

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA – SAPC
CURSO DE AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DE SOJA (*Glycine max*)
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

WILLIAN LOPES TOLEDO
ORIENTADOR(A)/PROFESSOR(A): CRISTIANE REGINA BUENO AGUIRRE RAMOS

GOIÂNIA - GO
JUNHO/2026

WILLIAN LOPES TOLEDO

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DE SOJA (*Glycine max*)
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro
Universitário Goiás - UNIGOIÁS como pré-requisito para
obtenção do título de bacharel em agronomia.

Orientadora: Cristiane Regina Bueno Aguirre Ramos

GOIÂNIA- GO
JUNHO/2026

WILLIAN LOPES TOLEDO

AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DE SOJA (*Glycine max*)

RESUMO

Este trabalho aborda a cultura da soja, destacando sua importância agrícola e produção de sementes de qualidade, relacionando diferentes tipos de substratos para o cultivo em ambiente protegido. A partir de um ensaio experimental buscou – se discutir o efeito de três tipos diferentes de substratos no desenvolvimento vegetativo e na produtividade de sementes de soja cultivadas em casa de vegetação, visando uma solução sustentável e inovadora para multiplicação de sementes na agricultura. O presente estudo avaliou o desempenho agrônômico da cultivar de soja BMX Zeus IPRO cultivada sob casa de vegetação com 3 tipos de tratamento, sendo T1 (substrato composto por turfa preta, casca de arroz e fibra de coco), T2 (substrato composto por casca de pinus, carvão vegetal e fibra de coco) e T3 (substrato composto por resíduos sólidos urbanos carbonáceos e biochar), garantindo manejo fitossanitário adequado além de irrigação e fertirrigação ajustadas às necessidades da cultura. Os resultados foram obtidos através de análises estatísticas de variância (ANOVA) pelo teste de F e pelo teste de Tukey indicando que os tratamentos 1 e 2 foram superiores significativamente ao tratamento 3 entre todos os caracteres agrônômicos vegetativos e reprodutivos avaliados, sendo os tratamentos 1 e 2 os melhores em altura de plantas e produtividade de sementes. O estudo demonstra que substratos compostos por fibra de coco e carvão vegetal garantem um bom desenvolvimento vegetativo das plantas, além de melhorar o sistema radicular vegetal e produzir satisfatória quantidade de sementes.

Palavras-chave: Ambiente protegido; Ensaio experimental; Produtividade; Multiplicação de sementes; Fibra de coco.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 SOJA: CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA	8
2.2 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA SOJA	9
2.3 SUBSTRATOS PARA O CULTIVO DE PLANTAS	10
2.4 ADUBAÇÃO E MANEJO NUTRICIONAL DA SOJA	11
2.5 CASAS DE VEGETAÇÃO	12
2.6 INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO EM PLANTAS	13
2.7 SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 LOCALIZAÇÃO E PREPARO DO EXPERIMENTO	15
3.2 INSTALAÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	17
3.3 PARÂMETROS AVALIADOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja é essencial para a economia do país, sendo o Brasil um dos maiores exportadores deste grão, a estimativa de produção na safra 2025/2026 foi de 177,8 milhões de toneladas, batendo um recorde de produção registrado no Brasil, sendo destaque na região Centro-Oeste (CONAB, 2026).

O sucesso da soja no Brasil e a alta produtividade só foi possível devido a expansão desta cultura nas diferentes regiões do país, resultado de organização de redes de pesquisa e melhoramento genético, solucionando problemas como, resistência a pragas ou doenças, diferenças de clima, aumento de produtividade, características fundamentais para o desenvolvimento desta cultura (SILVA *et al.*, 2022).

O resultado desta conquista se deve a décadas de pesquisa e investimento para o aperfeiçoamento da cultura no país, por meio de programas de melhoramento genético, em ambientes controlados com o objetivo de multiplicar e produzir sementes de alta qualidade para o mercado (TUNES *et al.*, 2020).

Desse modo, a etapa mais sensível no sistema produtivo de soja, é a produção de sementes, importante para assegurar o bom desempenho agrônomo e a uniformidade das lavouras no campo. Trabalhos de multiplicação de sementes convencionais não atendem aos critérios de qualidade exigidas pelos mercados modernos, apresentando baixo aproveitamento no uso de insumos e recursos naturais, sendo necessário a substituição para modelos de produção de sementes mais eficientes e sustentáveis, preservando o meio ambiente e otimizando o custo de produção da lavoura (ROCHA, 2025).

Sementes de qualidade garantem uma germinação e emergência das plantas de maneira satisfatória e rápida, o que resulta no desenvolvimento de plantas mais adaptadas às condições adversas e a diferentes tipos de regiões. Dessa forma, a produção de sementes de alta qualidade garante a continuidade da cultura e a geração de lucro em diversas regiões. Plantas de alta qualidade, apresentam crescimento rápido, grande potencial produtivo, maior número de vagens e grãos, e raiz mais profunda, resultando em uma excelente produtividade na lavoura (SANTORIO *et al.*, 2024).

Portanto, considerando que as características físicas e químicas dos substratos influenciam o desenvolvimento das plantas, torna-se importante avaliar diferentes materiais e composições para o cultivo da soja em casa de vegetação. Substratos com adequada retenção

de água, aeração e disponibilidade de nutrientes favorecem o crescimento vegetal e o desenvolvimento radicular, refletindo no vigor das plantas (JORGE *et al.*, 2020).

O substrato constitui-se no meio no qual as raízes das plantas se desenvolvem, desempenhando papel fundamental tanto no suporte estrutural da parte aérea quanto no fornecimento de nutrientes, oxigênio e água (ALMEIDA *et al.*, 2020). Para que seja considerado adequado, deve reunir características físicas, químicas, e biológicas favoráveis ao crescimento vegetal, destacando, a baixa densidade que favorece a aeração radicular, a riqueza em nutrientes essenciais, a uniformidade de sua composição, bem como a elevada capacidade de troca de íons e de retenção de água (GOMES, 2021).

O substrato pode apresentar em sua composição material orgânico ou inorgânico, natural e sintético, que será essencial para o crescimento e enraizamento de plantas, ajudando também na sustentação e proteção das raízes. O substrato deve apresentar viabilidade econômica excelente e características físicas e químicas favoráveis para um bom desenvolvimento da planta (ANDRADE, 2024).

Além disso, de acordo com estudos, há muitos substratos no mercado que tem presentes na sua composição fertilizantes minerais e matérias primas não renováveis resultando em preço mais elevado em relação ao substrato orgânico que apresenta um custo inferior, utilizando recursos reaproveitados e que visam a sustentabilidade na produção agrônômica (EMBRAPA, 2025).

Diante disso, a procura por soluções ambientalmente eficientes e economicamente viáveis vem ganhando grande importância para a agricultura sustentável. A utilização de resíduos agroindustriais e o reaproveitamento de materiais orgânicos surgem como uma ideia promissora, que integra inovação tecnológica e preservação dos recursos naturais no meio ambiente (COUTINHO JÚNIOR *et al.*, 2025). Portanto, substratos alternativos para o cultivo de plantas obtidos por meio do reaproveitamento de resíduos, contribui para a preservação ambiental e redução de custos na agricultura, o composto resultante auxilia no fornecimento de nutrientes essenciais, melhorando a eficiência de infiltração de água e a aeração do meio físico obtido, facilitando o desenvolvimento e crescimento das plantas e aumentando a produtividade agrícola (BRITO *et al.*, 2024).

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de três diferentes substratos no desenvolvimento inicial e na produtividade de sementes de soja, cultivados em vasos sob casa de vegetação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SOJA: CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA

A soja é uma planta herbácea, possui caule ereto e flexível, pouco ramificado e raiz pivotante com muitas ramificações. Apresenta folhas trifoliadas, flores de coloração roxa ou branca que realizam autofecundação, desenvolvem vagens que passam da coloração verde para amarelo-pálido ou marrom assim que amadurecem, podendo desenvolver no interior dessas vagens de uma a cinco sementes lisas de tegumento amarelo pálido com hilo que pode variar através do marrom, preto ou amarelo-palha. A altura das plantas tem influência direta das condições do ambiente, o fotoperíodo tendo papel crucial no início de desenvolvimento desta cultura, interferindo na sua floração e na duração do ciclo da cultura (EMBRAPA, 2023).

Tendo sua origem na Ásia, especialmente na região da China, a soja é considerada um alimento divino pelos chineses, a planta é cultivada como principal fonte proteica, sendo essencial na dieta da população e utilizada também como matéria prima para diversos produtos.

Com a chegada desta cultura no Brasil, as cultivares enfrentaram problemas de adaptação com o clima e temperaturas elevadas de algumas regiões do país, limitando o cultivo deste grão que foi solucionado através do grande investimento em empresas de pesquisa agropecuária que garantiu a adaptação da soja a diferentes regiões do país, criando cultivares resistentes as condições tropicais e do Cerrado. Desse modo, o Brasil se tornou um dos maiores exportadores e produtores de soja do mundo, no qual a cultura se consolidou como o eixo central do agronegócio brasileiro, desempenhando uma função fundamental na geração de receitas, na criação de empregos e na afirmação da agricultura brasileira no mercado internacional (SYNGENTA, 2024).

O resultado obtido através das exportações da indústria brasileira de soja ultrapassa os dez milhões de dólares o que ilustra cerca de 8% do total exportado pelo Brasil. Um de cada quatro dólares exportados pela agroindústria brasileira é obtido através da soja e sua importância irá se manter por muitos anos, devido à alta demanda por soja no mercado mundial e a disponibilidade de terras que o Brasil tem a oferecer para o cultivo desta cultura. A produção de soja no Brasil cresceu cerca de 262 vezes ao longo dos últimos 47 anos, possibilitando o avanço da agricultura brasileira, acelerando a mecanização no campo, tecnificando outras culturas e fornecendo suporte alimentar para a expansão da produção de suínos e aves (DALL'AGNOL *et al.*, 2021).

2.2 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA SOJA

O crescimento das plantas é um processo vital para seu desenvolvimento, que pode ser influenciado por fatores como luz, água, nutrientes e temperatura. As plantas precisam de nutrientes essenciais, como nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio para garantir sua vida saudável, nutrientes que são absorvidos pelas raízes e transportados para estruturas vivas na parte aérea da planta como flores, folhas e frutos. Qualquer fator ambiental pode afetar o desenvolvimento das plantas, de forma benéfica ou negativa, ou seja, a disponibilidade de nutrientes que a planta vai precisar para se ter um bom crescimento, irá depender da época do ano e principalmente do tipo de solo em que a planta está crescendo. Sendo assim, o solo irá ser importante para o correto desenvolvimento e aprofundamento das raízes, fornecendo nutrientes e resistência da planta a diversas condições adversas (BUENO, 2023).

Desse modo, o aumento do sistema radicular pode influenciar significativamente na absorção de nutrientes pelas plantas, contribuindo para o aumento da produção, resultando em uma economia de custos (FERRÃO *et al.*, 2006). Além disso, existe uma interação de via dupla entre raízes e parte aérea das plantas, onde a parte aérea irá regular a correta absorção nutricional pelas raízes e assim as raízes iram modular o crescimento de brotos na parte aérea da planta, interação muito importante para auxiliar as plantas a resistirem a estresses abióticos, possibilitando uma resposta coordenada e eficiente da planta à desafios ambientais (GARCÍA *et al.*, 2023).

Destacando assim, que, para o sucesso da cultura da soja é importante oferecer o suprimento adequado de nutrientes, sendo o nitrogênio o fósforo e o potássio os nutrientes mais utilizados para a cultura da soja, estes que estão associados ao metabolismo vegetal, fotossíntese, respiração, crescimento, produção de flores, folhas e grãos. Ademais, os micronutrientes são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das culturas, a deficiência de um único micronutriente pode afetar os processos metabólicos da planta, causando a deficiência de um macronutriente, dado isso, a baixa fertilidade de alguns solos pode ocasionar em uma menor disponibilização de alguns micronutrientes. O zinco, desse modo, é um micronutriente capaz de auxiliar no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular da soja, comprimento da parte aérea, ajudando a produção de hormônios relacionados ao desenvolvimento inicial da cultura da soja (DIAS; ROCHA, 2020).

A absorção de nutrientes pela soja ocorre inicialmente pelas raízes, sendo posteriormente transportados pelo xilema até a parte aérea das plantas. No início do

desenvolvimento, aproximadamente até 30 dias após a germinação, a taxa de absorção de nutrientes é baixa. Entre o final da floração e o início do enchimento de grãos (R2 a R5), observa-se o período de maior demanda nutricional pela cultura, seguido por uma redução gradual à medida que a planta avança para a fase de maturação. Durante o estágio de maior exigência, os fotoassimilados produzidos são direcionados prioritariamente para os grãos, os quais necessitam de elevados teores de óleo e proteínas (TAGLIAPIETRA *et al.*, 2022).

2.3 SUBSTRATOS PARA O CULTIVO DE PLANTAS

O substrato é o meio físico, resultado de uma mistura composta por solo ou areia em conjunto com alguma fonte de matéria orgânica obtida através da decomposição, que vai fornecer as características essenciais para o desenvolvimento da planta e realização de seu ciclo completo, produto que deve fornecer uma boa aeração e porosidade para que o sistema radicular da planta se expanda e forneça um bom nível de oxigênio para a plântula. Portanto, o substrato é uma composição de vários elementos de origem orgânica e mineral e solo, que vai promover a correta germinação de sementes e até mesmo ser utilizado como corretivo da fertilidade ou da acidez dos solos (MENEGAS; FERREIRA; MOCCELIN, 2022).

Nesse sentido, o substrato para ser considerado ideal precisa apresentar uniformidade em sua totalidade, não apresentando pragas e qualquer doença, deve conter boa quantidade de matéria orgânica, apresentar pH entre 5.0 e 6.0 para uma boa disponibilização de nutrientes, deve apresentar boa capacidade de fornecimento de água para a planta e retenção de umidade satisfatória para se ter uma boa regulação da temperatura vegetal (VERDI; KINZEL; KLEIN, 2019).

Além disso, há na atualidade vários tipos de substratos, baseado em sua composição como os substratos orgânicos que são constituídos por matéria de origem animal ou vegetal como a turfa, casca de árvores, restos de alimentos e esterco curtido, elementos que podem beneficiar a atividade microbológica, e favorecer a retenção de água e nutrientes, entretanto, a composição química e física pode afetar a uniformidade das mudas. Os substratos minerais utilizados são importantes por sua estabilidade física e lenta decomposição, garantindo ótima aeração e drenagem como a areia, a perlita, vermiculita e argila expandida. Entretanto, os mais utilizados são os substratos mistos, que são obtidos através da mistura de componentes orgânicos e minerais, reunindo alta capacidade de retenção de água, boa aeração e fornecimento adequado de nutrientes (JORGE *et al.*, 2020).

O grande desafio para a agricultura brasileira é produzir em quantidade suficiente, com boa qualidade e de forma sustentável, e o reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos para a obtenção de substratos para as plantas pode se tornar uma solução para os problemas ambientais, pois muitas vezes esses tipos de resíduos são descartados em aterros sanitários inviabilizando seu uso e gerando custos de infraestrutura para áreas de descarte de lixo orgânico. Esses substratos são obtidos através da compostagem de resíduos orgânicos de origem variadas que são reciclados e acabam fornecendo nutrientes para o solo e consequentemente melhorando a gestão e destinação de materiais orgânicos, evitando o acúmulo de lixo orgânico no meio ambiente (AMARAL *et al.*, 2021). Portanto, a utilização de substratos alternativos tem o potencial de reduzir os impactos ambientais gerados por substratos convencionais, a partir da reutilização de resíduos orgânicos que poderiam ser descartados erradamente, mas resultam em insumos agrícolas de baixo custo e alta eficiência, garantindo a biodiversidade do solo e o favorecimento da atividade biológica para as plantas (CARVALHO; CHAGAS, 2024).

2.4 ADUBAÇÃO E MANEJO NUTRICIONAL DA SOJA

A adubação é crucial para o processo de nutrição nas culturas das plantas, ela vai permitir que a cultura absorva os nutrientes necessários para seu desenvolvimento e crescimento, fornecendo macro e micronutrientes. O principal fator limitante de produção nas culturas é a fertilidade do solo, que muitas vezes apresenta escassez de nutrientes e acidez elevada, destacando que, o potencial de produção vegetal é definido pela interação entre o ambiente e o genótipo, sendo o solo o principal fator de variância de produção em uma cultivar. O solo rico em nutrientes é capaz de favorecer o sistema radicular, aumentando a capacidade de absorção da planta e oferecendo maior resistência estrutural e física a obstáculos do meio ambiente (LOS, 2025).

Nessa direção, os substratos utilizados como meio de desenvolvimento de plantas, pode exercer papel fundamental na disponibilização de nutrientes e correção da acidez elevada do solo, possuindo níveis de pH entre 5.5 e 6.5, valores definidos como ideais para várias culturas, apresentando boa condutividade elétrica e densidade, suportando o crescimento de mudas e facilitando o desenvolvimento das raízes (WINTER; KLEIN, 2021). Ademais, os substratos com presença de matéria orgânica podem resultar em uma maior disponibilidade de nutrientes ao solo, onde, portanto, a matéria orgânica ao se decompor, libera nutrientes essenciais as plantas, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento (MARSARO *et al.*, 2022).

A soja adquire grande parte do nitrogênio para seu metabolismo de maneira natural através da fixação biológica realizada na zona radicular da planta, por meio da simbiose entre as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, não apresentando resultados significativos quando realizada a adubação de nitrogênio mineral via solo ou foliar. O fósforo e o potássio são os nutrientes que depois do nitrogênio são os mais exportados pela planta, sendo necessária a adubação. Para aumentar a fertilidade e a disponibilização desses nutrientes é essencial avaliar a qualidade do solo e proporcionar um meio que seja favorável ao aproveitamento desses nutrientes (SEIXAS *et al.*, 2020).

2.5 CASAS DE VEGETAÇÃO

A casa de vegetação é uma ferramenta fundamental para diversos projetos de pesquisa de desenvolvimento vegetal, permitindo o estudo de diversas culturas e inovações na agricultura moderna, ou seja, as casas de vegetação são estruturas físicas de proteção ambiental para a produção vegetal, são meios físicos construídos com diversos elementos, como madeira, concreto, ferro, envolvidas por materiais transparentes que possa permitir a entrada de luz solar para o correto desenvolvimento vegetal. Atualmente, o uso de casas de vegetação corresponde a soluções baseadas na ciência afim de produzir plantas ideais para a boa produtividade, a alta resistência a fatores adversos e a preservação do meio ambiente, visando a produção de maneira sustentável (BORBA, 2023).

Esses ambientes oferecem controle rigoroso sobre variáveis de temperatura, umidade, luminosidade e composição do meio de cultivo, onde irá produzir informações mais confiáveis e reprodutíveis. Desse modo, permite observações detalhadas sobre o rendimento e a qualidade das plantas, sem a participação de fatores ambientais como clima ou patógenos (MENEZES; FERNANDES; MAUCH, 2021).

2.6 INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO EM PLANTAS

A avaliação da qualidade de substratos é essencial para a produção de plantas saudáveis e produtivas. Os principais indicadores utilizados são físicos, químicos e analisa-se também as respostas fisiológicas das plantas.

Os indicadores físicos se relacionam à estrutura do substrato, como densidade aparente, porosidade, retenção de água e aeração. Esses parâmetros influenciam diretamente o equilíbrio entre ar e água disponível para as raízes, afetando a capacidade de absorver nutrientes e o desenvolvimento inicial das plantas (ZHAO *et al.*, 2025).

Do ponto de vista químico, destacam-se pH, a condutividade elétrica (CE), a capacidade de troca de cátions (CTC), teor de nutrientes e matéria orgânica. O equilíbrio desses fatores é vital para a disponibilização de macro e micronutrientes para as plantas e prevenir problemas com salinização ou toxicidade no solo e em plantas (SINGH, 2022).

Por fim, é crucial considerar os indicadores de resposta da planta, como, emergência, massa seca, teor foliar de nutrientes e taxa de fotossíntese. Esses indicadores integram e validam de forma prática os demais fatores de qualidade e mostra a capacidade de aptidão do substrato para sustentar o crescimento vegetal (MA *et al.*, 2024).

Portanto, a melhor estratégia para avaliação da qualidade de diferentes tipos de substrato é aquela que integra e combina os indicadores físicos, químicos, biológicos e respostas da planta, a fim de fornecer informações padrão sobre variadas fontes de substrato, analisando a sua composição, eficácia, custo e sustentabilidade.

2.7 SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS

O Brasil apresenta biodiversidade abundante e é composto por materiais orgânicos sólidos em grande quantidade a fim de adoção de medidas sustentáveis na agricultura de produção, preservação e conservação ambiental. Restos industriais e agropecuários afetam negativamente o meio ambiente, sendo que a grande parte desses resíduos podem ser reaproveitados pelos processos sustentáveis de preservação e conservação. O substrato, portanto, resultado do reaproveitamento de recursos organo-sustentáveis, exerceu papel fundamental nos sistemas de produção em ambiente fechado acarretando na redução dos impactos ambientais e consequentemente na diminuição da poluição física e química no meio ambiente. Analisando o cenário atual que busca cada vez mais a preservação e conservação dos

recursos naturais e a inovação em implementar alternativas sustentáveis no sistema de produção de insumos agrícolas, essa estratégia se demonstrou uma alternativa economicamente viável, e ecologicamente sustentável no agronegócio (SILVA *et al.*, 2025).

Os substratos derivados de compostagem através do reaproveitamento de resíduos orgânicos sólidos auxiliam na diminuição dos custos de produção, na gestão de resíduos e descarte em aterros, fornecendo biofertilizantes capazes de melhorar o crescimento de plantas e otimizar a qualidade do solo, visando uma prática sustentável que utilize de recursos alternativos para a produção agrícola de forma eficaz, qualitativa e de preservação da biodiversidade do solo e das águas (SANTOS, 2021).

Além disso, de acordo com estudos, a transformação de subprodutos agroindustriais como a casca de arroz e o farelo de trigo para a produção de biochar (técnica de decomposição térmica em local com pouco ou nenhum oxigênio), incorporado a substratos promove uma melhora na retenção de água e nutrientes e otimização das características físicas, químicas e biológicas do solo, diminuindo os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado de subprodutos agroindustriais e facilitando a preservação da biodiversidade do solo, conservação e manejo racional de recursos naturais minerais (PENTEADO *et al.*, 2025).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E PREPARO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido de setembro a dezembro de 2025, em Estação de Pesquisa e Melhoramento de empresa privada, localizada em zona rural de Trindade-GO, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 16°37'29"S, longitude 49°33'04"W com altitude de 724m (Figura 1). De acordo com a classificação climática, o clima é do tipo tropical, caracterizado por estação chuvosa concentrada nos meses de outubro a janeiro e a estação seca concentrada nos meses de maio a julho. A temperatura média anual é de 24° C, e a precipitação anual varia entre 1320 mm à 3407 mm, a estação quente ocorre entre agosto a outubro, com temperaturas médias acima de 32° C (CLIMATE-DATA, 2025).

Figura 1. Vista aérea da estufa utilizada no experimento.



Fonte: Google Earth (2025).

O projeto foi conduzido em casa de vegetação, com telas antiafídicas nas laterais, frente e fundo da estrutura com plástico difusor com 120 micrômetros de espessura no teto, composta

por bancadas de aço em seu interior com 30cm de altura e 60cm de largura, mantendo temperaturas médias interna de $32 \pm 5^\circ\text{C}$ durante o dia e $28 \pm 5^\circ\text{C}$ à noite (Figura 2).

Durante o preparo do projeto foram utilizados vasos plásticos de 6L, com perfurações para drenagem em seu interior para a colocação dos substratos. O substrato S1 para o cultivo foi preparado pela mistura 1:1 de terra virgem peneirada e substrato comercial composto por turfa preta, casca de arroz e fibra de coco (Tratamento 1), que resultou em meio leve e bem aerado. O substrato S2 para o cultivo foi preparado pela mistura 1:1 de terra virgem peneirada e substrato comercial composto por casca de pinus, carvão vegetal e fibra de coco (Tratamento 2), que resultou em mistura leve e bem aerada. A adubação de base foi feita em relação a necessidade da cultura para os vasos de 6L, utilizando fertilizante formulado NPK 4-30-10 nos solos S1 e S2. O substrato S3 para o cultivo foi utilizado de forma isolada sem qualquer tipo de mistura de outro solo, integrando substrato comercial cuja composição é de resíduos sólidos urbanos carbonáceos, fibras vegetais, carvão, biochar e calcário (Tratamento 3).

Os tratamentos T1 e T2 foram selecionados por possuírem componentes com boa retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes, características importantes para o desenvolvimento vegetal (AMARAL *et al.*, 2021). Já o T3 foi escolhido por ser um substrato sustentável obtido a partir do reaproveitamento de resíduos orgânicos, visando avaliar seu potencial agrônomo e ambiental (CARVALHO; CHAGAS, 2024).

A irrigação foi realizada por sistema de gotejamento, realizada através de sistema de forma automática, utilizando um gotejo por vaso, com vazão de 35ml por minuto. Sendo 10 regas diárias com médias de 2 min/hora de forma a manter o solo úmido com a quantidade de água/lâmina sendo ajustada conforme o crescimento e a necessidade das plantas.

Figura 2. Casa de vegetação utilizada no experimento.



Fonte: O autor.

3.2 INSTALAÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para o cultivo das plantas, foram obtidas 200 sementes da variedade de soja BMX Zeus IPRO, material com grupo de maturação 5.5, muito utilizado na região sul do Brasil, ciclo médio de 125 dias, apresenta crescimento indeterminado e é exigente em fertilidade do solo (DALL ALBA, 2021). As sementes foram tratadas quimicamente conforme a recomendação do fabricante, utilizando os seguintes produtos: inoculação do fungo *Trichoderma asperellum*, fungicida/nematicida com tiofanato-metílico e fluanizam e fungicida/inseticida com piraclostrobina, triofanato-metílico e fipronil, utilizando 0,2 ml de cada produto. Foram semeadas 4 sementes por vaso para assegurar um estande adequado de plantas, minimizando possíveis falhas de germinação e permitindo a seleção de indivíduos uniformes após o desbaste (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2015) (figura 3).

Após 15 dias de semeadura foi feito os desbastes visando a permanência de uma planta por vaso, vigorosa e saudável, para uma boa uniformidade do estande e avaliação do experimento. As plantas foram cultivadas em ambiente protegido, com manejo fitossanitário preventivo, irrigação ajustada a necessidade da planta e fertirrigação adequada a quantidade de unidades experimentais (Figura 4).

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por 3 tratamentos e 16 repetições cada, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos foram sorteados e distribuídos aleatoriamente entre as unidades experimentais, a fim de se obter as mesmas condições exógenas para os diferentes tipos de tratamento. Cada repetição correspondeu a medida de uma planta por parcela.

Figura 3. Vaso com 4 sementes semeadas.



Fonte: O autor.

Figura 4. Estande de plantas sendo cultivadas.



Fonte: O autor.

3.3 PARÂMETROS AVALIADOS

O projeto avaliou o desempenho da cultura durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas. Analisou o desempenho germinativo dos diferentes tratamentos por meio da quantidade de sementes germinadas por parcela avaliando estabelecimento de estande aos 14 dias após a semeadura (DAS), avaliou durante o ciclo inicial a cada 15 dias a partir de 20 DAS o número de folhas, a altura de planta, o diâmetro de caule e o nível de clorofila das plantas, utilizando trena métrica, paquímetro manual e o clorofilômetro SPAD respectivamente, coletando dados do desenvolvimento vegetativo da cultura sob diferentes tratamentos.

Foram avaliados também aspectos produtivos ao fim do ciclo da cultura como número de vagens, quantidade e peso de grãos e ao final do ciclo foi feita a análise de peso das raízes e peso da matéria seca das plantas por meio de balança digital de precisão. Esses dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F e Teste de Tukey para detectar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao desenvolvimento de plantas em ambiente protegido. As análises foram realizadas considerando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por 3 tratamentos com 16 repetições cada, utilizando o software R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no gráfico obtido através da análise estatística (Figura 5), em relação ao desenvolvimento de altura das plantas durante todo o ciclo da cultura, houve uma diferença significativa entre os tratamentos, onde os melhores resultados obtidos foram com os tratamentos 1 e 2, sendo o tratamento 2 composto por substrato de casca de pinus, carvão vegetal e fibra de coco o melhor entre eles em comparação com o tratamento 3 que apresentou o menor resultado em relação à altura de plantas.

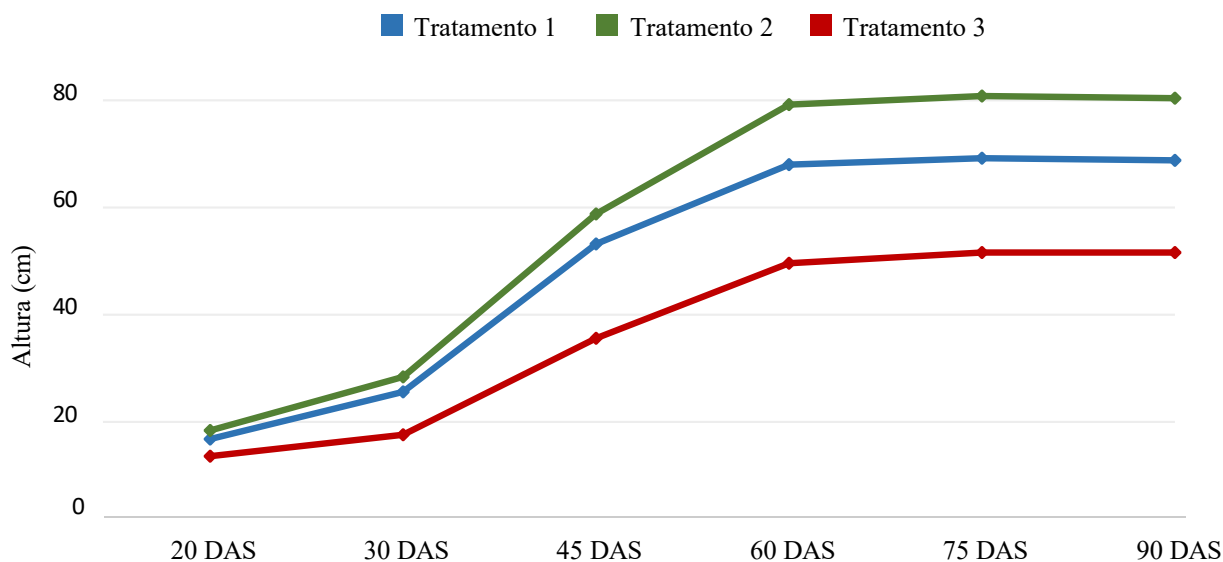


Figura 5. Gráfico 1: Evolução da altura das Plantas (20 a 90 DAS). DAS: Dias após semeadura.

No que diz respeito ao desenvolvimento vegetativo das plantas, não houve diferença significativa de emergência de plântulas aos 15 DAS entre os tratamentos avaliados, em relação à altura de plantas, o tratamento 2 obteve os melhores resultados aos 15 DAS, 30 DAS e 45 DAS acerca dos tratamentos 1 e 3 respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Estande de plantas (qtd: quantidade) 15 dias após semeadura e crescimento em altura das plantas no desenvolvimento vegetativo (20 a 45 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
15 DAS - Plântulas (qtd)	2,44 ns	2,75 ns	2,88 ns
20 DAS - Altura (cm)	16,62 b	18,19 a	13,62 c
30 DAS - Altura (cm)	25,47 b	28,21 a	17,50 c
45 DAS - Altura (cm)	53,20 b	58,71 a	35,44 c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Quanto ao número de folhas os melhores resultados observados foram os tratamentos 1 e 2, não apresentando diferença significativa entre eles em comparação com o tratamento 3 que apresentou o menor índice de folhas (Tabela 2).

Tabela 2. Número de folhas no desenvolvimento vegetativo (20 a 45 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
20 DAS - N. Folhas	8,56 a	9,31 a	5,94 b
30 DAS - N. Folhas	20,07 a	23,57 a	10,44 b
45 DAS - N. Folhas	53,20 a	59,57 a	28,88 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Com relação ao desenvolvimento do diâmetro de caule da planta, os tratamentos 1 e 2 foram superiores em comparação com o tratamento 3, que apresentou um menor diâmetro de caule no desenvolvimento vegetativo das plantas (Tabela 3).

Tabela 3. Diâmetro de caule das plantas no desenvolvimento vegetativo (20 a 45 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
20 DAS - Diâm. Caule (mm)	1,24 a	1,07 b	0,43 c
30 DAS - Diâm. Caule (mm)	2,36 b	3,15 a	0,99 c
45 DAS - Diâm. Caule (mm)	4,51 b	5,24 a	2,14 c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Por fim os melhores índices de clorofila observados também foram dos tratamentos 1 e 2 durante o desenvolvimento vegetativo das plantas, apresentando diferença significativa em comparação ao tratamento 3 que mostrou os menores índices de clorofila presente nas folhas das plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Teor relativo de clorofila (SPAD) no desenvolvimento vegetativo (20 a 45 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
20 DAS - Clorofila	34,60 a	38,56 a	30,93 b
30 DAS - Clorofila	43,69 b	53,67 a	32,07 c
45 DAS - Clorofila	42,61 a	44,17 a	35,83 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Durante o desenvolvimento reprodutivo (60 a 90 DAS), ocorreu diferença significativa em relação ao desenvolvimento de folhas (Tabela 5), e diâmetro de caule das plantas (Tabela 6), no qual os tratamentos 1 e 2 apresentaram os melhores resultados enquanto o tratamento 3 mostrou menor desenvolvimento do caule nas plantas e menor quantidade de folhas.

Tabela 5. Número de trifólios no desenvolvimento reprodutivo (60 a 90 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
60 DAS - N. Trifólios	26,60 a	28,86 a	16,44 b
75 DAS - N. Trifólios	25,67 a	30,50 a	17,19 b
90 DAS - N. Trifólios	26,93 a	31,07 a	16,94 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Tabela 6. Diâmetro de caule das plantas no desenvolvimento reprodutivo (60 a 90 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
60 DAS - Diâm. Caule (mm)	6,90 a	7,07 a	4,53 b
75 DAS - Diâm. Caule (mm)	7,30 a	7,43 a	4,88 b
90 DAS - Diâm. Caule (mm)	7,20 a	7,36 a	4,75 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Em relação à altura de plantas os três tratamentos se diferiram entre si, sendo o tratamento 2 o que obteve a maior altura de planta, apresentando média de 80 cm de altura entre as plantas (Tabela 7).

Tabela 7. Crescimento em altura no desenvolvimento reprodutivo (60 a 90 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
60 DAS - Altura (cm)	68,00 b	78,86 a	49,38 c
75 DAS - Altura (cm)	69,20 b	80,71 a	51,50 c
90 DAS - Altura (cm)	68,93 b	80,14 a	51,31 c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Com base nos dados obtidos, não se observou diferença significativa entre o índice de clorofila nos tratamentos durante o desempenho reprodutivo, com média de 45% entre os tratamentos (Tabela 8).

Tabela 8. Teor relativo de clorofila (SPAD) no desenvolvimento reprodutivo (60 a 90 dias após a semeadura).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
60 DAS - Clorofila	48,75 ns	59,12 ns	44,46 ns
75 DAS - Clorofila	45,12 a	46,83 a	42,02 b
90 DAS - Clorofila	49,52 ns	47,95 ns	45,19 ns

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo.

Analisando os componentes produtivos e de biomassa do estudo (Tabela 9), foi observado diferenças significativas entre os tratamentos. Destacando que os tratamentos 1 e 2 foram superiores ao tratamento 3 em todas as variáveis observadas.

Para o peso de vagens, os tratamentos 1 e 2 não se diferiram entre si apresentando os maiores valores (57,60 g e 63,50 g respectivamente), enquanto o tratamento 3 apresentou valor significativamente inferior (25,88 g).

O número de vagens também teve resultado semelhante, onde os tratamentos 1 e 2 apresentaram 76,40 e 81,93 vagens, enquanto o tratamento 3 apresentou resultado menor de 36,38 vagens.

Tabela 9. Componentes de rendimento e biomassa (Colheita – 114 DAS).

Variável	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Peso de Vagens (g)	57,60 a	63,50 a	25,88 b
N. de Vagens	76,40 a	81,93 a	36,38 b
Qtde. de Grãos	171,73 a	189,93 a	83,50 b
Peso de Grãos (g)	41,60 a	46,71 a	18,38 b
Peso Raízes (g)	26,13 a	27,43 a	9,25 b
Matéria Seca Caule (g)	8,80 ab	9,86 a	5,38 b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F da ANOVA.

Em relação à quantidade de grãos, os tratamentos 1 e 2 apresentaram médias de 171,73 e 189,93 grãos, respectivamente, enquanto o tratamento 3 apresentou valor significativo menor de 83,50 grãos.

O peso de grãos seguiu tendência semelhante (Figura 6), com maiores valores nos tratamentos 1 e 2 (41,60 g e 46,71 g) ou (12,5 t/ha e 14 t/ha), não diferindo estatisticamente entre si, e valor inferior no tratamento 3 (18,38 g) ou (5,5 t/ha).

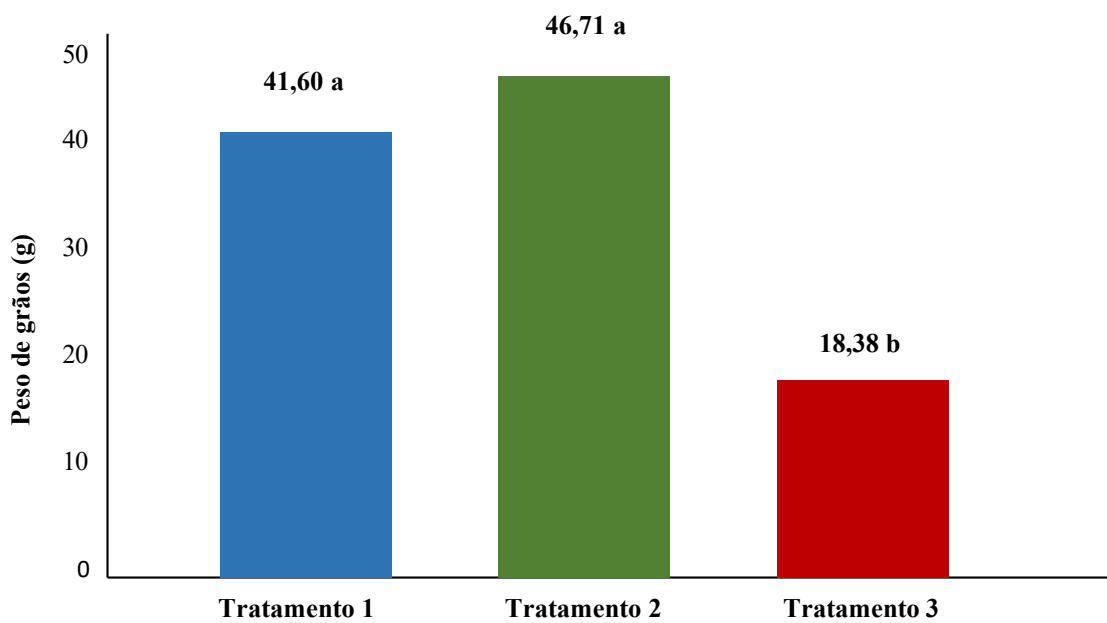


Figura 6. Gráfico 2: Produtividade média de grãos por planta (g).

Para peso de raízes, os tratamentos 1 e 2 apresentaram valores de 26,13 g e 27,43 g respectivamente, enquanto o tratamento 3 apresentou valor significativamente menor de 9,25 g.

Já a matéria seca do caule apresentou valores de 8,80 g, 9,86 g e 5,38 g para os tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Nesse caso, não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de F da ANOVA.

De maneira geral, os resultados obtidos nesta pesquisa, mostraram que os tratamentos 1 e 2 proporcionaram melhor desempenho vegetativo e produtivo da cultura da soja em comparação ao tratamento 3. Esse comportamento pode estar relacionado às características físicas e químicas dos substratos utilizados, destacando a maior capacidade de retenção de água e aeração promovida pela fibra de coco e pela casca de pinus.

Resultados similares foram observados por Almeida et al. (2020), que mostraram um melhor desenvolvimento inicial de plantas em substratos com bom teor de matéria orgânica e com boa porosidade. Desse modo Menezes et al. (2021), destacam que substratos com boa

estrutura física, facilitam o crescimento de raízes e a correta absorção de nutrientes, tendo relação direta com o desenvolvimento da parte aérea das plantas.

O melhor resultado avaliado no tratamento 2, pode ser explicado pela presença de carvão vegetal no substrato, melhorando a capacidade de troca de cátions e consequentemente a capacidade de retenção de nutrientes pelo meio de cultivo. Dessa maneira, Penteadó et al. (2025), relatam que materiais como carvão vegetal, melhoram as características físicas e químicas do solo, promovendo excelente crescimento de plantas, melhorando a eficiência no uso de água e nutrientes.

Destacando também que, a presença de fibra de coco nos tratamentos 1 e 2 pode ter influenciado positivamente os resultados obtidos, material que têm boa capacidade de retenção hídrica e boa aeração, fatores determinantes para o bom desenvolvimento das raízes. De acordo com Jorge et al. (2020), substratos com materiais orgânicos associados a materiais minerais fornecem um ambiente favorável ao crescimento vegetal, garantindo equilíbrio entre retenção de água e presença de oxigênio às raízes.

No entanto, o mau desempenho do tratamento 3, pode estar relacionado às características físicas inadequadas do substrato, limitando a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Segundo Amaral et al. (2021), substratos obtidos através de compostagem de resíduos sólidos urbanos podem apresentar diferenças em sua composição, prejudicando o desenvolvimento de plantas.

No que se refere às variáveis produtivas, como número de vagens, quantidade e peso de grãos, os tratamentos 1 e 2 apresentaram resultado superior, o qual mostra que boas condições de crescimento durante a fase vegetativa refletem diretamente na produtividade final da cultura. Esse resultado corrobora com Santorio et al. (2024), que relatam que plantas com melhor desenvolvimento inicial tendem a apresentar maior potencial de produção, maior número de vagens e maior acúmulo de biomassa.

Desse modo, os resultados deste estudo destacam a importância da escolha adequada do substrato para o cultivo de soja e produção de sementes em ambiente protegido, ressaltando que substratos com boa estrutura física, e presença de componentes orgânicos como fibra de coco e carvão vegetal são mais eficientes para promover o crescimento de plantas e uma boa produtividade de sementes.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra que o tratamento 1 resultado de solo com substrato composto por turfa preta, casca de arroz e fibra de coco e tratamento 2 resultado de solo com substrato composto por casca de pinus, carvão vegetal e fibra de coco, fornecem boa estrutura para o desenvolvimento de plantas em ambiente protegido, garantindo bom desenvolvimento vegetativo da parte aérea e radicular e assegurando um satisfatório rendimento produtivo e acúmulo de biomassa de qualidade.

Por outro lado, o substrato T3 apresentou desempenho inferior em comparação aos demais tratamentos. Entretanto, é importante destacar que esse substrato não recebeu adubação de base durante a sua preparação, diferentemente dos demais tratamentos, o que pode ter limitado a disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas e influenciando diretamente os resultados obtidos. Dessa forma, os resultados observados para o T3 não permitem atribuir seu menor desempenho exclusivamente às características físicas e químicas do substrato, uma vez que a ausência de fertilização inicial pode ter constituído um fator limitante ao desenvolvimento da cultura.

Assim, recomenda-se que futuros estudos avaliem o desempenho do substrato T3 sob condições de adubação equivalentes às dos demais tratamentos, permitindo uma comparação mais precisa de seu potencial agrônomo e contribuindo para a validação de alternativas sustentáveis para a produção de soja.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. de M.; SILVA, B. R. F. da; FILHO, J. G. M. U.; SOUSA, A. N. de; COSTA, T. L. N. da; SANTANA, J. A. da S. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento inicial de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24619-24631, maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-060>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9570>. Acesso em: 16 ago. 2025.
- AMARAL, B. C.; OLIVEIRA, C. H. R. de; CALDEIRA, M. V. W.; FREITAS, W. da S.; OLIVEIRA, F. B. de; MARQUES, J. de A.; CONCEIÇÃO, M. E. M. da; ZUCCOLOTTO, M. Z. Gestão de resíduos sólidos orgânicos na agricultura e silvicultura sustentável: a compostagem como solução. **Caderno Pedagógico**, v. 13, n. 3, p. 135–148, 2021. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/cadped/article/view/11787>. Acesso em: 5 set. 2025.
- ANDRADE, D. G. de. Produção e avaliação agrônômica de substratos orgânicos para cultivo de microverdes de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra). 2024. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) – **Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Seropédica, RJ, 2024. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/22581>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- BORBA, J. C. de. Explorando o futuro do cultivo: inovações em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente para a produção de mudas de bananeira e orquídea. 2023. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) – **Universidade Federal de Santa Catarina**, Araranguá, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/252103>. Acesso em: 6 set. 2025.
- BRITO, W. R. de O.; OLIVEIRA, C. N. de M.; MORAES, R. P. Utilização de substrato preparado com compostagem para produção de mudas: uma revisão sistemática de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, 2024. DOI: 10.55892/jrg.v7i14.1009. Disponível em: <https://mail.revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/1009>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- BUENO, D. Como a fisiologia vegetal explica o crescimento das plantas. **Agrotécnico**, 5 maio 2023. Disponível em: <https://agrotecnico.com.br/fisiologia-vegetal-explica-o-crescimento-das-plantas/>. Acesso em: 30 ago. 2025.
- CARVALHO, G. L. de O.; CHAGAS, W. V. A. das. Benefícios do uso de substrato alternativo em mudas de café. **Revista FT**, Ciências Agrárias, v. 28, n. 135, jun. 2024. DOI: 10.5281/zenodo.12593746.
- CLIMATE-DATA.ORG. Clima: Trindade (Brasil). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/trindade-4068/>. Acesso em: 29 out. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim da safra de grãos: 6º levantamento – safra 2025/2026. Brasília, DF: **Conab**, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/6o-levantamento-safra-2025-26/6o-levantamento-safra-2025-26>. Acesso em: 20 mar. 2026.

COUTINHO JÚNIOR, J. C. M.; DOCEMA, M. L.; LEAL, J. P.; ARAÚJO, W. R. de; FERNANDES, J. G.; ROSSITER, J. G. de A.; PEREIRA JUNIOR, C. B.; CHAGAS, I. L. A. Eficiência agrônômica do pó de coco (*Cocos nucifera*) associado aos resíduos da ostra cultivada (*Crassostrea* sp.) como substrato agrícola. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 12, 2025. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/20871>. Acesso em: 24 nov. 2025.

DALL'AGNOL, A.; OLIVEIRA, A. B. de; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. Importância socioeconômica da soja. **Londrina: Embrapa Soja**, [2021]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica-da-soja>. Acesso em: 20 mar. 2026.

DALL ALBA, Jefferson Eduardo. População de plantas e produtividade da cultivar de soja BMX Zeus IPRO®. 2021. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – **Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco**, 2021.

DIAS, G. H. B.; ROCHA, G. O. Influência da inoculação com uso de nutrientes no desenvolvimento e estabelecimento de soja (*Glycine max*). **Revista FT**, v. 2, n. 2, 2020. DOI: 10.51261/semno.108138039.

EMBRAPA. Características da soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 30 ago. 2025.

EMBRAPA. Substrato orgânico 100% vegetal. **Fazendinha Agroecológica**, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/fazendinha-agroecologica/substrato-organico-100-vegetal>. Acesso em: 23 ago. 2025.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; MARTINEZ, H. E. P.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S. Crescimento de seis cultivares de cafeeiros enxertados cultivados em vaso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 308, p. 507-512, 2006. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/jspui/handle/123456789/6688>. Acesso em: 30 ago. 2025.

GARCÍA, A. C.; MOREIRA, A. S.; SILVA, L. A.; et al. Root–shoot communication: signals, pathways, and integration in plant growth and stress responses. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1220592, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1220592/full>. Acesso em: 30 ago. 2025.

GOMES, C. L. Avaliação da emergência e do desenvolvimento inicial de plântulas de tomate em diferentes substratos. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano**, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/699>. Acesso em: 16 ago. 2025.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. de C.; RESENDE, F. V.; COSTA, E.; SILVA, J. da; GUEDES, I. M. R. Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2020. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 180). 30 p.

KRZYŻANOWSKI, F. C. et al. Tecnologias para produção de sementes de soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 2015. Disponível em: www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1006543/tecnologias-para-producao-de-sementes-de-soja. Acesso em: 25 ago. 2025.

LOS, R. E. Plantas de milho e adubação em função da fertilidade do solo, safra 2024-2025. Ponta Grossa: **Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG**, 2025. Monografia (Graduação em Agronomia). Disponível em: <https://uepg.br/monografias/handle/123456789/397>. Acesso em: 6 set. 2025.

MA, D.; YI, B.; TENG, W.; ALI, I.; SHAO, J.; LIN, Y.; YU, J.; WANG, X.; WANG, Y.; WANG, L. Crescimento, respostas fisiológicas e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio em mudas de *Erythrophalum scandens* sob diferentes substratos. **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 972, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05678-1>. Acesso em: 11 set. 2025.

MARSARO, I. B.; BARBOSA, V.; VARELLA, A.; ROSA, M. A influência de diferentes substratos sob o crescimento do feijão. In: ANASTÁCIO, Thalita Cardoso; SAUER, Aline Vanessa; BUSANELLO, João Paulo; LOPES, Cristianne Reschke (org.). Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis. v. 2. Lages: **Editora UDESC**, 2022.

MENEGAES, J. F.; FERREIRA, C. F.; MOCCELLIN, R. Plantas ornamentais: conceitos básicos de cultivo [ebook]. Nova Xavantina (MT): **Pantanal Editora**, 2022. ISBN 978-65-81460-54-9.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. da. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 39, e-0367, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/5Sg8qq6mngPMj3kkLNhZDGR/>. Acesso em: 6 set. 2025.

PENTEADO, J. P. C.; MOURA, E. L. A.; DREFAHL, M. A. I.; OLIVEIRA, A. C. R. de; LEMES, F. M. Uso de subprodutos na gestão sustentável do solo e na redução de impactos ambientais. In: CIÊNCIAS DO SOLO: ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA GESTÃO E SUSTENTABILIDADE. São Paulo: **Editora Científica**, 2025. cap. 10, p. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.37885/241218548>.

ROCHA, R. S. Eficiência e sustentabilidade na produção de sementes de soja em propriedades rurais integradas. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, Brasil, São Paulo, v. 8, n. 19, p. e082638, 2025. DOI: 10.55892/jrg.v8i19.2638. Disponível em: <https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/2638>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SANTORIO, H. da S.; PIMENTEL, G. C. da S.; RIBEIRO, G. R.; LEITE, G. P.; MORAES, S. de P. C. B. Revisão sobre os aspectos da produção de sementes de soja: produção, manejo e armazenamento. In: **INIC – Encontro de Iniciação Científica**, 2024. Anais [...]. Disponível

em: https://www.univap.br/INIC_2024/anais/arquivos/1097_0974_01.pdf. Acesso em: 20 mar. 2026.

SANTOS, A. C. B. dos. A transformação de resíduos orgânicos em biofertilizantes visando a redução de custos e melhorias sustentáveis ao meio ambiente. **Anais do Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**, v. 2, n. 1, 2021. Disponível em: https://convibra.org/congressos/res/uploads/pdf/artigo_pdf/WOZ0/N01.04.2021_11.25.13.pdf. Acesso em: 13 set. 2025.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. **Londrina: Embrapa Soja**, 2020. 347 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123928>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. (org.). Soja: do plantio à colheita. 2. ed. São Paulo, **SP: Oficina de Textos**, 2022.

SILVA, R. de M.; CABRAL, J. M. S. da S.; AQUINO, A. F.; SILVA, J. E. S. da; SILVA, T. F. da. Substratos para produção de mudas de plantas de espécies nativas, hortaliças e suculentas. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. e7886, 2025. DOI: [10.56083/RCV5N4-041](https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/7886). Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/7886>. Acesso em: 12 set. 2025.

SINGH, R. Salinidade do solo: uma ameaça global ao desenvolvimento sustentável. **Soil Use and Management**, v. 38, n. 4, p. 345-356, 2022. Disponível em: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sum.12772>. Acesso em: 11 set. 2025.

SYNGENTA. Soja no Brasil: origem, evolução e importância econômica. **Mais Agro Syngenta**, 2024. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/hub/sobre-agro/soja-no-brasil-origem-evolucao-e-importancia-economica/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

TAGLIAPIETRA, E. L.; WINCK, J. E. M.; ALVES, A. F.; MUNARETO, G. G.; POERSCH, A. H.; RIBEIRO, B. S. M. R.; QUINTERO, C. E.; RICHTER, G. L.; BALÉST, D. S.; INKLMAN, V. B.; SCHNEIDER, R. A.; BEXAIRA, K. P.; SAVEGNAGO, C.; PAULA, L. S.; NORÁ, M. D.; AREVALO, E. S.; ARMOA BÁEZ, M. S.; PES, L. Z.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J. Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades. 2. ed. Santa Maria, RS: [s.n.], 2022. 432 p. ISBN 978-65-89469-44-5.

TUNES, L. V. M. de; ALMEIDA, A. da S.; CAMARGO, T. O. de; SUIRE, A. dos S.; RODRIGUES, D. B.; MARTINS, A. R. N.; CALAZANS, A. F. S.; SILVA, A. F. da. Metodologia alternativa para o teste de germinação em sementes de soja tratada. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 37464–37477, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-602>.

VERDI, A. L.; KINZEL, D.; KLEIN, C. Análise de diferentes tipos de substratos. In: Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste, 2019, São Miguel do Oeste. Anais do Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste. **São Miguel do Oeste: Unoesc**, 2019.

WINTER, M. A. A.; KLEIN, C. Caracterização física e química de diferentes substratos: relato de aula prática. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 6, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeuno/article/view/28051>. Acesso em: 6 set. 2025.

ZHAO, B.; XIA, D.; DUAN, X.; WANG, N.; XU, W. Avaliação do desempenho de plantio de substrato utilizando o modelo combinado SQI-CRITIC baseado no método dos mínimos quadrados. **Frontiers in Environmental Science**, v. 13, art. 1462404, 2025. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2025.1462404/full>. Acesso em: 11 set. 2025.