher values observed in plants grown in conventional soil. For stem diameter and yield parameters, no statistically significant differences were observed between the substrates, although conventional soil showed a tendency towards a greater number and better grain filling. Coconut fiber, in turn, provided greater yield uniformity. It is concluded that both substrates are viable for bean cultivation in a semi-hydroponic system, with coconut fiber being a promising alternative to conventional soil, especially in areas with edaphoclimatic restrictions, provided it is associated with adequate nutritional management.

**Keywords:** Beans. Coconut fiber. Agricultural production. Semi-hydroponics. Substrates.

## SUMÁRIO

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                              | 10 |
| 1.1 Problematização .....                                                        | 11 |
| 1.2 Objetivos .....                                                              | 12 |
| 1.2.1 Objetivo geral .....                                                       | 12 |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                                                 | 12 |
| 1.3 Justificativa .....                                                          | 12 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                                   | 13 |
| 2.1 Revisão histórica.....                                                       | 13 |
| 2.2 Potencial na alimentação e mercado .....                                     | 15 |
| 2.3 Produção de feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .....                       | 16 |
| 2.4 A fibra de coco para o sistema semi-hidropônico.....                         | 17 |
| 2.5 Solução nutritiva .....                                                      | 18 |
| 2.6 Povoados ribeirinhos e os impactos das inundações na produção agrícola. .... | 19 |
| 2.7 Importância Econômica e Sustentabilidade .....                               | 20 |
| 3. METODOLOGIA .....                                                             | 21 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                                                 | 23 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                    | 30 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                | 31 |

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial por alimentos nos vem estimulando a expansão e a variação da agricultura ao longo dos anos (FAO, 2017). Entretanto, eventos naturais, como enchentes e alterações climáticas, apresentam obstáculos consideráveis para essa expansão, ocasionando prejuízos nas colheitas e nas implantações agrícolas (SILVA et al., 2020). A falta de oxigênio nas raízes das plantas, resultante do excesso de umidade no solo, prejudica o crescimento das vegetações, por conta disso pequenas comunidades rurais e povoados que passam por inundações todos os anos, sofrem com a escassez de alimentos (EMBRAPA, 2018).

Povoados ribeirinhos e de planícies aluviais, como os Caiambé (AM) e Pindobal (PA) na Amazônia, enfrentam inundações recorrentes que causam perdas anuais de safra, destruição de estoques e alimentação de animais, adiamento das semeaduras e aumento de doenças de plantas e pragas, reduzindo renda e segurança alimentar local (FAO, 2024).

Para resolver esse problema, foram implantadas as palafitas agrícolas, que são estruturas protegidas e elevadas do chão sobre estacas, não só protegem contra alagamentos, como também servem para produção frutas e hortaliças em vasos (EMBRAPA, 2024).

Outra alternativa que auxilia na produção dentro desses ambientes protegidos e a utilização dos sistemas semi-hidropônicos, que tem se revelado uma alternativa promissora para a aprimoração das produções agrícolas nas palafitas agrícolas, principalmente em leguminosas de alta relevância econômica, como o feijão (*Phaseolus vulgaris*) que possui um alto valor nutritivo, e é cultivada em diversas partes do planeta. “Além de servir como uma excelente fonte de proteínas, fibras, vitaminas e minerais, o feijão contribui de forma relevante para a segurança alimentar” (GONZALEZ et al., 2022, p. 223). Este método da hidroponia pode ser utilizado na grande maioria das regiões, proporcionando benefícios no controle do ambiente, otimização do uso de água e nutrientes, além de um controle mais efetivo de pragas e doenças (RESENDE; MARTINEZ, 2006).

Entretanto o cultivo em vasos utilizando solo convencional apresenta diversos problemas, como a compactação do substrato, baixa aeração, drenagem deficiente e maior suscetibilidade ao desenvolvimento de pragas e patógenos do solo, fatores que comprometem

o crescimento radicular e o desenvolvimento saudável das plantas (EMBRAPA,2011). Ademais, o solo pesado dificulta o manuseio dos vasos e pode causar encharcamento, levando à asfixia radicular (EMBRAPA,2011).

Nesse contexto, a fibra de coco surge como uma alternativa eficiente, pois é um substrato leve, com alta capacidade de retenção de água associada a boa aeração, favorecendo o equilíbrio hídrico e a oxigenação das raízes.

Além disso, é um material renovável, de baixo custo e livre de pragas e doenças, garantindo melhores condições físicas e sanitárias para o cultivo em recipientes (CARRIJO, 2002).

Todavia, a falta de informações sobre o uso da fibra de coco e métodos relacionados a produção em sistemas semi-hidropônicos, acabam ocasionando uma resistência à adoção dessas novas tecnologias e métodos. Por esse motivo esse estudo busca avaliar o desempenho entre a fibra de coco e o solo convencional na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*), em sistema semi-hidropônico, a fim de avaliar a viabilidade da fibra de coco, em ambiente protegido, em comparação com o solo convencional.

### **1.1 Problemática**

O método semi-hidropônico tem sido objeto de extensa pesquisa para várias plantações, apresentando resultados positivos em relação à eficiência de uso da água e dos nutrientes (MENEZES; CARVALHO, 2020). No Brasil, muitos agricultores estão adotando cada vez mais as práticas semi-hidropônicas em ambientes controlados, uma vez que essa modalidade de cultivo oferece várias vantagens, entre as quais se destaca a redução na ocorrência de doenças em comparação com a agricultura tradicional ao ar livre ou em túneis (MENEZES, 2023).

Essa nova prática vem crescendo cada vez mais, principalmente em regiões isoladas, onde as condições climáticas podem ser rigorosas e a infraestrutura agrícola muitas vezes não é adequada, a implementação do cultivo semi-hidropônico permite que os agricultores aumentem a quantidade de alimentos de qualidade, ajudando na segurança alimentar e na sustentabilidade (MENEZES; CARVALHO, 2020).

Contudo, a ausência de dados sobre técnicas de cultivo com o sistema semi-hidropônicos, tem se revelado um grande impedimento para o avanço da agricultura sustentável nessas áreas. Muitos agricultores lidam com problemas como a limitada

disponibilidade de informações e as dificuldades em adotar práticas agrícolas eficazes, resultando em baixa produção e insegurança alimentar (PEREIRA et al., 2023). Além do mais, a carência de programas de assistência rural e de formação técnica favorece a continuidade de métodos tradicionais que frequentemente não se ajustam às condições locais, como o tipo de solo ou substratos (OLIVEIRA; SANTOS, 2022).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar o desempenho como substrato inerte entre a fibra de coco e o solo convencional na produção e crescimento do feijão, (*Phaseolus vulgaris*), em sistema semi-hidropônicos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar a eficiência da fibra de coco em comparação com o solo convencional na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*) através do desenvolvimento vegetativo;
- Determinar a produtividade dos grãos obtidos no solo convencional e na fibra de coco;
- Analisar as variáveis, como diâmetro do caule e teor de clorofila dos dados obtido ao final do ciclo;
- Identificar qual tratamento tem a melhor qualidade de produção de grãos.

## **1.3 Justificativa**

O aumento da necessidade por métodos agrícolas sustentáveis que possam se adaptar às diferentes condições de plantio mais eficientes torna o cultivo em fibra de coco uma alternativa promissora para não só o cultivo de leguminosas como o feijão, mas para diferentes tipos de plantas, que possam atender a demanda do mercado atual de maneira eficiente. Associado a isso, o cultivo semi-hidropônico se apresenta como uma opção prática para agricultores que sofreram perdas devido a desastres naturais, como por exemplo, os povoados ribeirinhos que sofrem com enchentes em seus campos produtivos, além do solo tradicional que é comprometido. Nesses casos, é possível cultivar em substratos artificiais como a fibra

de coco, vermiculita ou Carolina Soil, dispensando a necessidade do solo fértil, o que representa uma vantagem significativa quando este foi degradado ou contaminado (CARDOSO, 2025). Esse sistema permite o uso racional da água e possibilita o cultivo em ambientes controlados, favorecendo a melhoria da produtividade e da qualidade das plantas, ao mesmo tempo em que reduz impactos ambientais.

Nesse contexto a eficácia da produção em locais distantes que sofrem com desastres naturais através do sistema semi-hidropônico tem se mostrado uma alternativa viável para enfrentar os desafios da agricultura convencional, principalmente em situações onde o acesso a água e solo fértil é limitado. Estudos indicam que esse procedimento, ao usar substratos neutros e soluções nutritivas reguladas, não só melhora a utilização da água, mas também estabelece um ambiente mais propício para o crescimento das plantas, resultando em uma maior produtividade (SANTOS et al., 2021). Dessa forma a fibra de coco tem se destacado como um substrato essencial na agricultura devido às suas propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Entretanto a quantidade de informação e pesquisas do uso desse material no sistema hidropônico é relativamente baixa, o que muitas vezes desencoraja seu uso pelos produtores.

Diante desses fatos a presente pesquisa justifica-se pela necessidade avaliar o desempenho da fibra de coco para confirmação de viabilidade produtiva, com o intuito de engrandecer mais a quantidade de material para pesquisa para auxiliar produtores em comunidades vulneráveis. A pesquisa também se mostra relevante para produção de alimentos de forma mais produtiva e não convencional.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Revisão histórica**

Os primeiros registros científicos sobre o cultivo de plantas em meio aquoso datam do século XVII, quando pesquisadores começaram a investigar a nutrição mineral vegetal (WOODWARD, 1699). No entanto, foi somente no século XIX que avanços significativos ocorreram, especialmente com os estudos de Justus von Liebig, que demonstrou a importância dos nutrientes minerais dissolvidos na água para o crescimento das plantas, estabelecendo os fundamentos da nutrição vegetal moderna (TAIZ et al., 2017).

No início do século XX, a hidroponia passou a ser aplicada de forma mais prática, principalmente em países com limitações de solo fértil ou em ambientes controlados (GERICKE, 1937). Durante a década de 1930, o pesquisador William Frederick Gericke popularizou o termo “hidroponia” ao demonstrar a viabilidade do cultivo comercial de hortaliças apenas com soluções nutritivas, abrindo caminho para o desenvolvimento de sistemas alternativos de produção agrícola (GERICKE, 1940).

Com o avanço dessas técnicas, surgiram adaptações que buscavam unir os benefícios da hidroponia à praticidade do cultivo em recipientes, dando origem aos sistemas semi-hidropônicos. Diferentemente da hidroponia tradicional, na qual as raízes permanecem diretamente imersas na solução nutritiva, o sistema semi-hidropônico utiliza substratos inertes, como fibra de coco, areia, perlita ou vermiculita, que servem de suporte físico às plantas, enquanto os nutrientes são fornecidos por meio da fertirrigação (MARTINEZ, 2002).

A consolidação do sistema semi-hidropônico ocorreu principalmente a partir da segunda metade do século XX, impulsionada pela necessidade de maior eficiência no uso da água, redução de problemas fitossanitários e adaptação a ambientes com solos degradados, compactados ou sujeitos a alagamentos (SANTOS et al., 2021). Esse sistema mostrou-se especialmente vantajoso para o cultivo em estufas, áreas urbanas e regiões sujeitas a condições climáticas adversas.

No Brasil, o sistema semi-hidropônico ganhou destaque nas últimas décadas, sobretudo na produção de hortaliças, morango e plantas ornamentais. Sua adoção foi favorecida pela disponibilidade de substratos alternativos de baixo custo, como a fibra de coco, além da crescente demanda por sistemas produtivos mais sustentáveis e com maior controle nutricional (CARRIJO et al., 2002). Ademais, o sistema tem sido amplamente estudado por instituições de pesquisa e extensão rural, consolidando-se como uma tecnologia viável para pequenos e médios produtores (MARTINEZ, 2002).

Atualmente, o sistema semi-hidropônico é reconhecido como uma estratégia intermediária entre o cultivo em solo e a hidroponia plena, reunindo vantagens de ambos os métodos (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2010). Ele possibilita maior controle sobre a nutrição das plantas, redução do consumo de água, menor incidência de doenças de solo e maior uniformidade no desenvolvimento das culturas, características que o tornam uma alternativa

promissora para a agricultura sustentável e para a segurança alimentar em diferentes contextos produtivos.

## **2.2 Potencial na alimentação e mercado**

O sistema semi-hidropônico tem se destacado como uma alternativa eficiente para a produção de alimentos de alta qualidade nutricional, atendendo às crescentes demandas do mercado consumidor por produtos mais seguros, sustentáveis e com maior valor agregado (SAVVAS; GRUDA, 2018). Esse sistema possibilita o controle preciso da nutrição vegetal, da disponibilidade hídrica e das condições ambientais, fatores que influenciam diretamente a composição nutricional, a aparência e a uniformidade dos alimentos produzidos (MENEZES JÚNIOR; SILVA, 2023).

Do ponto de vista alimentar, o cultivo semi-hidropônico reduz significativamente a incidência de doenças radiculares e a necessidade do uso intensivo de defensivos agrícolas, resultando em alimentos mais saudáveis e alinhados às exigências dos consumidores por produtos com menor impacto ambiental. Além disso, a possibilidade de produção em ambientes protegidos favorece a regularidade da oferta ao longo do ano, minimizando perdas causadas por condições climáticas adversas (RESENDE; LIMA, 2016).

No meio comercial, os produtos cultivados em sistema semi-hidropônico apresentam vantagens competitivas, especialmente nos segmentos de hortaliças frescas, leguminosas especiais e alimentos destinados a nichos específicos, como mercados locais, feiras orgânicas e redes de alimentação saudável (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2010). A padronização visual, a qualidade sanitária e a rastreabilidade do processo produtivo agregam valor comercial aos produtos, permitindo a obtenção de preços superiores aos praticados para produtos oriundos da agricultura convencional (ALTIERI, 2012).

Adicionalmente, o sistema semi-hidropônico favorece a inserção de pequenos e médios produtores no mercado, uma vez que demanda menor área de cultivo e possibilita a produção em espaços reduzidos, como estufas, quintais produtivos e áreas urbanas ou periurbanas (PEREIRA et al., 2023). Essa característica contribui para o fortalecimento da agricultura familiar, promovendo geração de renda e redução da dependência de cadeias longas de abastecimento.

### 2.3 Produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*)

No contexto de culturas alimentares de ampla aceitação, como o feijão (*Phaseolus vulgaris*), o cultivo em sistema semi-hidropônico apresenta elevado potencial econômico. Originário das Américas, com dois centros de domesticação principais: a Mesoamérica (México e América Central) e a região dos Andes (Peru e Argentina), ele é uma das leguminosas mais cultivadas e consumidas no mundo é um alimento básico da dieta brasileira e mundial, sendo valorizado por seu alto teor proteico e importância na segurança alimentar (FAO, 2019). A produção em sistemas controlados pode garantir maior estabilidade produtiva, melhor qualidade dos grãos e redução de perdas, fatores que influenciam positivamente a aceitação do produto no mercado consumidor (GONZALEZ et al., 2022).

A produção do feijão ocorre em ampla diversidade de sistemas agrícolas, desde cultivos de subsistência até sistemas altamente tecnificados. Essa cultura apresenta elevada adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais, com temperaturas ideais variando entre 18 °C e 30 °C. No entanto, o desempenho produtivo do feijoeiro é fortemente influenciado por fatores como disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, manejo nutricional e sanidade das plantas (JÚNIOR, 2018).

O ciclo do feijão é relativamente curto, variando entre 60 e 100 dias, o que possibilita sua inserção em diferentes épocas do ano e sistemas de rotação de culturas (VIEIRA, 2006). No Brasil, destacam-se três principais safras: a safra das águas, a safra da seca e a safra de inverno, sendo esta última geralmente conduzida com irrigação (SILVA et al., 2020).

Em relação às exigências nutricionais, o feijão demanda quantidades equilibradas de macronutrientes, com destaque para o nitrogênio, fósforo e potássio (VIEIRA, 2006). Embora apresente capacidade de fixação biológica de nitrogênio por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, essa fixação nem sempre é suficiente para suprir toda a necessidade da cultura, sendo frequentemente complementada por adubações minerais, especialmente em sistemas intensivos de produção (EMBRAPA, 2023).

Nos últimos anos, a produção de feijão tem incorporado sistemas alternativos de cultivo, como o semi-hidropônico, especialmente em ambientes protegidos (SANTOS et al.,

2021).

Esses sistemas permitem maior controle sobre a nutrição e a irrigação, reduzindo problemas relacionados à compactação do solo, doenças de raiz e perdas por condições climáticas adversas. O cultivo do feijão em substratos inertes, associado ao fornecimento de solução nutritiva balanceada, tem demonstrado potencial para promover desenvolvimento vegetativo uniforme e maior eficiência no uso da água e dos nutrientes (SANTOS et al., 2021).

Além dos aspectos produtivos, o feijão possui grande importância socioeconômica, especialmente para pequenos e médios produtores, por demandar baixo investimento inicial e apresentar mercado consolidado (CONAB, 2021). A busca por sistemas de produção mais sustentáveis e resilientes tem impulsionado pesquisas voltadas à adaptação do feijoeiro a ambientes controlados, contribuindo para a segurança alimentar e para a diversificação dos sistemas agrícolas (GONZALEZ et al., 2022).

## **2.4 A fibra de coco para o sistema semi-hidropônico**

A fibra de coco tem se destacado como um dos principais substratos utilizados em sistemas semi-hidropônicos, em razão de suas propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Proveniente da casca do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), a fibra de coco é considerada um material renovável, sustentável e de ampla disponibilidade, especialmente em regiões tropicais, o que contribui para sua crescente adoção na agricultura moderna (CARRIJO et al., 2002).

Do ponto de vista físico, a fibra de coco apresenta elevada porosidade total, combinando adequada retenção de água com excelente aeração. Essa característica é essencial para sistemas semi-hidropônicos, pois permite o fornecimento contínuo de solução nutritiva sem causar encharcamento ou asfixia radicular (ABAD et al., 2005). A boa estrutura do substrato favorece o crescimento e a expansão do sistema radicular, refletindo positivamente no desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas (MARTINEZ, 2002).

Quimicamente, a fibra de coco é considerada um substrato relativamente inerte, com baixa capacidade tampão e reduzida disponibilidade natural de nutrientes (MARTINEZ, 2002). Embora essa característica exija o fornecimento externo de solução nutritiva balanceada, ela representa uma vantagem no cultivo semi-hidropônico, pois possibilita maior controle da nutrição mineral, reduzindo riscos de desequilíbrios nutricionais e salinização do

meio de cultivo (RESENDE; LIMA, 2016).

Outro aspecto relevante da fibra de coco é sua estabilidade estrutural e resistência à compactação ao longo do ciclo de cultivo. Diferentemente de solos convencionais, que podem sofrer adensamento e perda de porosidade em recipientes, a fibra de coco mantém suas características físicas por períodos prolongados, garantindo condições adequadas para a drenagem e oxigenação das raízes (ABAD et al., 2005). Além disso, o substrato apresenta baixa incidência de patógenos, sementes de plantas daninhas e contaminantes, favorecendo a sanidade das plantas (CARRIJO et al., 2002).

No contexto da sustentabilidade, a fibra de coco se destaca por ser um subproduto agroindustrial, contribuindo para o reaproveitamento de resíduos e a redução de impactos ambientais (MARTINEZ, 2002). Sua utilização em sistemas semi-hidropônicos substitui substratos não renováveis, como a turfa, promovendo práticas agrícolas mais ambientalmente responsáveis. Ademais, sua leveza facilita o transporte, o manuseio e a implementação do cultivo em ambientes protegidos, palafitas agrícolas e áreas urbanas (ALTIERI, 2012).

Diversos estudos demonstram que o uso da fibra de coco em sistemas semi-hidropônicos pode resultar em melhor desempenho agrônômico das culturas, com incremento na uniformidade das plantas, maior eficiência no uso da água e nutrientes, e redução de perdas por estresses hídricos (MARTINEZ, 2002). Esses benefícios tornam o substrato especialmente indicado para culturas de ciclo curto e elevado valor alimentar, como o feijão (*Phaseolus vulgaris*).

## 2.5 Solução nutritiva

A solução nutritiva é um dos componentes fundamentais dos sistemas semi-hidropônicos, sendo responsável pelo fornecimento equilibrado dos nutrientes essenciais ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2005). Nesse sistema, os nutrientes minerais são disponibilizados de forma solúvel, permitindo rápida absorção pelas raízes e maior eficiência no aproveitamento nutricional, quando comparado aos sistemas de cultivo em solo (RESENDE; LIMA, 2016).

A composição da solução nutritiva deve atender às exigências específicas de cada cultura, contemplando macronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio

e enxofre, além de micronutrientes essenciais, como ferro, manganês, zinco, cobre, boro e molibdênio (HOAGLAND; ARNON, 1950). O adequado balanceamento desses elementos é essencial para evitar deficiências ou toxicidades, que podem comprometer o crescimento vegetativo e a produtividade das plantas (TAIZ et al., 2017).

Em sistemas semi-hidropônicos, o uso de substratos inertes, como a fibra de coco, torna a solução nutritiva a principal fonte de nutrientes para as plantas, reforçando a importância do controle da concentração, da condutividade elétrica e do pH da solução. Esses parâmetros influenciam diretamente a disponibilidade dos nutrientes e a eficiência da absorção radicular (MENEZES JÚNIOR; SILVA, 2023).

Além disso, a utilização de soluções nutritivas adequadamente formuladas contribui para o uso racional da água e dos fertilizantes, reduzindo perdas por lixiviação e impactos ambientais (EMBRAPA, 2019).

Dessa forma, a solução nutritiva desempenha papel central na eficiência produtiva e na sustentabilidade dos sistemas semi-hidropônicos, garantindo condições adequadas para o desenvolvimento saudável das culturas.

## **2.6 Povoados ribeirinhos e os impactos das inundações na produção agrícola.**

Povoados ribeirinhos e comunidades localizadas em planícies aluviais estão entre os grupos mais vulneráveis aos impactos das inundações recorrentes, uma vez que sua base produtiva depende diretamente da agricultura e da criação de animais em áreas sujeitas à variação do nível dos rios. Regiões como o delta do Ganges-Brahmaputra, em Bangladesh, as áreas baixas do Delta do Mekong, no Vietnã, trechos ribeirinhos da Amazônia brasileira e municípios situados às margens dos rios Amazonas e Solimões, no território amazônico, enfrentam alagamentos periódicos que comprometem a estabilidade dos sistemas produtivos locais (FAO, 2024).

As inundações frequentes nessas áreas provocam perdas significativas de safra, destruição de estoques de alimentos e de insumos agrícolas, além de prejuízos à alimentação animal (FAO, 2016). O excesso de água no solo reduz a disponibilidade de oxigênio para as raízes, causando asfixia radicular, queda no crescimento das plantas e aumento da mortalidade das culturas. Ademais, o encharcamento favorece a proliferação de patógenos e pragas, elevando a incidência de doenças e reduzindo ainda mais a produtividade agrícola (SILVA et al., 2020).

Outro impacto relevante das inundações é o adiamento das semeaduras, uma vez que o preparo do solo e o plantio acabam ficando inviáveis durante longos períodos do ano. Esse atraso compromete o calendário agrícola, reduz a eficiência do uso da terra e limita a produção de alimentos, afetando diretamente a renda das famílias agricultoras. Em comunidades de subsistência, essas perdas sucessivas agravam a insegurança alimentar e ampliam a dependência de auxílios externos e programas de assistência governamental (PEREIRA et al., 2023).

## **2.7 Importância Econômica e Sustentabilidade**

As palafitas agrícolas são estruturas elevadas construídas sobre estacas fixadas no solo, projetadas para sustentar sistemas de cultivo acima do nível do terreno natural (EMBRAPA, 2014). Tradicionalmente utilizadas em áreas ribeirinhas e regiões de planícies aluviais, essas estruturas têm como principal função proteger as lavouras contra alagamentos frequentes, permitindo a produção agrícola mesmo em períodos de cheia. As palafitas podem ser construídas com materiais simples e disponíveis localmente, como madeira, metal ou concreto, tornando-se uma alternativa acessível para comunidades vulneráveis às inundações (OECD; FAO, 2021).

A utilização de palafitas agrícolas associadas a sistemas semi-hidropônicos representa uma solução eficiente para contornar as limitações impostas pelos alagamentos em campos agrícolas. Ao elevar vasos ou canais de cultivo contendo substratos inertes, como a fibra de coco, torna-se possível o fornecimento controlado de solução nutritiva às plantas, independentemente das condições do solo subjacente (SAVVAS; GRUDA, 2018). Essa integração reduz perdas de safra, melhora a sanidade das plantas e contribui para a continuidade da produção de alimentos em áreas ribeirinhas (MENEZES JÚNIOR; SILVA, 2023).

Além dos benefícios produtivos, as palafitas agrícolas apresentam vantagens socioeconômicas e ambientais. Sua construção pode ser realizada com materiais locais e de baixo custo, facilitando a adoção por pequenos produtores e comunidades tradicionais (OECD; FAO, 2021). Ademais, a combinação com sistemas semi-hidropônicos promove o uso eficiente da água e dos nutrientes, reduz a incidência de pragas e doenças associadas ao solo e favorece a produção de alimentos de forma mais sustentável (ALTIERI, 2012).

### 3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na estufa do IFTO *Campus Palmas*, especificamente no bloco 13, com as coordenadas geográficas: “latitude -10.200677 de longitude -48.3110670”. Para o delineamento foi utilizado o método de inteiramente causalizado, que contempla dois tipos de tratamento, um de feijão cultivado em substrato inerte (fibra de coco) e outro em solo convencional (latossolo vermelho). O cultivo foi realizado em vasos plásticos com capacidade de 8 litros, que foram elevados do chão por meio de tripés metálicos, sendo 10 para cada tipo de tratamento, totalizando 20 unidades experimentais.

O solo convencional utilizado no estudo foi coletado da própria área do instituto, em uma zona que estava sendo preparada para cultivo e que já avia sido corrigida a acidez do solo, em seguida o solo foi peneirado em peneira metálica de 5 mm e armazenado em uma bombona 220 Litros, daí ele foi levado para uma estufa de circulação de ar forçado a 90 °C onde permaneceu por 40 minutos para a esterilização, matando os organismos prejudiciais como fungos, bactérias e outros. Já a fibra da casca de coco foi previamente triturada e, em seguida, submetida a um processo de lavagem por imersão em água por um período de doze horas, com o objetivo de promover a remoção de compostos indesejáveis, como cloreto de potássio, cloreto de sódio e taninos, que podem interferir negativamente no desenvolvimento das plantas. Esse procedimento é fundamental para reduzir a salinidade do substrato e minimizar possíveis efeitos tóxicos sobre o sistema radicular.

Após o período de imersão, a fibra de coco foi retirada da água e submetida à secagem em estufa com circulação de ar forçado, permanecendo por 24 horas à temperatura de 65 °C. Esse processo de secagem teve como finalidade reduzir a umidade do material, padronizar as condições físicas do substrato e garantir sua adequação para utilização no sistema semi-hidropônico, assegurando maior estabilidade e eficiência no cultivo das plantas.

As sementes de feijão foram inseridas diretamente no solo convencional e no substrato (duas sementes por vaso a uma profundidade de 2 centímetros). Cinco dias após emergência das plântulas, as plantas foram avaliadas e selecionadas, onde a menos desenvolvida foi desbastada.

A irrigação no sistema semi-hidropônico ocorreu de forma contínua e uniforme, garantindo que cada planta tivesse acesso à mesma solução nutritiva. O sistema de irrigação escolhido foi o localizado, empregando gotejamento, com um diâmetro do tubo de 1/4 e um fluxo de água de 0,1 L /minuto por gotejador. A elaboração da solução nutritiva utilizada nesse sistema, foi uma combinação de fertilizantes minerais das marcas Dripso e Kelamylth MP6, com as quantidades ajustadas conforme as orientações dos fabricantes, para obter 500 L do produto. Isso significa que vão ser empregadas 1 g por litro, totalizando 500 g de soluções de folhosa e cálcio da Dripso e 15 g de quelato de ferro da Kelamylth MP6 (CASAROTTO, 2024). A troca da solução foi feita a cada 20 dias, após as medições dos parâmetros estudados.

No sistema semi-hidropônico, a absorção dos nutrientes feita pelas plantas ocorreu predominantemente por meio do sistema radicular, em contato direto com a solução nutritiva distribuída no substrato inerte, como a fibra de coco, permitindo que os íons minerais dissolvidos sejam absorvidos de forma eficiente pelas raízes. Esse processo envolve mecanismos de transporte passivo e ativo através das membranas celulares, regulados pelas necessidades fisiológicas da planta, pela concentração dos nutrientes na solução e pelas condições do ambiente radicular proporcionada pela fibra de coco. A disponibilidade contínua e equilibrada de macro e micronutrientes favorece maior eficiência na absorção, crescimento uniforme e melhor desempenho fisiológico das plantas, reduzindo perdas por lixiviação e estresses nutricionais.

As plantas foram mantidas na estufa agrícola por 70 dias (tempo do ciclo do feijão), durante o experimento, mais precisamente a cada 20 dias foram coletados dados dos parâmetros de teor da clorofila (medido com clorofilômetro portátil Spad-502) e diâmetro do caule (medido com paquímetro digital EVA modelo 7VT) de cada réplica do experimento, para determinar as melhores variáveis entre as plantas. A avaliação da produtividade foi feita ao término do ciclo de produção após a dessecação natural pelo sol, onde foram avaliadas as variáveis avaliadas foram:

- A média das medições de diâmetro do caule e clorofila.
- Número dos grãos nas vagens.
- Número de grãos por planta.
- O peso dos grãos sem as vagens em gramas.

Os dados referentes à produtividade foram submetidos à análise de variância (ANOVA). E as médias comparadas pelo teste t ( $p < 0,05$ ).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

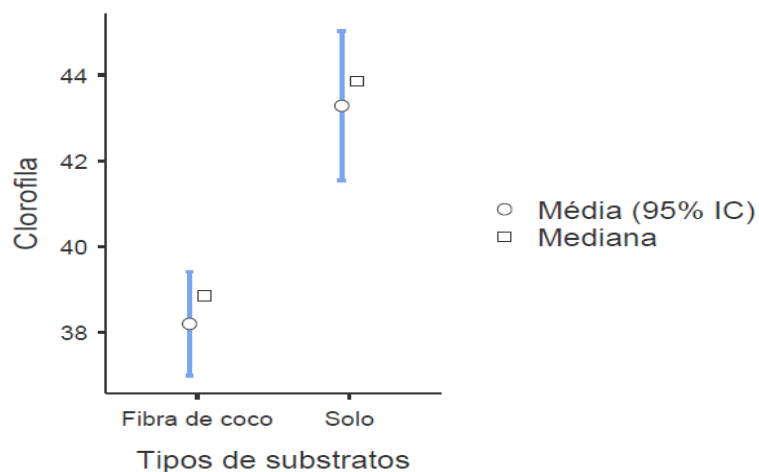
A análise do teor de clorofila revelou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados (fibra de coco e solo convencional). O teste t de Student para amostras independentes indicou valor de  $t = -4,69$ , com 18 graus de liberdade e  $p < 0,001$ , sendo rejeitado se a hipótese nula for de igualdade entre as médias.

As plantas cultivadas em solo convencional apresentaram maior teor médio de clorofila (43,3), quando comparadas às plantas cultivadas em fibra de coco (38,2) (Gráfico 1). Esse comportamento também foi observado na mediana dos dados, que seguiu a mesma tendência, indicando consistência nos resultados obtidos. Os desvios-padrão foram relativamente baixos em ambos os tratamentos, demonstrando boa homogeneidade das amostras.

O maior teor de clorofila observado no solo convencional pode estar relacionado à maior disponibilidade natural de nutrientes, especialmente nitrogênio, elemento diretamente associado à síntese da clorofila. Além disso, o solo pode apresentar maior capacidade tampão e retenção de nutrientes, favorecendo a absorção contínua ao longo do ciclo da cultura (TAIZ et al., 2017).

Os intervalos de confiança de 95% apresentados no gráfico corroboram os resultados estatísticos, evidenciando ausência de sobreposição significativa entre os tratamentos, o que confirma a superioridade do solo convencional quanto ao teor de clorofila nas plantas de feijão avaliadas.

**Gráfico 1-** A análise do teor de clorofila (SPAD) em relação a fibra de coco e o solo convencional.



**Fonte:** Dados da pesquisa, analisados no software jamovi (THE JAMOVİ PROJECT, 2024).

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas do teor de clorofila das plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, fibra de coco e solo convencional. Observa-se que ambos os tratamentos foram avaliados com dez repetições ( $N = 10$ ), garantindo equilíbrio amostral e maior confiabilidade dos resultados.

As plantas que cultivadas em solo convencional vieram a apresentaram maior valor médio de teor de clorofila SPAD (43,3) em comparação às plantas cultivadas em fibra de coco (38,2). Essa diferença também é evidenciada pelos valores de mediana, que foram de 43,9 para o solo e 38,9 para a fibra de coco, indicando que a tendência central dos dados segue o mesmo padrão observado nas médias, sem influência significativa de valores extremos.

Em relação à variabilidade dos dados, o desvio-padrão foi maior no tratamento com solo (2,81) quando comparado à fibra de coco (1,95), indicando uma maior dispersão dos valores de clorofila entre as plantas cultivadas em solo convencional. Ainda assim, ambos os tratamentos apresentaram variabilidade considerada baixa a moderada, sugerindo boa uniformidade no desenvolvimento das plantas.

O erro-padrão da média reforça essa interpretação, apresentando valores de 0,890 para o solo e 0,617 para a fibra de coco. Esses resultados indicam que as médias estimadas são representativas das amostras avaliadas e conferem maior precisão às comparações entre os tratamentos.

**Tabela 1-** Análise descritiva do teor de clorofila (SPAD)

|                             | Grupo                | N  | Média | Mediana | Desvio<br>-padrão | Erro-padrão |
|-----------------------------|----------------------|----|-------|---------|-------------------|-------------|
| Teor de clorofila<br>(SPAD) | Fibra de coco        | 10 | 38.2  | 38.9    | 1.95              | 0.617       |
|                             | Solo<br>Convencional | 10 | 43.3  | 43.9    | 2.81              | 0.890       |

**Fonte:** Dados da pesquisa, analisados no software jamovi (THE JAMОВI PROJECT, 2024).

Nesta seção, a análise o diâmetro do caule das plantas de feijão cultivadas em fibra de coco e em solo convencional não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. O teste t de Student para amostras independentes indicou valor de  $t = 2,00$ , com 18 graus de liberdade e  $p = 0,061$ , valor ligeiramente superior ao nível de significância adotado ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2), não permitindo a rejeição da hipótese nula de igualdade entre as médias.

Apesar da ausência de significância estatística, observa-se que as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram maior diâmetro médio do caule (4,93 cm) em comparação às plantas cultivadas em solo convencional (4,60 cm). Essa tendência também foi verificada nos valores de mediana, que foram de 5,02 cm para a fibra de coco e 4,58 cm para o solo, indicando um padrão consistente nos dados.

Em relação à variabilidade, o tratamento com solo apresentou maior desvio-padrão (0,432 cm) quando comparado à fibra de coco (0,292 cm), sugerindo maior heterogeneidade no desenvolvimento das plantas cultivadas em solo convencional. O erro-padrão da média seguiu o mesmo comportamento, sendo maior no solo (0,137 cm) do que na fibra de coco (0,092 cm), indicando menor precisão da média nesse tratamento.

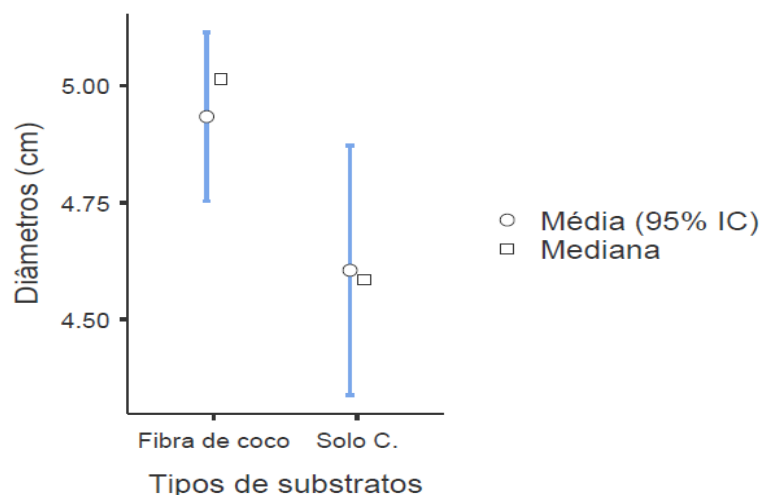
**Tabela 2-** Teste t para amostras independentes

|                |              | Estatística | gl   | p     |
|----------------|--------------|-------------|------|-------|
| Diâmetros (cm) | t de Student | 2.00        | 18.0 | 0.061 |

**Fonte:** Dados da pesquisa, analisados no software jamovi (THE JAMОВI PROJECT, 2024).

Os intervalos de confiança de 95% representados graficamente (Gráfico 2) apresentaram sobreposição entre os tratamentos, corroborando o resultado do teste estatístico e indicando que as diferenças observadas no diâmetro do caule não foram suficientemente expressivas para serem consideradas estatisticamente significativas.

**Gráfico 2-** análise do diâmetro do caule em (cm), da média dos dados.



**Fonte:** Dados da pesquisa, analisados no software jamovi (THE JAMOVİ PROJECT, 2024).

Já a análise de variância (ANOVA a um fator com correção de Welch), aplicada ao peso dos grãos sem as vagens, não indicou diferença estatisticamente significativa entre os substratos avaliados. O teste de Welch apresentou valor de  $F = 2,04$ , com  $p = 0,173$ , valor superior ao nível de significância adotado ( $p < 0,05$ ), não permitindo a rejeição da hipótese nula de igualdade entre as médias dos tratamentos.

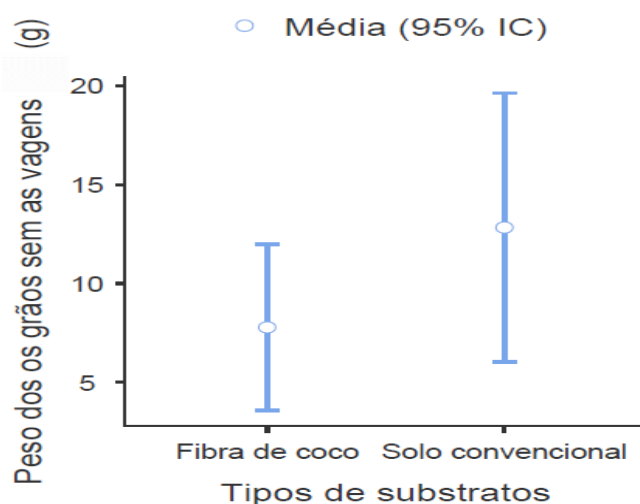
De acordo com os dados processados, as plantas cultivadas em solo convencional apresentaram maior peso médio dos grãos (12,83 g) em comparação às plantas cultivadas em fibra de coco (7,78 g). Esse resultado sugere uma tendência de maior acúmulo de massa nos grãos produzidos em solo, embora essa diferença não tenha sido suficientemente expressiva para ser confirmada estatisticamente nas condições do experimento.

Os resultados dos dados indicam que o tratamento com solo convencional apresentou maior desvio-padrão (9,52 g) em relação à fibra de coco (5,86 g), evidenciando maior dispersão dos valores de produtividade entre as repetições. O erro-padrão da média seguiu a mesma tendência, sendo superior no solo (3,01 g) quando comparado à fibra de coco (1,85 g),

o que demonstra menor uniformidade produtiva nesse substrato.

Os intervalos de confiança de 95% (Gráfico 3) apresentados no gráfico evidenciam sobreposição entre os tratamentos, corroborando o resultado da ANOVA e indicando que as diferenças observadas podem estar associadas à variabilidade natural das plantas, e não exclusivamente ao tipo de substrato utilizado.

**Gráfico 3-** Peso dos grãos sem as vagens em função dos substratos.



**Fonte:** Dados da pesquisa, analisados no software jamovi (THE JAMOVİ PROJECT, 2024).

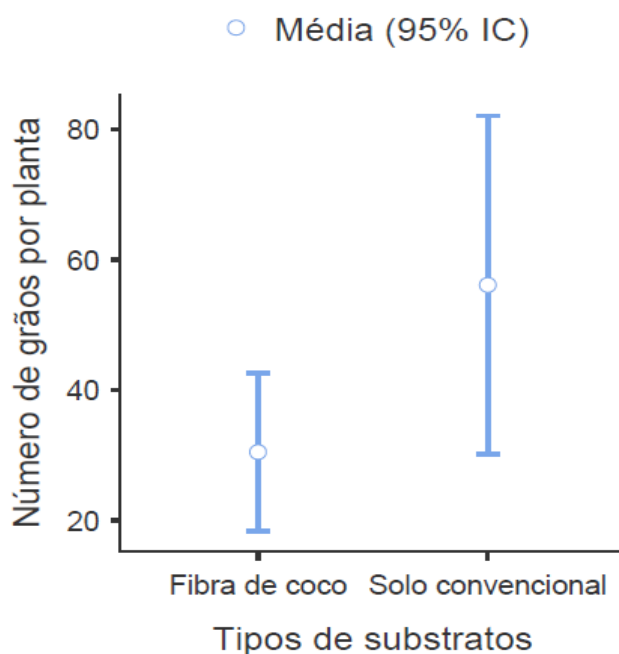
Analisando também por meio da análise de variância (ANOVA a um fator) aplicada ao número de grãos por planta não evidenciou diferença estatisticamente significativa entre os substratos avaliados. O teste apresentou valor de  $F = 4,10$ , com  $p = 0,065$ , valor ligeiramente superior ao nível de significância adotado ( $p < 0,05$ ), não permitindo a rejeição da hipótese nula de igualdade entre as médias dos tratamentos.

Foi observado que as plantas cultivadas em solo convencional apresentaram maior número médio de grãos por planta (56,1) em comparação às plantas cultivadas em fibra de coco (30,5). Essa diferença numérica indica uma tendência de maior produtividade no solo convencional, embora essa tendência não tenha sido confirmada estatisticamente nas condições do experimento (Gráfico 4).

Em relação à variabilidade dos dados, o tratamento com solo convencional

apresentou maior desvio-padrão (36,3) quando comparado à fibra de coco (16,9), evidenciando maior dispersão dos valores entre as repetições. O erro-padrão da média também foi superior no solo (11,47) em relação à fibra de coco (5,33), indicando menor uniformidade produtiva das plantas cultivadas em solo convencional.

**Gráfico 4-** Número de grãos por planta em função dos substratos.



**Fonte:** Dados da pesquisa, analisados no software jamovi (THE JAMOVI PROJECT, 2024).

A análise gráfica, por meio dos intervalos de confiança de 95%, demonstra sobreposição entre os tratamentos, corroborando o resultado da ANOVA e indicando que a diferença observada pode estar associada à variabilidade natural das plantas e às condições experimentais, e não exclusivamente ao tipo de substrato utilizado.

A avaliação da quantidade dos grãos nas vagens foi realizada com base na análise do número de grãos por vagem e na distribuição desses grãos entre as plantas cultivadas em fibra de coco e em solo convencional (Tabela 3). Os resultados evidenciam diferenças no comportamento produtivo dos substratos, especialmente no que se refere à eficiência reprodutiva e ao enchimento das vagens.

**Tabela 3-** Quantidades de grãos nas vagens.

|                                           | Grupo             | Vagem com número de grãos (V). |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                           |                   | V. com 0 grãos                 | V. com 1 grãos | V. com 2 grãos | V. com 3 grãos | V. com 4 grãos | V. com 5 grãos | V. com 6 grãos | V. com 7 grãos |
| Quantidade de grãos presentes nas vagens. | Fibra de coco     | 36                             | 73             | 34             | 24             | 15             | 4              | 2              | 0              |
|                                           | Solo Convencional | 22                             | 104            | 81             | 47             | 25             | 7              | 2              | 1              |

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Na fibra de coco, foi observado predominância de vagens com um ou dois grãos, além de ocorrência frequente de vagens sem grãos. Embora a fibra tenha proporcionado desenvolvimento relativamente uniforme entre as plantas, a menor incidência de vagens com maior número de grãos indica menor eficiência no enchimento das vagens, possivelmente relacionada à limitação nutricional durante a fase reprodutiva, uma vez que a fibra de coco é um material quimicamente inerte e dependente do manejo da solução nutritiva.

Por outro lado, as plantas cultivadas em solo convencional apresentaram maior proporção de vagens com três ou mais grãos, incluindo ocorrências de vagens com quatro, cinco e até seis grãos. Esse comportamento demonstra maior eficiência reprodutiva e melhor formação dos grãos, sugerindo que o solo proporcionou condições mais favoráveis ao suprimento de nutrientes ao longo do ciclo da cultura, especialmente durante o período de formação e enchimento das vagens.

Apesar da maior variabilidade observada entre as plantas cultivadas em solo convencional, a presença de indivíduos com elevado número de grãos por vagem contribuiu para uma qualidade superior dos grãos nesse substrato, quando comparado à fibra de coco. Dessa forma, os resultados indicam que o solo convencional favoreceu o enchimento dos grãos e a produção de vagens mais eficientes, enquanto a fibra de coco, embora adequada para o cultivo do feijoeiro em sistema semi-hidropônico, apresentou limitações quanto à quantidade dos grãos nas vagens nas condições avaliadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do desempenho da fibra de coco em comparação ao solo convencional na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em sistema semi-hidropônico demonstrou que ambos os substratos são tecnicamente viáveis para o cultivo do feijoeiro em ambiente protegido, embora apresentem comportamentos distintos ao longo do ciclo da cultura. Os resultados indicaram diferença estatisticamente significativa no teor de clorofila, com valores superiores nas plantas cultivadas em solo convencional, possivelmente em função da maior disponibilidade natural de nutrientes, especialmente nitrogênio. Quanto ao diâmetro do caule, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, ainda que as plantas cultivadas em fibra de coco tenham apresentado médias ligeiramente superiores, sugerindo que as propriedades físicas desse substrato favorecem o desenvolvimento vegetativo.

Em relação aos parâmetros produtivos, o peso dos grãos sem vagens e o número de grãos por planta não diferiram estatisticamente entre os substratos, embora o solo convencional tenha apresentado maiores valores médios e melhor enchimento das vagens, com maior frequência de vagens contendo três ou mais grãos. Por outro lado, a fibra de coco proporcionou maior uniformidade produtiva, ainda que com predominância de vagens com menor número de grãos, evidenciando a necessidade de ajustes no manejo da solução nutritiva, especialmente na fase reprodutiva. Dessa forma, conclui-se que a fibra de coco constitui uma alternativa viável ao solo convencional no cultivo semi-hidropônico do feijão, sobretudo em situações de limitação do uso do solo, como áreas sujeitas a alagamentos, palafitas agrícolas e ambientes urbanos, desde que haja adequado aprimoramento do manejo nutricional para maximizar a produtividade.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; NOGUERA, P.; BURÉS, S. **National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain**. Bioresource Technology, v. 96, p. 77–84, 2005.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- ARAÚJO, R. A. C. **Fibras alimentares**. Revista Brasileira de Nutrição Clínica, v. 13, n. 13, 1998.
- CARDOSO, A. P. N.; SOUZA, E. C.; OLIVEIRA, R. A. P. **O desenvolvimento de hortaliças em cultivo hidropônico comparado ao cultivo tradicional**. Revista Novos Desafios, v. 5, n. 1, p. 42-51, 2025.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. **Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola**. Horticultura Brasileira, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.
- CASAROTTO, R. W. et al. **Avaliação da produtividade de cultivares de feijão de vagem sob duas formas de cultivo em sistema de base agroecológica**. Cadernos de Agroecologia, v. 19, n. 1, 2024.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: feijão**. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2021.
- Embrapa. **Cultivo protegido e uso racional de água e nutrientes**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- EMBRAPA. **Encharcamento do solo e seus efeitos no desenvolvimento das plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- EMBRAPA. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2023.
- EMBRAPA. **Hortas suspensas e canteiros elevados para áreas sujeitas a inundações**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- EMBRAPA. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- FAO. **Bangladesh: impact of the floods on agricultural livelihoods and food security**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024. Disponível em:

<https://www.fao.org>. Acesso em: 11 set. 2025.

FAO. **Floods and agriculture: impacts on food security and livelihoods**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016.

FAO. **Pulses: nutritious seeds for a sustainable future**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.

FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.

GERICKE, W. F. **Hydroponics—crop production in liquid culture media**. *Science*, v. 85, n. 2198, p. 177–178, 1937.

GERICKE, W. F. **The complete guide to soilless gardening**. New York: Prentice-Hall, 1940.

GONZALEZ, E. M.; SILVA, T. R.; ALMEIDA, J. P. **O papel do feijão na segurança alimentar: desafios e oportunidades**. *Revista de Nutrição e Saúde*, v. 15, n. 4, p. 223-240, 2022.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950.

KANT, Immanuel. **Fundamentação da metafísica dos costumes**. Tradução de Paulo Quintela. Lisboa: Edições 70, 1998.

MARTINEZ, H. E. P. **Características dos substratos para horticultura**. Agronegócios, 2002.

MARTINEZ, H. E. P. **Características dos substratos para horticultura**. Agronegócios, 2014. Disponível em: <https://www.agronegocios.eu/noticias/caracteristicas-dos-substratos-para-horticultura-composicao-e-caracteristicas-dos-constituintes-individuais-dos-substratos-parte/>. Acesso em: 11 set. 2025.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. L. **Cultivo sem solo: princípios e aplicações**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; SILVA, P. F. da (org.). **Cultivo do morangueiro em sistema semi-hidropônico**. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), 2023.

MENEZES, R. F.; CARVALHO, T. P. **Potencial do sistema semi-hidropônico para pequenos produtores: desafios e oportunidades**. *Journal of Agricultural Research*, v. 18, n. 1, p. 15-28, 2020.

OECD; FAO. **Building agricultural resilience to natural hazard-induced disasters**. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2021.

OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, M. P. **Práticas agrícolas em áreas rurais: a necessidade de capacitação e extensão rural.** *Journal of Rural Studies*, v. 48, p. 125-134, 2022.

PEREIRA, L. R.; COSTA, A. M.; ALMEIDA, V. **A importância da informação na agricultura de áreas remotas: desafios e perspectivas.** *Revista Brasileira de Agricultura e Sustentabilidade*, v. 14, n. 1, p. 55–70, 2023.

PEREIRA, L. R.; COSTA, A. M.; ALMEIDA, V. **A importância da informação na agricultura de áreas remotas: desafios e perspectivas.** *Revista Brasileira de Agricultura e Sustentabilidade*, v. 14, n. 1, p. 55-70, 2023.

R Core Team (2024). **R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.4) [Computer software].** Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).

RESENDE, G. M.; MARTINEZ, H. E. P. **Hidroponia: princípios e técnicas de cultivo.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

RESENDE, G. M.; LIMA, J. F. **Hidroponia: princípios e aplicações.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2016.

SANTOS, J. A.; FERREIRA, C. P.; ALMEIDA, R. **Eficácia do cultivo semi-hidropônico em áreas remotas: um estudo de caso.** *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2021.

SILVA, P. S.; RIBEIRO, M. F.; ALMEIDA, T. S. **Impactos das inundações em sistemas de produção agrícola.** *Revista de Ciências Agrárias*, v. 31, n. 4, p. 100-115, 2020.

SAVVAS, D.; GRUDA, N. **Application of soilless culture technologies in greenhouse vegetable production – A review.** *European Journal of Horticultural Science*, v. 83, n. 5, p. 280–293, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

THE JAMOVİ PROJECT. **jamovi (Versão 2.6) [software].** 2024. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 17 dez. 2025.

VIEIRA, C. **Cultivo do feijoeiro comum.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

WOODWARD, J. **Some thoughts and experiments concerning vegetation.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 21, p. 193–227, 1699.