

UNIGUAÇU – UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU – LTDA

FACULDADE UNIGUAÇU

ENGENHARIA AGRÔNOMICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

VINICIUS MENEGARDI ENCARNÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DA RÚCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO
SOB DIFERENTES DOSES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO
NUTRITIVA**

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2025

VINICIUS MENEGARDI ENCARNAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DA RÚCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES DOSES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso Superior de Engenharia Agrônômica da Faculdade UNIGUAÇU, sob orientação do Prof. Fernando Roberto Cologni

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU – PR

2025



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

VINICIUS MENEGARDI ENCARNAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DA RÚCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES DOSES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica apresentado, sob a orientação do professor Fernando Roberto Cologni, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade UNIGUAÇU, pela seguinte banca examinadora:

Professor Orientador Esp. Fernando Roberto Cologni
Faculdade UNIGUAÇU

Professora Me. Luana de Lara Presa
Faculdade UNIGUAÇU

Professor Me. Emerson da Rosa
Faculdade UNIGUAÇU

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 01 DE NOVEMBRO DE 2025.

A folha devidamente assinada está sob guarda do sistema de protocolo.

Dedico esse trabalho aos meus pais
Valdeir e Rosely Menegardi Encarnação,
pelo carinho, compreensão e incentivo
durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado, me abençoado e por ser motivação e inspiração na minha caminhada.

Agradecer ao meu pai Valdeir da Silva Encarnação, por sempre me cobrar e incentivar, a minha mãe Rosely Menegardi Encarnação, por me cobrar e me ajudar nos momentos mais difíceis desta jornada.

A meu cônjuge Sabrine Feix pelo apoio durante essa trajetória.

Um agradecimento ao meu professor e orientador Fernando Cologni, por ter me ajudado no desenvolvimento deste experimento e conclusão de trabalho ao tempo que lhe coube.

Aos professores que estiveram presentes em todas as etapas da minha trajetória acadêmica

A Faculdade Uniguaçu, pela estrutura e recursos disponibilizados.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração e condução deste trabalho.

“Semeia atos e colherás hábitos;
semeia hábitos e colherás caráter; semeia
caráter e colherás destino.”

CHARLES READ

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa*) cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT (Nutrient Film Technique), submetida a diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva. O estudo foi conduzido em estufa localizada no município de Foz do Iguaçu – PR, durante o segundo semestre de 2025. As mudas foram transplantadas para bancadas hidropônicas após oito dias da semeadura, e o experimento foi desenvolvido com base nas recomendações de Furlani *et al.* (1999). Foram testados três tratamentos: T1 (100% da dose recomendada de nutrientes), T2 (50% da dose) e T3 (25% da dose), com sete repetições, totalizando 21 parcelas experimentais. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). As variáveis analisadas foram: altura de planta, comprimento de raiz, número de folhas e peso de massa fresca. As medições foram realizadas com trena milimetrada e balança de precisão, e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR. Os resultados mostraram que o tratamento com 100% da dose de nutrientes apresentou os melhores índices de crescimento e produção, evidenciando diferença significativa em relação aos demais. O tratamento com 50% dos nutrientes apresentou desempenho intermediário, com alturas e número de folhas dentro do padrão comercial, enquanto o tratamento com 25% mostrou resultados inferiores em todas as variáveis avaliadas. A análise dos dados permitiu concluir que o fornecimento integral da solução nutritiva proporciona melhor desempenho agrônômico da rúcula em sistema hidropônico, favorecendo o acúmulo de biomassa e a qualidade comercial da hortaliça. Constatou-se, ainda, que reduções moderadas na concentração de nutrientes podem ser viáveis, desde que acompanhadas de ajustes no manejo da irrigação e no monitoramento do pH e da condutividade elétrica da solução. Os resultados obtidos estão em consonância com pesquisas que destacam a importância do equilíbrio nutricional na hidroponia para garantir o pleno desenvolvimento vegetal. O estudo reforça que a técnica, quando corretamente manejada, representa uma alternativa eficiente e sustentável para a produção de hortaliças folhosas, otimizando o uso de água e insumos e reduzindo impactos ambientais. Recomenda-se a realização de novos estudos com concentrações intermediárias e diferentes formulações de nutrientes, visando aperfeiçoar o manejo e reduzir custos de produção, sem comprometer a produtividade.

Palavras-chave: nutrição mineral; sistema NFT; solução nutritiva; produção vegetal; manejo hidropônico.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the development of arugula (*Eruca sativa*) grown in a hydroponic system of the NFT type (Nutrient Film Technique), subjected to different nutrient concentrations in the nutrient solution. The experiment was conducted in a greenhouse located in the municipality of Foz do Iguaçu – PR, during the second semester of 2025. The seedlings were transplanted to hydroponic benches eight days after sowing, and the experiment was carried out based on the recommendations of Furlani et al. (1999). Three treatments were tested: T1 (100% of the recommended nutrient dose), T2 (50% of the dose), and T3 (25% of the dose), with seven replications, totaling 21 experimental plots. A completely randomized design (CRD) was used. The analyzed variables were plant height, root length, number of leaves, and fresh mass weight. Measurements were taken using a millimeter tape and a precision balance, and the data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test at a 5% probability level, using the SISVAR software. The results showed that the treatment with 100% of the nutrient dose presented the best growth and production indices, showing a significant difference compared to the others. The treatment with 50% of the nutrients showed intermediate performance, with plant heights and leaf numbers within commercial standards, while the 25% treatment showed inferior results for all evaluated variables. Data analysis allowed the conclusion that full supply of the nutrient solution provides better agronomic performance of arugula in a hydroponic system, favoring biomass accumulation and the commercial quality of the crop. It was also found that moderate reductions in nutrient concentration may be feasible, provided that they are accompanied by adjustments in irrigation management and monitoring of the pH and electrical conductivity of the solution. The results obtained are consistent with research emphasizing the importance of nutritional balance in hydroponics to ensure full plant development. The study reinforces that, when properly managed, the technique represents an efficient and sustainable alternative for leafy vegetable production, optimizing the use of water and inputs and reducing environmental impacts. Further studies are recommended with intermediate concentrations and different nutrient formulations, aiming to improve management practices and reduce production costs without compromising yield. Deseja que eu formate esse texto como um **resumo científico em inglês (abstract)** para artigo ou trabalho acadêmico também? Isso deixaria o texto mais adequado para publicação ou apresentação.

Key word: mineral nutrition; NFT system; nutrient solution; plant production; hydroponic management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estufa hidropônica montada e fechada.....	24
Figura 2 - Estufa hidropônica com as bancadas.	25
Figura 3 - Estufa hidropônica com as bancadas instaladas.	26
Figura 4 - Bombas utilizadas para mover a água até os perfis hidropônicos.	27
Figura 5 - Transplante das mudas para a bancada.....	27
Figura 6 - Fertilizantes utilizados para a nutrição das hortaliças.....	30
Figura 7 - Semente de rúcula utilizada no experimento.	32
Figura 8 – Informações e características da rúcula utilizada no experimento.	32
Figura 9 - Substrato utilizado no experimento.	33
Figura 10 – Perfis hidropônicos.....	34
Figura 11 – Plantas utilizadas para a coleta dos dados	35
Figura 12 – Coleta de dados referente ao comprimento das plantas	36
Figura 13 – Coleta de dados referente ao comprimento das raízes.....	36
Figura 14 – Coleta de dados referente a massa fresca.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de sais para o preparo de 1000 litros de solução nutritiva.....	28
Tabela 2 - Proporção da quantidade de adubo utilizado para cada tratamento e respectivamente seus ajustes diários.....	29
Tabela 3 - Garantia de Nutrientes do fertilizante Plantpar.....	30
Tabela 4 – Média da variável altura de planta em cada tratamento testado, valores expresso em cm.	38
Tabela 5 – Média da variável comprimento de raiz em cada tratamento testado, valores expresso em cm.	39
Tabela 6 – Média da variável número de folhas em cada tratamento testado, valores expresso em unidade.	40
Tabela 7 – Média da variável peso de massa fresca em cada tratamento testado, valores expresso em gramas.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo geral	14
3.2 Objetivos específicos	14
4 REVISÃO DE LITERATURA	15
4.1 cultivo hidropônico	15
4.2 LOCAL DE CULTIVO	17
4.3 solução nutritiva	17
4.4 RESERVATÓRIOS DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	19
4.5 frequência de circulação da solução nutritiva	21
4.6 Rúcula	22
5 MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 caracterização da area de estudo	24
5.1.1 Estufa e Bancada Hidropônica	25
5.1.2 Condução Do Experimento	28
5.1.3 Fertilizante Para Solução Nutritiva	29
5.1.4 Caracterização Da Variedade Da Rúcula	31
5.1.5 Substrato	32
5.1.6 Delineamento experimental	33
5.1.7 Coleta de dados	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças diferenciadas está em crescente ascensão no Brasil, impulsionado pelo aumento da renda familiar, pela busca por alimentação mais saudável e por mudanças nos hábitos alimentares, que incluem a preferência por produtos de melhor qualidade. Nesse contexto, as hortaliças folhosas hidropônicas têm se destacado como um segmento em expansão, ganhando cada vez mais espaço nas gôndolas de supermercados, lojas especializadas, varejões e feiras livres (Campagnol; Mello e Pinheiro, 2015).

Esses produtos oferecem diversas vantagens aos consumidores, como maior durabilidade e limpeza, uma vez que não entram em contato com o solo ou com a água da chuva e da irrigação. Além disso, são frequentemente comercializados em embalagens individuais, muitas vezes com marcas próprias e rastreabilidade, atendendo assim à demanda por produtos especializados e de alta qualidade (Nakata, 2010).

O método hidroponia é a ciência de cultivar plantas sem solo, onde as raízes recebem uma solução nutritiva balanceada que contém água e todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. No Brasil diversas técnicas de cultivo sem solo têm sido desenvolvidas e utilizadas, sendo a principal, o fluxo laminar de nutrientes (Nutrient Film Technique- NFT) (Furlani *et al*, 1999).

Com isso o cultivo hidropônico de plantas está em crescente nos últimos anos, sendo sua técnica ainda pouco conhecida por parte dos agricultores tradicionais, o que gera insegurança na adoção desse sistema de produção. Porém, buscando atender a um mercado cada vez mais exigente em qualidade, a hidroponia se apresenta como uma técnica promissora (Peron, 2019).

O sistema hidropônico é uma técnica alternativa de cultivo protegido, na qual o solo é substituído por uma solução nutritiva que contém todos os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas possibilitando uma opção de uso racional e sustentável de áreas reduzidas (Campagnol; Mello e Pinheiro, 2015).

Um aspecto fundamental para o cultivo hidropônico, segundo Furlani *et al* (1999), é a escolha da solução nutritiva, que deve ser formulada de acordo com as necessidades nutricionais da espécie. Porém, poucas informações sobre a solução que devem ser utilizadas são existentes. A época de plantio, a idade da planta e as condições climáticas podem influenciar na eficiência da solução nutritiva. Por isso, não

basta ter uma boa instalação, sementes e mudas de boa qualidade se não tiver a solução nutritiva adequada para a espécie.

Portanto este trabalho avaliou o desenvolvimento da hortaliça folhosa Rúcula (*Eruca sativa*), em sistema hidropônico, sob diferentes doses dos nutrientes que são usados para compor a concentração da solução nutritiva proposta por Furlani *et al* (1999).

2 JUSTIFICATIVA

O cultivo hidropônico tem se consolidado como uma alternativa tecnológica eficiente e sustentável para a produção de hortaliças, proporcionando maior controle sobre os fatores de crescimento e o uso racional da água e dos nutrientes. Entretanto, o sucesso desse sistema está intimamente relacionado à formulação e ao manejo adequado da solução nutritiva, que deve atender às necessidades específicas de cada espécie cultivada.

No caso da rúcula (*Eruca sativa*), observa-se que, frequentemente, são utilizadas soluções originalmente desenvolvidas para a cultura da alface, sem o devido ajuste de concentração para esta espécie, o que pode comprometer o desenvolvimento e a produtividade da planta.

Diante desse cenário, torna-se relevante avaliar o comportamento da rúcula submetida a diferentes doses de nutrientes na solução nutritiva, buscando compreender como variações na concentração afetam parâmetros como altura de planta, comprimento de raiz, número de folhas e massa fresca. A carência de estudos experimentais voltados especificamente à definição de doses adequadas para essa hortaliça evidencia a importância de pesquisas que gerem dados técnicos confiáveis e que possam subsidiar o manejo nutricional em cultivos hidropônicos comerciais.

O presente estudo foi conduzido em sistema hidropônico tipo NFT, com três diferentes concentrações de nutrientes (100%, 50% e 25% da dose recomendada por Furlani, 1999), permitindo observar o efeito direto da nutrição sobre o crescimento vegetativo e o desempenho produtivo da cultura. Assim, este trabalho justifica-se pela contribuição prática e científica ao manejo da rúcula em sistemas hidropônicos, oferecendo subsídios para otimizar a produtividade e a eficiência nutricional, além de apoiar o desenvolvimento de sistemas sustentáveis e economicamente viáveis para pequenos e médios produtores.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desenvolvimento agronômico da rúcula (*Eruca sativa*) cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT, sob diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva, visando identificar a dose mais eficiente para o crescimento e a produção da cultura, gerando subsídios técnicos para o manejo nutricional em cultivos comerciais.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o tamanho de planta em diferentes doses de nutrição
- b) Quantificar a produção de matéria fresca das plantas de rúcula.
- c) Fazer a contagem do número de folhas nas plantas nos diferentes tratamentos.
- d) Calcular o comprimento das raízes nas plantas nos diferentes tratamentos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 CULTIVO HIDROPÔNICO

O cultivo hidropônico, ou hidroponia, é a técnica de cultivar plantas sem utilizar solo, substituindo-o por um meio inerte como cascalho, areia, serragem, turfa, vermiculita, argila expandida, espumas sintéticas ou lãs minerais. Nesse sistema, as plantas recebem uma solução nutritiva que irá fornecer os nutrientes essenciais para seu crescimento e desenvolvimento (Mello e Campagnol, 2016).

O primeiro registro histórico do cultivo hidropônico são os "jardins suspensos da Babilônia", considerados uma das sete maravilhas do mundo antigo. Em 1860, o professor Julius Von Sachs publicou a primeira fórmula padrão para uma solução nutritiva que possibilitava o cultivo bem-sucedido de plantas (Silva *et al.*, 2022).

Posteriormente, pesquisadores desenvolveram diversas fórmulas básicas para cultivo sem solo, atendendo às necessidades dos estudos sobre fisiologia e nutrição mineral das plantas. Muitos esforços foram dedicados ao aprimoramento dessas soluções nutritivas (Bezerra Neto e Paes 2012).

O responsável por popularizar o cultivo hidropônico em grande escala foi o Dr. William F. Gericke, em 1930. Ele criou o termo "hidroponia", que vem das palavras gregas "hidro" (água) e "ponos" (trabalho), e significa "trabalho com água". Esse termo abrange diversos métodos de cultivo sem o uso do solo. Naquela época, o cultivo hidropônico seguia o método DFT (Deep Flow Technique), que consistia em manter as raízes das plantas submersas em água (Guerra, 2003).

A hidroponia é aplicável tanto em grandes áreas quanto em pequenas propriedades, oferecendo diversas vantagens em relação ao cultivo tradicional no solo. Entre essas vantagens estão a redução dos custos operacionais, a antecipação da colheita, a otimização do uso de fertilizantes, a produção de alimentos de alta qualidade e valor nutritivo, a padronização do tamanho das plantas e frutos, e a eliminação da necessidade de maquinário e implementos agrícolas (Bezerra neto e Paes (2012).

Os agricultores que dominam a técnica da hidroponia, conhecidos como hidroponicultores, tradicionalmente cultivam hortaliças como alface, rúcula e agrião. Nos últimos anos, entretanto, tem havido uma ampliação significativa da diversidade de espécies cultivadas nesse sistema, incluindo hortaliças folhosas, plantas

condimentares, aromáticas e medicinais. Essas culturas representam alternativas promissoras diante da crescente demanda dos consumidores por alimentos de alta qualidade e livres de agrotóxicos, característica possível de ser alcançada na hidroponia, desde que sejam adotadas práticas adequadas de manejo e controle fitossanitário (Mello; Campagnol, 2016).

A literatura descreve quatro sistemas hidropônicos amplamente utilizados, cada um com características e particularidades próprias. O primeiro é a aeroponia, sistema em que as raízes das plantas permanecem suspensas em um ambiente confinado, sendo periodicamente umedecidas por uma névoa ou solução nutritiva atomizada, o que garante adequada oxigenação e disponibilidade de nutrientes sem obstruir o desenvolvimento radicular (Silva; Silva; Kolleska, 2016).

O segundo é o sistema NFT (Nutrient Film Technique), no qual a solução nutritiva circula continuamente em lâmina delgada ao longo de canais ou tubos, permitindo o contato direto das raízes com os nutrientes e promovendo elevado aproveitamento da solução. Esse método é um dos mais utilizados no cultivo comercial de hortaliças folhosas, por possibilitar economia de água, controle nutricional preciso e alta produtividade (Laurett *et al.*, 2017).

Outro sistema amplamente empregado é o Floating System, que consiste em um reservatório contendo uma camada de 15 a 20 cm de solução nutritiva sobre a qual flutua uma placa de isopor com orifícios que sustentam as plantas. Nesse método, as raízes permanecem constantemente imersas na solução, o que favorece o crescimento uniforme e reduz a necessidade de automação (Laurett *et al.*, 2017).

Por fim, há o sistema de cultivo em substrato, no qual as plantas são cultivadas em materiais inertes, como fibra de coco, perlita, vermiculita ou areia, que servem de suporte físico às raízes. A nutrição é fornecida por meio da fertirrigação com soluções nutritivas, sendo um método bastante flexível, adaptável a diferentes espécies e condições ambientais (Laurett *et al.*, 2017).

Entre as várias espécies cultivadas no método hidropônico, as hortaliças folhosas são predominantes, com a alface representando 90% da produção, seguida por agrião, rúcula, salsa, cebolinha e almeirão. Também é possível cultivar flores, plantas condimentares, aromáticas e medicinais, além de frutas e forrageiras (Guerra, 2003).

4.2 LOCAL DE CULTIVO

Os cultivos hidropônicos são frequentemente realizados dentro de estufas agrícolas, sendo que no Brasil os modelos mais comuns são as estufas do tipo arco e capela. Entre essas, as estufas em arco são mais utilizadas e recomendadas para a hidroponia, pois proporcionam uma boa distribuição da luz solar e maior resistência ao vento. A orientação do comprimento da estufa deve ser idealmente no sentido Leste-Oeste, favorecendo a inclinação do terreno e a entrada de ventos, fatores cruciais para o controle da temperatura interna (Carrijo; Makishima, 2000).

As principais vantagens de cultivar em estufas, quando manejadas corretamente, incluem um controle mais eficiente das condições climáticas (temperatura, luminosidade e umidade relativa), a proteção contra chuvas e a redução da incidência de pragas e doenças (Silva *et al.*, 2022).

Algumas características recomendadas para as estufas incluem pés-direitos superiores a 3 m, utilização de lanternim (abertura na cumeeira), telas laterais que impeçam a entrada de insetos (mas que não sejam tão fechadas a ponto de dificultar a ventilação) e um filme com tratamento anti-UV na parte superior. Em regiões mais frias, é possível utilizar filmes nas laterais para reter o calor durante o inverno (Silva, Silva e Kolleska, 2016).

O cultivo hidropônico também pode ser realizado fora de estufas, a céu aberto ou sob telados. Nesses casos, o manejo do sistema deve ser adaptado, já que a incidência de chuvas pode afetar a solução nutritiva. É essencial que o sistema seja fechado para evitar a diluição da solução pela água da chuva, que deve ser descartada ou armazenada em reservatórios. O manejo nutricional e os turnos de irrigação precisam ser ajustados conforme a situação de cultivo, e as espécies cultivadas fora de estufas devem ser adequadas ao ambiente (Silva, Silva e Kolleska, 2016).

4.3 SOLUÇÃO NUTRITIVA

A formulação da solução nutritiva e as condições de cultivo são específicas para cada espécie vegetal, considerando seu potencial nutricional. Para criar uma solução nutritiva adequada, é essencial levar em conta a cultivar, o ambiente de crescimento, a época do ano (incluindo intensidade luminosa e temperatura) e,

principalmente, a qualidade da água utilizada no cultivo hidropônico (Silva *et al.*, 2022).

Nos sistemas hidropônicos, todos os nutrientes necessários estão presentes na solução nutritiva, que pode ser composta por fertilizantes sólidos ou líquidos. No Brasil, os fertilizantes sólidos solúveis são os mais comuns. A forma química dos nutrientes no fertilizante pode influenciar seu comportamento na planta, no substrato e na solução nutritiva. Por exemplo, o nitrogênio pode ser fornecido na forma de nitrato e/ou amônio (Silva *et al.*, 2022).

As plantas absorvem ambas as formas: o amônio é diretamente assimilado, enquanto o nitrato deve ser convertido em amônio, o que demanda energia adicional da planta. No entanto, altas concentrações de amônio podem ser tóxicas ou causar crescimento excessivo em ambientes com baixa luminosidade (Peres, 2023).

Além disso, a forma de nitrogênio na solução nutritiva pode alterar o pH, o que pode afetar a disponibilidade de outros nutrientes. Para hortaliças folhosas, como a alface, a quantidade de nitrogênio na forma de amônio não deve exceder 5% do total de nitrogênio na solução nutritiva (Guerra, 2003).

Alguns elementos dos fertilizantes podem se acumular na solução e causar toxidez às plantas ou afetar a absorção de outros nutrientes. Isso é especialmente comum em sistemas hidropônicos com solução recirculante (sistema fechado), onde a reposição de nutrientes é baseada na condutividade elétrica em vez da concentração de cada elemento (Pinheiro *et al.*, 2021).

A solução nutritiva fornecida às raízes das plantas deve conter todos os nutrientes necessários nas concentrações e proporções adequadas para cada estágio fenológico da planta. Essas características podem variar ao longo do ciclo de cultivo de acordo com as necessidades nutricionais da planta (Santos *et al.*, 2013).

Para hortaliças folhosas, os produtores geralmente utilizam uma ou duas soluções nutritivas diferentes durante o ciclo produtivo. Aqueles que usam uma fase de berçário aplicam uma solução específica para essa fase e outra para a fase de crescimento final. Para hortaliças de maior porte, como tomate, pepino e pimentão, podem ser usadas várias soluções, uma para cada fase: crescimento vegetativo, produção e final de ciclo (Sala; Costa, 2012).

No entanto, alguns produtores utilizam apenas duas soluções ou até mesmo uma e obtêm bons resultados. O preparo e manejo da solução devem considerar os

custos dos fertilizantes e da energia elétrica para circular e substituir a solução (Santos *et al.*, 2013).

A solução nutritiva pode ser preparada de duas formas distintas: (a) pela dissolução de todos os fertilizantes necessários em um único reservatório; ou (b) pela dissolução de fertilizantes compatíveis em reservatórios separados, formando soluções concentradas que posteriormente são misturadas para compor a solução final. É indispensável a utilização de, pelo menos, dois reservatórios, uma vez que fertilizantes à base de cálcio não devem ser misturados com aqueles que contêm sulfato ou fosfato, devido ao risco de precipitação de compostos insolúveis, como o sulfato de cálcio e o fosfato de cálcio. Essas reações reduzem a disponibilidade de nutrientes e podem comprometer a eficiência da solução nutritiva (Pinheiro *et al.*, 2021).

O manejo da solução inclui a reposição dos nutrientes consumidos, com base na condutividade elétrica da solução no reservatório após a adição de água. Diariamente, a condutividade elétrica (CE) é medida após a reposição de água para retornar ao volume inicial. Com a redução da CE, soluções nutritivas concentradas são adicionadas proporcionalmente (Guerra, 2003).

Portanto, esse processo pode não considerar a concentração dos nutrientes remanescentes, resultando no acúmulo de certos nutrientes e desequilíbrio entre eles. Para resolver esse problema, a solução nutritiva final pode ser descartada a cada 40 ou 50 dias, e o líquido descartado pode ser reaproveitado em outras áreas de produção para evitar desperdício e contaminação ambiental. Técnicas de manejo específicas são necessárias para garantir o reaproveitamento eficiente da solução de descarte (Guerra, 2003).

4.4 RESERVATÓRIOS DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

A escolha, o tamanho e a localização dos reservatórios para armazenamento das soluções nutritivas são fundamentais para manter a qualidade da solução e garantir um bom funcionamento do sistema. Esses reservatórios devem ser feitos de materiais não tóxicos que não reagem com a solução nutritiva (Trani, 2011).

Por exemplo, reservatórios de fibrocimento ou alvenaria precisam ser revestidos para evitar reações entre a solução ácida e o cimento alcalino, que podem

causar um aspecto leitoso. Os materiais mais recomendados são plásticos como PVC ou polipropileno, fibra de vidro, ou outros materiais inertes (Sala; Costa, 2012).

A capacidade do reservatório deve ser calculada de acordo com o volume de solução que as plantas necessitam em cada fase de crescimento. Reservatórios muito pequenos podem aquecer rapidamente a solução, o que é indesejável. Por outro lado, reservatórios excessivamente grandes dificultam a correção do pH e da condutividade elétrica (CE). Além disso, problemas fitossanitários podem se espalhar mais facilmente em um grande reservatório que abastece muitas plantas (Sala e Costa, 2012).

Por isso, muitos produtores optam por setorização da produção, dependendo da área cultivada. Essa estratégia permite oferecer soluções nutritivas específicas para cada fase de desenvolvimento e para diferentes espécies. Contudo, quanto maior o número de setores, maior será a demanda por mão de obra para monitorar a solução nutritiva, que deve ser controlada, preferencialmente, diariamente (Trani, 2011).

O volume mínimo de solução nutritiva recomendado por planta varia de 0,1 a 0,25 L para mudas, de 0,25 a 0,5 L para plantas de pequeno porte, como rúcula e almeirão, de 0,5 a 1,0 L para plantas de médio porte, como alface e salsa, e de 1,0 a 5,0 L para plantas de maior porte, como tomate e pepino. Uma maior relação entre o volume total de solução nutritiva e o número de plantas nas bancadas ajuda a manter a concentração de nutrientes e a temperatura da solução mais estáveis (Sala e Costa, 2012).

Os reservatórios devem ser posicionados na parte mais baixa da propriedade para facilitar o retorno da solução por gravidade. É importante evitar a incidência direta de luz solar sobre eles, pois isso pode causar aquecimento e promover o crescimento de algas (Trani, 2011).

O aquecimento da solução é um problema comum em muitas regiões de cultivo no Brasil, pois reduz a concentração de oxigênio e favorece o desenvolvimento de fitopatógenos. Além disso, temperaturas elevadas podem prejudicar o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes (Sala; Costa, 2012).

Para mitigar esses problemas, as tubulações que transportam a solução para as canaletas e aquelas que a conduzem de volta aos reservatórios devem ser enterradas. Alguns produtores também enterram os reservatórios para aproveitar o efeito refrigerador do solo, embora isso possa apresentar desafios, como a dificuldade

em esvaziar a solução para limpeza ou a entrada de solo, que pode contaminar a solução com patógenos (Trani, 2011).

4.5 FREQUÊNCIA DE CIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Para garantir o sucesso no cultivo hidropônico de hortaliças, é fundamental não apenas utilizar uma solução nutritiva adequada, mas também manejar corretamente essa solução, uma vez que isso impacta diretamente na qualidade da produção (Genuncio *et al.*, 2011).

A hidroponia exige uma irrigação sob demanda, que deve fornecer a quantidade ideal de solução nutritiva e manter um nível adequado de oxigênio na zona das raízes. O sistema deve operar de maneira eficiente e confiável, garantindo assim uma distribuição uniforme da solução nutritiva para todas as plantas e, assim, assegurar produtos com boa e alta qualidade (Schröder e Lieth, 2002).

Uma das características essenciais desse sistema é a frequência elevada de irrigação diária, o que se torna ainda mais crucial nas condições de regiões de clima quente onde se destaca às altas temperaturas ambientais. Para manter uma regularidade na aplicação da solução nutritiva nas raízes das plantas, a circulação geralmente é acionada por energia elétrica (Sisolino *et al.*, 2010).

A regulação da circulação é realizada por um sistema de temporização, normalmente um programador horário-eletromecânico. Portanto, o método mais utilizado para gerenciar a irrigação na hidroponia é programá-la, levando em consideração dois aspectos principais: o intervalo entre as irrigações e a duração de cada evento de irrigação (Schröder; Lieth, 2002).

Em geral, a frequência das irrigações no sistema hidropônico vai depender das características ambientais, como a intensidade luminosa e a temperatura do ar, além do meio de cultivo e da fisiologia da planta. Plantas com maior área foliar consomem mais água, e aquelas com abundância de folhas, que perdem água rapidamente por evapotranspiração, necessitam de uma irrigação mais frequente (Luz *et al.*, 2018).

A duração recomendada para cada irrigação é de 15 minutos com intervalos alternados de 15 minutos entre as irrigações ao longo do dia. Afirmado por (Sisolino *et al.*, 2010).

Uma frequência adequada de irrigação não só favorece o crescimento das plantas, mas também resultará em um maior ganho econômico na produção, ao

reduzir o consumo de energia elétrica. No entanto, cada cultura possui necessidades hídricas e fisiológicas específicas, o que permite ajustes na frequência de irrigação conforme a região de cultivo e as variações térmicas ao longo do ano (Luz, 2018).

4.6 RÚCULA

A rúcula é uma hortaliça folhosa que tem obtido um aumento significativo em sua produção no Brasil. Esta hortaliça de porte baixo possui folhas espessas e recortadas, com uma coloração verde-clara e nervuras verde-arroxeadas. Rica em vitamina C e minerais como cálcio e ferro, a rúcula é bastante conhecida no Sul do país e, embora ainda seja pouco consumida em outras regiões, está começando a ganhar popularidade, principalmente sendo consumida na forma de saladas (Bastos; Monteiro, 2017).

No Brasil, a rúcula (*Eruca sativa* Miller) tem se consolidado no mercado desde a década de 1990. Originária da região mediterrânea, a rúcula é mencionada desde o século I em registros do Herbário Grego de Dioscorides (41-68 d.C.). Na Itália, é apreciada por seu sabor picante e consumida em grande quantidade, enquanto no Brasil é utilizada principalmente em saladas cruas e pizzas (Peron, 2019).

Além de seu uso culinário, a rúcula possui propriedades nutracêuticas, funcionando como um bom depurativo. Em cada 100 g de matéria fresca, a rúcula contém aproximadamente 91,7 g de água, 2,58 g de proteína, 1,6 g de fibra, 160 mg de cálcio, 1,40 mg de ferro, 47 mg de magnésio, 52 mg de fósforo, 369 mg de potássio, 27 mg de sódio, 0,47 mg de zinco, 15 mg de vitamina C, e pequenas quantidades de outras vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico e vitamina B6 (Peron, 2019).

A rúcula pertence à família Brassicaceae e inclui três espécies comestíveis: *Eruca sativa* Miller, que tem ciclo de crescimento anual, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. e *Diplotaxis muralis* (L.) DC., ambas perenes. A espécie mais cultivada no Brasil é a *Eruca sativa* Miller, embora a *Diplotaxis tenuifolia*, conhecida como rúcula selvagem, também seja cultivada em menor escala. A rúcula é caracterizada por seu rápido crescimento vegetativo e ciclo de cultivo curto, com a produção economicamente viável ocorrendo até o tamanho máximo das folhas (Bastos; Monteiro, 2017).

Consumida predominantemente crua em saladas, a rúcula se destaca pela sua composição nutricional, além de seus efeitos anti-inflamatórios e desintoxicantes. A

hortaliça, que possui um sabor picante e um aroma agradável, foi bem recebida pelo paladar brasileiro (Bastos; Monteiro, 2017).

Originária do sul da Europa e do oeste da Ásia, a rúcula é uma planta de folhas alongadas, que atinge entre 10 e 15 centímetros de altura, e é uma excelente fonte de vitaminas além de sais minerais e ômega 3. No Brasil, para seu bom desenvolvimento, o cultivo ideal ocorre em temperaturas entre 15°C e 18°C. Contudo, estudos realizados em Belém (PA) mostraram que a rúcula pode se desenvolver de forma significativa mesmo em temperaturas mais altas, típicas do Trópico Úmido (Purquerio e Trani, 2014).

Apesar de ser cultivada em escala considerável no país, a rúcula ainda é pouco estudada, e o aumento no número de produtores tem gerado uma demanda por informações mais detalhadas sobre a condução da cultura (Purquerio e Trani, 2014).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO

O presente estudo foi conduzido em uma estufa (Figura 1), equipada com bancadas hidropônicas (Figura 2) destinadas ao cultivo das hortaliças, localizada em uma propriedade rural no município de Foz do Iguaçu – PR, sob as coordenadas geográficas latitude -25.4323506 e longitude -54.4867805. O experimento foi realizado durante o segundo semestre de 2025, período em que foram conduzidos os testes e análises voltados ao desenvolvimento da cultura da rúcula (*Eruca sativa*) sob diferentes doses de nutrientes na solução nutritiva.

Figura 1 - Estufa hidropônica montada e fechada.



Fonte: Autor, 2025

Figura 2 - Estufa hidropônica com as bancadas.



Fonte: Autor, 2025

5.1.1 Estufa e Bancada Hidropônica

Para o desenvolvimento do experimento, utilizou-se uma estufa (Figura 3) com dimensões de 3,30 metros de largura, 7,00 metros de comprimento e 3,00 metros de altura. A estrutura foi coberta com lona plástica transparente na parte superior e revestida lateralmente com sombrite preto, que proporcionou adequada proteção contra radiação solar excessiva e manutenção da ventilação interna.

O interior da estufa foi equipado com bancadas hidropônicas compostas por perfis comerciais de polipropileno, medindo 3,00 metros de comprimento e 40 mm de largura, espaçados em 15 cm entre si e com orifícios de 20 cm entre plantas, permitindo adequada aeração e distribuição da solução nutritiva (Figura 3).

Figura 3 - Estufa hidropônica com as bancadas instaladas.



Fonte: Autor, 2025

A circulação da solução foi realizada por meio de bombas submersas de 1000 L/h (Figura 4), conectadas a caixas de 50 litros que funcionaram como reservatórios de armazenamento. O fluxo de irrigação foi automatizado por um timer programável, ajustado para operar em ciclos de 15 minutos ligados e 15 minutos desligados, garantindo a oxigenação contínua das raízes e a recirculação homogênea da solução.

Durante o cultivo, o controle de pH e condutividade elétrica (CE) foi monitorado diariamente com equipamentos específicos, assegurando a estabilidade dos parâmetros nutricionais e a eficiência do sistema hidropônico.

Figura 4 - Bombas utilizadas para mover a água até os perfis hidropônicos.



Fonte: Autor, 2025

As mudas da hortaliça rúcula (*Eruca sativa*) foram adquiridas oito dias após a semeadura, realizada em 01 de agosto de 2025. O transplante para as bancadas hidropônicas ocorreu em 09 de agosto de 2025 (Figura 5). Cada bancada recebeu a diluição correspondente ao respectivo tratamento, conforme o delineamento experimental proposto.

Figura 5 - Transplante das mudas para a bancada.



Fonte: Autor, 2025

O Tratamento T1 testemunha, apresentou condutividade elétrica (CE) de 1,50 mS/cm e pH 6,7, correspondendo a 100% da dose de nutrientes recomendada. O Tratamento T2 apresentou CE de 0,80 mS/cm e pH 6,7, equivalente a 50% da dose nutricional, enquanto o Tratamento T3 apresentou CE de 0,40 mS/cm e pH 6,7, correspondente a 25% da dose. Esses valores foram obtidos na primeira preparação da solução nutritiva e, ao longo do experimento, mantidos e ajustados periodicamente para assegurar estabilidade e uniformidade nas condições de cultivo.

5.1.2 Condução Do Experimento

O experimento foi conduzido com base nas diluições dos nutrientes propostas por Furlani *et al.* (1999), utilizando diferentes concentrações da solução nutritiva. O Tratamento T1, considerado testemunha, recebeu 100% da dose recomendada de nutrientes para um volume de 50 litros de água; o Tratamento T2 recebeu 50% da dose recomendada, enquanto o Tratamento T3 foi preparado com 25% da dose recomendada.

De acordo com o protocolo original de Furlani *et al.* (1999), a dose padrão consiste na utilização de 21 g do produto “Rúcula 1” e 21 g do produto “Rúcula 2” para cada 50 litros de água, ambos na forma de fertilizantes solúveis em pó (Tabela 1). Essas proporções foram rigorosamente seguidas e ajustadas conforme o delineamento experimental (Tabela 2), assegurando a precisão das concentrações nutricionais em cada tratamento.

Tabela 1- Quantidade de sais para o preparo de 1000 litros de solução nutritiva

(Continua)

Nº	Sal ou Fertilizante	g/1000 L
01	Nitrato de cálcio hydro especial	750,00
02	Nitrato de potássio	500,00
03	Fosfato monoamônio (MAP)	150,00
04	Sulfato de magnésio	400,00
05	Sulfato de cobre	0,15
06	Sulfato de zinco	0,50
07	Sulfato de manganês	1,50

Tabela 1 - Quantidade de sais para o preparo de 1000 litros de solução nutritiva
(Conclusão)

Nº	Sal ou Fertilizante	g/1000 L
08	Ácido bórico, ou	1,50
	Bórax	2,30
09	Molibdato de sódio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ou	0,15
	Molibdato de amônio	0,15
10	Tenso-Fe® (FeEDDHA-6% Fe), ou	30,0
	Dissolvine® (FeEDTA-13% Fe), ou	13,8
	Ferrilene® (FeEDDHA-6% Fe), ou	30,0
	FeEDTANa ₂ (10 mg/ml de Fe)	180 ml

Fonte: Adaptado de Furlani *et al.*, 1999

Tabela 2 - Proporção da quantidade de adubo utilizado para cada tratamento e respectivamente seus ajustes diários.

Tratamento	Proporção de Adubo	Dose em gramas Produto Rúcula 1 e 2
T1 (Testemunha)	100%	2,22g
T2	50%	1,11g
T3	25%	0,55g

Fonte: Autor

Nota: Reajuste para reposição de nutrientes ajustado para 50L de água: Rúcula 1 = 2,22g a cada 0,052 ms/cm e Rúcula 2 = 2,22g a cada 0,048 ms/cm

5.1.3 Fertilizante Para Solução Nutritiva

O fertilizante utilizado foi adquirido junto à empresa Plantpar Fertilizantes, tratando-se de um produto formulado para atender às exigências nutricionais de hortaliças folhosas, como alface e rúcula (Figura 6). Apresenta uma composição balanceada de macro e micronutrientes, desenvolvida especificamente para o cultivo hidropônico e fertirrigado dessas espécies. Essa formulação garante adequada disponibilidade de elementos essenciais ao crescimento vegetativo e à formação da parte aérea, favorecendo o desenvolvimento uniforme das plantas e a qualidade final da produção.

Figura 6 - Fertilizantes utilizados para a nutrição das hortaliças.



Fonte: Plantpar fertilizantes, 2025

O fertilizante da Plantpar apresenta em sua composição macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das hortaliças. Entre os macronutrientes, destacam-se o nitrogênio (N), o fósforo (P_2O_5), o potássio (K_2O), o enxofre (S), o magnésio (Mg) e o cálcio (Ca), sendo todos solúveis em água, o que assegura a rápida absorção pelas raízes, fundamentais para o crescimento vegetativo e a formação de tecidos estruturais. Já entre os micronutrientes, incluem-se ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) (Tabela 3), indispensáveis em diversas reações enzimáticas e processos metabólicos.

O produto apresenta ainda micronutrientes quelatizados, sendo o ferro disponibilizado na forma Fe-EDDHA, um agente quelante de alta estabilidade, especialmente eficaz em soluções nutritivas com variação de pH. Essa característica química favorece a disponibilidade contínua dos nutrientes na solução hidropônica, evitando precipitações e garantindo maior eficiência no uso dos fertilizantes durante todo o ciclo de cultivo (Plantpar Fertilizantes, 2025).

Tabela 3 - Garantia de Nutrientes do fertilizante Plantpar.

(Continua)

Nutriente	Teor (%)
Rúcula 01	
Nitrogênio solúvel em água	8,0
Fósforo (P_2O_5) solúvel em água	9,0
Potássio (K_2O) solúvel em água	27,0

Tabela 3 - Garantia de Nutrientes do fertilizante Plantpar.

(Conclusão)

Nutriente	Teor (%)
Rúcula 01	
Enxofre (S) solúvel em água	4,0
Ferro (Fe) solúvel em água	0,23
Manganês (Mn) solúvel em água	0,10
Boro (B) solúvel em água	0,04
Cobre (Cu) solúvel em água	0,02
Zinco (Zn) solúvel em água	0,02
Molibdênio (Mo) solúvel em água	0,01
Níquel (Ni) solúvel em água	0,002
Rúcula 02	
N total	11,0
Ca total	14,0
Mg total	2,0

Fonte: Adaptado de Plantpar Fertilizantes (2025).

Sendo assim, o fertilizante utilizado apresenta todos os nutrientes essenciais propostos por Furlani *et al.* (1999), atendendo plenamente às exigências nutricionais recomendadas para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas.

5.1.4 Caracterização Da Variedade Da Rúcula

A variedade utilizada no experimento foi a rúcula cv. Astro, da marca Sakata (Figura 7), caracterizada por apresentar folhas largas, coloração verde intensa e elevado vigor vegetativo. Trata-se de uma cultivar precoce (Figura 8), com ciclo médio de germinação de 3 a 5 dias, contados da semeadura até o ponto ideal para o transplante às bancadas hidropônicas.

A variedade destaca-se pela alta produtividade, excelente qualidade comercial e bom rendimento na formação de maços, características que a tornam amplamente utilizada em cultivos comerciais. O teor germinativo das sementes é de 95%, assegurando uniformidade na emergência e desenvolvimento inicial das plantas.

Figura 7 - Semente de rúcula utilizada no experimento.



Fonte: Sakata sementes, 2025

Figura 8 – Informações e características da rúcula utilizada no experimento.

ASTRO

**PRECOCIDADE E VIGOR
DESDE O INÍCIO**



RÚCULA

PONTOS FORTES

- Menor custo com manutenção das plantas no campo em função do ciclo precoce;
- Tolerância ao pendoamento precoce;
- Alta produtividade, qualidade e rendimento de maços.

CARACTERÍSTICAS

- Plantas vigorosas, folhas largas, menos recortadas, de coloração verde intensa;
- Ciclo médio total: 35 dias (precoce).

ÉPOCA DE CULTIVO

Ano todo

TIPO DE CULTIVO

Campo aberto/hidroponia

Fonte: Sakata sementes, 2025

5.1.5 Substrato

O substrato utilizado no experimento foi a espuma fenólica (Figura 9), amplamente empregada em sistemas hidropônicos por sua eficiência tanto na

germinação quanto no enraizamento das mudas. Esse material apresenta excelente aeração das raízes, além de ser estéril, o que o torna livre de contaminação por fungos e bactérias. Por ser inerte, a espuma fenólica não interfere na nutrição mineral das plantas, garantindo uniformidade na absorção dos nutrientes fornecidos pela solução nutritiva.

Figura 9 - Substrato utilizado no experimento.



Fonte: Autor, 2025

Entre suas principais vantagens destacam-se: a higiene do processo produtivo, a otimização do espaço com maior densidade de mudas por área, o fácil manuseio e transporte, e a versatilidade quanto ao manejo de água e nutrientes. As placas de espuma fenólica utilizadas apresentavam dimensões de 30 x 46 cm, adequadas para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas.

5.1.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), composto por três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 parcelas experimentais. Cada tratamento foi conduzido em três perfis hidropônicos comerciais, contendo 39 orifícios por perfil, o que resultou em um total de 117 mudas de rúcula cultivadas (Figura 10).

Figura 10 – Perfis hidropônicos



Fonte: Autor, 2025

Para as análises estatísticas, foram coletados sete maços de plantas de forma aleatória por tratamento, onde as coletas visaram eliminar as pontas dos perfis e as bordaduras (Figura 11), visando garantir a representatividade dos dados. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando nível de significância de 5% de probabilidade de erro. Os efeitos dos tratamentos foram comparados por meio do teste de Tukey, as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2019).

Figura 11 – Plantas utilizadas para a coleta dos dados



Fonte: Autor, 2025

5.1.7 Coleta de dados

Para a obtenção dos resultados de cada tratamento, após a colheita das mudas, foram realizadas medições e avaliações específicas para cada variável analisada.

O comprimento das plantas (Figura 12) e o comprimento das raízes (Figura 13) foram determinados com o auxílio de uma trena milimetrada. A massa fresca das plantas (Figura 14) foi obtida utilizando-se uma balança digital de precisão, enquanto o número de folhas por planta foi determinado por contagem manual direta. Esses procedimentos permitiram quantificar o desempenho das plantas em função das diferentes concentrações de nutrientes aplicadas nos tratamentos.

Figura 12 – Coleta de dados referente ao comprimento das plantas



Fonte: Autor, 2025

Figura 13 – Coleta de dados referente ao comprimento das raízes



Fonte: Autor, 2025

Figura 14 – Coleta de dados referente a massa fresca



Fonte: Autor, 2025

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o Tratamento T1 considerado a testemunha, com 100% da dose de nutrientes, apresentou o melhor desempenho em altura de planta. Observa-se, ainda, que o Tratamento T2, com 50% da dose nutricional, obteve resultados superiores ao Tratamento T3, que recebeu 25% da dose de nutrientes (Tabela 4).

Tabela 4 – Média da variável altura de planta em cada tratamento testado, valores expresso em cm.

Tratamentos	Altura de Planta
T1	21.35 a
T2	17.21 b
T3	12.42 c
CV (%)	6.93

Fonte: Adaptado SISVAR, 2025

Nota: T1 – Testemunha com 100% dos nutrientes, T2 – tratamento com 50% dos nutrientes, T3 – tratamento com 25% dos nutrientes; Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos evidenciam uma relação direta entre o aumento da concentração da solução nutritiva e o crescimento vegetativo da rúcula, demonstrando que a disponibilidade adequada de nutrientes é determinante para o desenvolvimento da cultura em sistema hidropônico.

Resultados semelhantes foram relatados por Peres (2023), ao afirmar que quanto maior a concentração da solução nutritiva, maior tende a ser a altura das plantas em desenvolvimento. Embora o T1 tenha se destacado em relação aos demais, os Tratamentos T2 e T3 também apresentaram alturas de planta dentro do padrão comercial, o qual, segundo Isla (2001) varia entre 12 e 18 cm.

No presente estudo, a altura média das plantas do T1 foi de 21,35 cm, valor superior ao intervalo recomendado pela literatura, indicando resposta positiva da cultura à maior disponibilidade de nutrientes. Entretanto, esse comportamento contrasta com os resultados observados por Filgueira (2002), que reportou redução no crescimento em concentrações elevadas de nutrientes, possivelmente em razão de diferenças nas condições ambientais e no manejo das soluções nutritivas.

Na análise de comprimento de raiz, observou-se que o tratamento T1 apresentou o melhor desempenho radicular, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 5). Já os Tratamentos T2 e T3 não apresentaram diferenças estatísticas entre si, indicando que reduções mais acentuadas na concentração da solução nutritiva podem limitar o desenvolvimento radicular da rúcula em sistema hidropônico.

Tabela 5 – Média da variável comprimento de raiz em cada tratamento testado, valores expresso em cm.

Tratamentos	Comprimento de Raiz
T1	15.00 a
T2	9.78 b
T3	7.42 b
CV (%)	23.40

Fonte: Adaptado SISVAR, 2025

Nota: T1 – Testemunha com 100% dos nutrientes, T2 – tratamento com 50% dos nutrientes, T3 – tratamento com 25% dos nutrientes; ; Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Guerra (2003), ao avaliar o cultivo hidropônico de rúcula sob diferentes concentrações de nutrientes, constatando que os tratamentos com maior disponibilidade nutricional apresentaram maior comprimento de raiz em comparação com soluções diluídas.

De forma semelhante, Santos *et al.* (2020) observaram que diluições excessivas da solução nutritiva reduzem o vigor radicular e o crescimento das plantas, embora o ajuste na frequência de irrigação possa minimizar parcialmente esses efeitos. Esses estudos reforçam que o equilíbrio nutricional da solução é determinante para o desenvolvimento radicular adequado, uma vez que tanto a deficiência quanto o excesso de sais minerais podem comprometer a absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Na avaliação do número de folhas por planta, verificou-se que não houve diferença estatística significativa entre os Tratamentos T1 e T2, indicando que a redução da concentração da solução nutritiva em até 50% não afetou de forma expressiva o desenvolvimento foliar da cultura. No entanto, quando comparados ao Tratamento T3, com apenas 25% da dose de nutrientes, observou-se diferença

significativa, evidenciando o impacto negativo das baixas concentrações nutricionais sobre a emissão e expansão das folhas (Tabela 6).

Tabela 6 – Média da variável número de folhas em cada tratamento testado, valores expresso em unidade.

Tratamentos	Número de Folhas
T1	48.71 a
T2	44.28 a
T3	28.57 b
CV (%)	16.84

Fonte: Adaptado SISVAR, 2025

Nota: T1 – Testemunha com 100% dos nutrientes, T2 – tratamento com 50% dos nutrientes, T3 – tratamento com 25% dos nutrientes, ; Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De modo geral, os resultados indicam que níveis moderados a elevados de nutrientes (50% a 100%) são suficientes para garantir um bom desenvolvimento foliar da rúcula em sistema hidropônico, enquanto doses muito diluídas (25%) comprometem diretamente o vigor e a produtividade potencial da cultura.

Esses resultados estão em concordância com os estudos de Silva (2009), que, ao trabalhar com rúcula em sistema hidropônico, constatou aumento progressivo no número de folhas à medida que se elevava a concentração da solução nutritiva. Assim, observa-se que níveis adequados de nutrientes são essenciais para o crescimento vegetativo equilibrado e para a obtenção de produtividade comercialmente viável da rúcula.

A Tabela 7 apresenta os valores médios de peso de massa fresca das plantas de rúcula submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva. Observa-se que o Tratamento T1, correspondente à testemunha com 100% da dose de nutrientes, apresentou o maior peso médio (28,85 g), diferindo significativamente dos demais tratamentos.

O Tratamento T2, com 50% da concentração nutricional, apresentou redução considerável da massa fresca (18,57 g), enquanto o Tratamento T3, com apenas 25% da dose recomendada, obteve o menor valor médio (11,57 g), diferindo estatisticamente de todos os outros tratamentos.

Tabela 7 – Média da variável peso de massa fresca em cada tratamento testado, valores expresso em gramas.

Tratamentos	Peso Massa Fresca
T1	28.85 a
T2	18.57 b
T3	11.57 c
CV (%)	15.82

Fonte: Adaptado SISVAR, 2025

Nota: T1 – Testemunha com 100% dos nutrientes, T2 – tratamento com 50% dos nutrientes, T3 – tratamento com 25% dos nutrientes; ; Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados mostram que existe uma relação direta entre a disponibilidade de nutrientes e a produção de biomassa fresca da rúcula, indicando que a concentração adequada da solução nutritiva é determinante para o acúmulo de matéria vegetal. A menor massa observada nos tratamentos com doses reduzidas sugere deficiência nutricional, que pode ter limitado processos fisiológicos como fotossíntese, absorção de água e expansão celular, resultando em menor desenvolvimento das plantas.

Guardabaxo *et al.* (2020), ao estudarem o efeito de diferentes diluições de sais na solução nutritiva sobre o desenvolvimento da rúcula em sistema hidropônico, observaram ausência de diferença significativa entre os tratamentos para o parâmetro de peso de massa fresca. Esses resultados sugerem que, em determinadas condições experimentais, a cultura pode apresentar certa tolerância à variação da concentração de nutrientes, sem comprometer expressivamente o acúmulo de biomassa.

Por outro lado, Yang *et al.* (2021), avaliando a produção de biomassa e qualidade nutricional da rúcula em cultivo hidropônico, verificaram que a massa fresca foi maximizada quando a cultura recebeu uma nutrição mineral balanceada e ajustada com precisão às suas exigências fisiológicas. O autor destaca que o equilíbrio iônico e a proporção adequada de sais minerais na solução nutritiva são fatores

determinantes para otimizar a fotossíntese, o crescimento vegetativo e o rendimento final da cultura.

De forma geral, conclui-se que o fornecimento integral da solução nutritiva (100%) proporciona o melhor desempenho produtivo, garantindo maior acúmulo de massa fresca e, conseqüentemente, melhor qualidade comercial da hortaliça, enquanto reduções acentuadas na concentração de nutrientes comprometem significativamente o rendimento da cultura.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu avaliar o desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa*) cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT, submetida a diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o fornecimento integral de nutrientes (100% da dose recomendada) proporcionou o melhor desempenho agrônomo da cultura, refletido em maior altura de planta, comprimento radicular e peso de massa fresca.

Verificou-se, ainda, que a redução da concentração da solução para 50% manteve resultados satisfatórios quanto à altura e número de folhas, indicando certa tolerância da cultura a níveis moderadamente reduzidos de nutrientes, sem comprometimento expressivo do padrão comercial. Contudo, a concentração de 25% mostrou-se insuficiente para atender às exigências fisiológicas da planta, resultando em menor desenvolvimento e acúmulo de biomassa, o que compromete a produtividade e a qualidade final da hortaliça.

Os resultados reforçam a importância do manejo nutricional adequado no cultivo hidropônico, uma vez que a concentração da solução nutritiva influencia diretamente os processos fisiológicos responsáveis pelo crescimento vegetativo, pela absorção de água e pela eficiência fotossintética. Dessa forma, o equilíbrio entre os macros e micronutrientes na solução é essencial para garantir o pleno desenvolvimento da rúcula e a viabilidade econômica do sistema.

Diante das análises realizadas, recomenda-se, para cultivos comerciais, a manutenção da concentração integral da solução nutritiva proposta por Furlani *et al.* (1999), ou ainda, a realização de novos estudos que avaliem concentrações intermediárias, como 75% da dose padrão, a fim de determinar o ponto de equilíbrio entre eficiência nutricional e redução de custos de produção.

REFERÊNCIAS

BASTOS, C.P; MONTEIRO, C.J.S, **Produção de rúcula em diferentes coberturas mortas nas condições edafoclimáticas de Paragominas-PA**, 2017. Acesso em: 03 ago. de 2024. <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/789/1/TCC>).

BEZERRA NETO, E.; PAES, L. B. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, vols. 8 e 9, p.107-137-
<https://core.ac.uk/download/pdf/228884069.pdf>, 2011/2012.

CAMPAGNOL, Rafael; MELLO, Simone da Costa; PINHEIRO, Renes Rossi. Cultivo protegido de hortaliças. Curitiba: **SENAR-PR**, 2015. 87 p. Disponível em: https://www.sistemaafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/11/PR.0305-Cultivo-De-Hortalicas-Em-Ambiente-Protegido_web.pdf. Acesso em: 02 set. 2024.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. **Princípio da hidroponia. Circular técnica 22, Embrapa, nov. 2000**. Disponível em: (<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/769981/principios-de-hidroponia>). Acesso em: 22 ago. 2024.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 2002. 402p.

FURLANI, P. R., SILVEIRA, L. C. P., BOLONHEZI, D., & FAQUIN, V. (1999). Cultivo hidropônico de plantas (Vol. 180). Campinas: IAC. Acesso em: 07 ago. de 2024.

GENUNCIO G.C; SILVA R.A.C; NUBIA M.S; MARY W; ZONTA E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 29, n.4, p.605-608, 2011. Acesso em: 29 jul. 2024.

GUARDABAXO M. S., ASSIS K. C. C., FIGUEIREDO F. C., SILVA L. F. Cultivo da rúcula em sistema hidropônico sob diferentes concentrações de sais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 3, pág. 274-282, 2020.

GUERRA, G. P, **CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA, em sistema nft**, 2003. Acesso em: 29 jul. 2024. [CultivoHidropônicoRúcula.pdf](#)).

ISLA. Catálogo 2001/2002. Porto Alegre: **Isla Sementes**, 2001. 74p. Acesso em: 27 set. 2025.

LAURETT, L; FERNANDES, A.A; SCHMILDT, E.R; ALMEIDA, C.P; PINTO, M.L.P.B, 2017. **Desempenho da alface e da rúcula em diferentes concentrações de ferro na solução nutritiva**. Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences 60(1):45-52 Acesso em: 03 ago. 2024. (<http://dx.doi.org/10.4322/rca.2466>).

LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C.; AGUILAR, A. S.; SANTOS, T. N. Cultivo de *Artemisia absinthium* L. sob concentrações de solução nutritiva em hidroponia. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, p.117-127, 2018. Acesso em: 22 ago. 2024.

MELLO, S.C; CAMPAGNOL, R, Olericultura: cultivo hidropônico. **SENAR - Pr., 2016. – 84 p.** Acesso em: 29 jul. 2024.

NAKATA, B. Relação K:Ca e aplicação de sílcio na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de coentro. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari. Horticultura Brasileira. Brasília: **Associação Brasileira de Horticultura, 2010. v. 28. p. S3897-S3906.** Acesso em: 02 set. 2024.

PERES, L.F, **Doses de Azospirillum brasilense em sistema hidropônico, nutrição e qualidade da rúcula. 2023.** Acesso em: 07 ago. 2024. (file:///C:/Users/casa/Downloads/tcc1/peres_lf_tcc_ilha.pdf).

PERON, R.M, **DESEMPENHO AGRONÔMICO DA RÚCULA (Eruca sativa Miller) SOB DIFERENTES DOSAGENS DE CAMA DE FRANGO**, 2019. Acesso em: 22 ago. 2024. (http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5444/1/Raquel%20Mantovani%20Peron_2019.pdf).

PINHEIRO, W.T; WIETH, A.R; CARVALHO, A. C; DUARTE, T.S; SILVA, M.A.S, **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p. 23206-23220 mar 2021 - 10.34117/bjdv7n3-165. Acesso em: 22 ago. 2024

Plantpar Indústria e Comércio de Fertilizantes LTDA. Fertilizantes – Disponível em: <https://plantpar.com.br>. Acesso em: 03 ago. 2024.

PURQUERIO, L. F; TRANI, P, Rúcula (*Eruca sativa* Miller) - **7.ªEd. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 452 p.** (Boletim IAC, n.º 200). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317561595_Rucula_Eruca_sativa_Miller_Rocket_salad/citation/download. Acesso em: 03 ago. 2024.

SAKATA. Hortaliças e frutas. 2025. Disponível em: <https://www.sakata.com.br>. Acesso em: 03 ago. 2024.

SALA, F. C.; COSTA, C.P. **Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 30, p. 187-194, 2012.** Acesso em: 02 set. 2024.

SANTOS, O. S; MELO, E.F.R. Q; BASSO, D. P; MENEGAES, J. F; CARGNELUTTI, A. FILHO; FILIPETTO, J.E; LUZ, R.C. 2013, **Produção de cinco cultivares de rúcula em duas soluções hidropônicas-**
file:///C:/Users/casa/Downloads/tcc1/2083-Article%20Text-2818-1-10-20130227.pdf.
Acesso em: 02 set. 2024.

SANTOS, J. S. G.; SILVA, A. O.; LACERDA, C. F.; TÁVORA, R. N.; SILVA. G. F.; PUTTI, F. F. **Frequência de aplicação e diluição da solução nutritiva em cultivo de rúcula hidropônica 2020** - DOI:
<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2022v27n3p639-652>. Acesso em: 27 set. 2025.

SCHRÖDER F.G.; LIETH, J.H. Irrigation control in hydroponics. In: SAVVAS, D.; PASSAM H. (Eds). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Athens: **Embryo Publishing, pp 265–296, 2002**. Acesso em: 07 ago. 2024.

SILVA, F.V; DUARTE, S.N; LIMA, C J. G. S.; DIAS, N.S; SANTOS, R.S.S; MEDEIROS, P.R.F, 2022. **Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina**. Acesso em: 03 ago. 2024.
(file:///C:/Users/casa/Downloads/tcc1/1779-Texto%20do%20artigo-4120-2-10-20220113.pdf).

SILVA, J. L.; SILVA, E. S. B.; KOLLESKA, L. Respostas produtivas de cultivares de rúcula em sistema hidropônico. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Campo Mourão, v. 11, n. 1, p. 16-24, 2016. Acesso em: 02 set. 2024.

SILVA, F. V. da. Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas. 2009. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
doi:10.11606/T.11.2010.tde-16032010-151140. Acesso em: 26 set. 2025.

SISOLINO, A. J; FERREIRA, R. O; FÉLIX, R. L; ARAÚJO, S. E NETO; NEGREIRO, J.R. S, **Revista Caatinga**, -Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18-24, abr.-jun., 2010. Acesso em: 22 ago. 2024.
(<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159502/1/23656.pdf>).

TRANI, P. E. Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 29 p. (**Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 208**). Acesso em: 02 set. 2024.

YANG, T., SAMARAKOON, U., ALTLAND, J. E, LING P. **Fotossíntese, Produção de Biomassa, Qualidade Nutricional, e Propriedades Fitoquímicas Relacionadas ao Sabor da Rúcula Hidropônico-Crescida (*Eruca sativa* Moinho) ‘Standard’ sob Diferentes Condutividades Elétricas da Solução de Nutrientes** - instituto Técnico Agrícola, Universidade Estadual de Ohio, Wooster, OH 44691, EUA, 2021. Acesso em: 27 set. 2025.