



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE

ROSALINY DE CASTRO LOURENCIO

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES
DILUIÇÕES DO BIOFERTILIZANTE E DECLIVIDADES DAS CALHAS DE
CONDUÇÃO**

REDENÇÃO

2021

ROSALINY DE CASTRO LOURENCIO

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES
DILUIÇÕES DO BIOFERTILIZANTE E DECLIVIDADES DAS CALHAS DE
CONDUÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente, da Universidade a Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Energia e Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento Rural.

Orientadora: Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho

Coorientador: Prof. Dr. Max César de Araújo

REDENÇÃO

2021

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Lourencio, Rosaliny de Castro.

L932c

Cultivo de hortaliças em sistema hidropônico sob diferentes diluições do biofertilizante e declividades das calhas de condução / Rosaliny de Castro Lourencio. - Redenção, 2022.
86f: il.

Dissertação - Curso de Mestrado Acadêmico em Energia e Ambiente, Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho.
Coorientador: Prof. Dr. Max César de Araújo.

1. Rúcula - Cultivo. 2. Fertilizante orgânico. 3. Inovações tecnológicas. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 635.5

ROSALINY DE CASTRO LOURENCIO

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES
DILUIÇÕES DO BIOFERTILIZANTE E DECLIVIDADES DAS CALHAS DE
CONDUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Energia e Ambiente, com área de concentração em Desenvolvimento Rural.

Aprovada em: 14/ 12/ 2021

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho (Orientadora)

Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Max César de Araújo (Coorientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira



Prof. Dr. Aluisio Marques da Fonseca

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira



Prof. Dra. Francisca Robevania Medeiros Borges

Universidade Federal do Ceará

A Deus.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Á minha mãe Rosélia Castro e irmão Wellington Castro por serem meu alicerce e apoio durante todo o processo.

Á Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho pela orientação, confiança e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Max César de Araújo pela coorientação, incentivo, amizade e ensinamentos.

Á Profa. Dra. Francisca Robevania Medeiros Borges pelas valiosas contribuições, que apesar de oficialmente não poder ser minha coorientadora, contribuiu para a realização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Aluísio Marques da Fonseca por aceitar participar da banca examinadora e pelas valiosas sugestões.

Ao Grupo de Pesquisa em Biofertilização – GPBIO, em especial ao Valdizio Lima e Mateus Silva por toda ajuda durante o experimento.

Aos amigos frutos da Pós-graduação Ana Kesya e Madson Júnior, companheiros dessa jornada. Minha gratidão.

Á Elânia Sena e Francisca Maciel pela amizade e ajuda no experimento.

Ao Marcílio Jeronimo, Gardiene Silva, Odete Elana e Evanilson Oliveira pelo incentivo e companheirismo durante essa caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente pela oportunidade.

Aos colaboradores da Fazenda Experimental da UNILAB, pela paciência e ajuda durante o experimento, foram fundamentais.

A divisão de transporte por sempre atender as solicitações e em especial aos motoristas David Karol e Jonas Castro, gratidão pela paciência e ajuda em campo.

Á Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira, por contribuir para minha formação acadêmica.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização do trabalho, muito OBRIGADA.

“Precisamos acreditar que temos talento para alguma coisa e que essa coisa pode ser atingida.” Marie Curie

RESUMO

LOURENCIO, Rosaliny de Castro. *Cultivo de hortaliças em sistema hidropônico sob diferentes diluições do biofertilizante e declividades das calhas de condução das culturas*. Ceará, 2021. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente, Ceará. Orientadora: Albanise Barbosa Marinho.

Em sistema hidropônico, além do manejo adequado da solução nutritiva, também é imprescindível o conhecimento da declividade ideal das calhas de condução da solução nutritiva. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da rúcula e agrião em sistema hidropônico a partir de diferentes diluições do biofertilizante e níveis de declividade das calhas de condução da cultura. Dois experimentos foram realizados com as culturas rúcula e agrião, testando diluição do biofertilizante como solução nutritiva e declividade das calhas de condução. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC). Para rúcula, as parcelas foram dois ciclos de cultivo, as subparcelas foram constituídas por três taxas de diluição do biofertilizante em água (1:2; 1:3 e 1:4) e as subsubparcelas constituídas de cinco declividades das calhas de condução da solução nutritiva (2%, 3%, 4%, 5% e 6%). Para o agrião, as parcelas foram constituídas pelas taxas de diluição do biofertilizante em água e as subparcelas constituídas de cinco declividades das calhas de condução da solução nutritiva. Os experimentos foram constituídos de 15 unidades experimentais, 30 plantas por tratamento, totalizando 450 plantas. Variáveis avaliadas foram altura da planta (ALT), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD). Para rúcula, sob ciclos em função das declividades, a máxima ALT, NF, MFPA, MSPA, MSR e PROD foram encontradas no ciclo 2 de cultivo, sob declividade da calha de condução de 4,1%. A máxima ALT, MFPA e PROD foram verificadas na taxa de 1:4 em declividades de 3,5; 4,5; e 4,3%, respectivamente. Para agrião, a máxima ALT, MFR e MSR foram verificadas na taxa de diluição de 1:3, em declividade de 3,8%. Para efeito isolado das taxas de diluição, o NF, MFPA, MSPA e PROD foram encontrados os melhores incrementos na taxa de 1:3 e 1:4. Para efeito isolado dos níveis de declividade, a PROD foi verificada no nível de 4,16%. A maximização produtiva da rúcula foi verificada nas taxas de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:3. Para agrião, foi verificado na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 e 1:4. Em ambas as culturas sob nível de declividade entre 3,5 e 4,5%.

Palavras-chave: *Eruca sativa*, *Nasturtium officinale*, fertilizante orgânico, tecnologias alternativas

ABSTRACT

LOURENCIO, Rosaliny de Castro. *Growing vegetables in a hydroponic system under different dilutions of the biofertilizer and slopes of the channels for conducting the cultures*. Ceará, 2021. Dissertation – Graduate Program in Energy and Environment, Ceará. Advisor: Albanise Barbosa Marinho.

In a hydroponic system, in addition to the proper management of the nutrient solution, it is also essential to know the ideal slope of the gutters to conduct the nutrient solution. The objective of this work was to evaluate the development of arugula and watercress in a hydroponic system from different dilutions of the biofertilizer and slope levels of the crop conduction troughs. Two experiments were carried out with arugula and watercress, testing dilution of the biofertilizer as a nutrient solution and slope of the conduction gutters. The experimental design was completely randomized (DIC). For arugula, the plots consisted of two cultivation cycles, the subplots consisted of three dilution rates of the biofertilizer in water (1:2; 1:3 and 1:4) and the subsubplots consisted of five slopes of the solution conduction gutters. nutritious (2%, 3%, 4%, 5% and 6%). For watercress, the plots were constituted by the dilution rates of the biofertilizer in water and the subplots consisted of five slopes of the nutrient solution conduits. The experiments consisted of 15 experimental units, 30 plants per treatment, totaling 450 plants. Variables evaluated were plant height (ALT), number of leaves (NF), shoot fresh mass (MFPA), root fresh mass (MFR), shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSR) and productivity (PROD). For arugula, under cycles as a function of slopes, the maximum ALT, NF, MFPA, MSPA, MSR and PROD were found in cycle 2 of cultivation, under slope of the conduction trough of 4.1%. The maximum ALT, MFPA and PROD were verified in the ratio of 1:4 in slopes of 3.5; 4.5; and 4.3%, respectively. For watercress, the maximum ALT, MFR and MSR were verified at a dilution ratio of 1:3 at a slope of 3.8%. For the isolated effect of the dilution ratios, the NF, MFPA, MSPA and PROD were found to have the best increments in the ratio of 1:3 and 1:4. For the isolated effect of the slope levels, the PROD was verified at the level of 4.16%. The production maximization of arugula was verified in the biofertilizer dilution rates of 1:2 and 1:3. For watercress, it was verified in the biofertilizer dilution ratio of 1:3 and 1:4. In both cultures under slope level between 3.5 and 4.5%.

keywords: *Eruca sativa*, *Nasturtium officinale*, organic fertilizer, alternative technologies

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de coleta e tratamento dos colmos de bambu. Mensuração de diâmetro do colmo de bambu (A), Furadeira elétrica acoplada a haste de ferro (B), Serra-copo (C), Instalação do sistema de hidroponia (D)	19
Figura 2 - Delineamento experimental	20
Figura 3 - Teste de vazão do sistema hidropônico	22
Figura 4 - pHmetro e condutivímetro portátil, respectivamente	23
Figura 5 - Transplântio de mudas. Rúcula (A), Agrião (B).....	24
Figura 6 - Amostras coletadas das diluições de biofertilizante	25
Figura 7 - Altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo	36
Figura 8 - Altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante	37
Figura 9 - Número de folhas (NF) em função dos ciclos de cultivo	38
Figura 10 - Número de folhas (NF) em função das declividades das calhas de condução da cultura	39
Figura 11 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo	41
Figura 12 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante.....	42
Figura 13 - Massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo da rúcula.....	44
Figura 14 - Massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante	45
Figura 15 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo	46
Figura 16 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante.....	47
Figura 17 - Massa seca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo	49
Figura 18 - Massa seca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante	50
Figura 19 - Produtividade (PROD) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo	52
Figura 20 - Produtividade (PROD) em função das declividades das calhas de condução da cultura da rúcula e taxas de biofertilizante	53
Figura 21 - Altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante	55
Figura 22 - Número de folhas (NF) em função das taxas de diluição do biofertilizante.....	56
Figura 23 - Número de folhas (NF) em função das declividades das calhas de condução.....	57
Figura 24 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das taxas de diluição da solução nutritiva.....	59

Figura 25 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução.....	60
Figura 26 - Massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante	61
Figura 27 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das taxas de diluição do biofertilizante.....	62
Figura 28 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das declividades das calhas de condução.....	63
Figura 29 - Massa seca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante	64
Figura 30 - Produtividade (PROD) em função das taxas de diluição do biofertilizante	65
Figura 31 - Produtividade (PROD) em função das declividades das calhas de condução	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR) e precipitação (PREC) no período experimental. Redenção, CE, 2021.....	27
Tabela 2 - Valores médios de temperatura (C°) das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante nos ciclos de cultivo. Redenção, CE, 2021	28
Tabela 3 - Médias de condutividade elétrica (CE) e pH das taxas das soluções nutritivas de acordo com as diluições do biofertilizante nos ciclos de cultivo. Redenção, CE, 2021	29
Tabela 4 - Composição química das taxas de diluição do biofertilizante. Fortaleza, CE, 2021	31
Tabela 5 - Resumo das análises de variância da altura e número de folhas de rúcula em função dos ciclos de cultivo, taxas de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021	34
Tabela 6 - Teste de média de altura das plantas (ALT) em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas para cada taxa de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021	35
Tabela 7 - Resumo das análises de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD) da rúcula em função dos ciclos de cultivo, taxa de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021.....	39
Tabela 8 - Teste de média de massa fresca da raiz (MFR) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021	43
Tabela 9 - Teste de média de massa seca da parte aérea (MSPA) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021	45
Tabela 10 - Teste de média de massa seca da raiz (MSR) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021	48
Tabela 11 - Teste de média de produtividade (PROD) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021	51
Tabela 12 - Resumo das análises de variância da altura e número de folhas de agrião em função das taxas de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021	54
Tabela 13 - Resumo das análises de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD) do agrião em função das taxa de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVO GERAL	9
2.1	Objetivos específicos	9
2.2	Hipóteses	9
3	REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1	Sistemas Hidropônicos	10
3.2	Técnica do fluxo laminar de nutriente (NFT)	11
3.3	Soluções hidropônicas	12
3.4	Biofertilizante	13
3.5	Rúcula	14
3.6	Agrião	16
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1	Caracterização da Área Experimental	18
4.2	Desenvolvimento de sistema alternativo de hidroponia	18
4.3	Delineamento experimental, tratamentos e condução do experimento	19
4.4	Transplântio, adubação e condução das culturas	23
4.5	Constituição e preparo do biofertilizante	24
4.6	Colheita	25
4.7	Variáveis analisadas	25
4.7.1	Monitoramento das variáveis Climáticas	25
4.7.2	Desenvolvimento agrônômico das culturas	25
4.7.3	Análises estatísticas	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	Dados climáticos, pH e Condutividade elétrica	27

5.2	Características químicas das taxas de diluição do biofertilizante	31
5.3	Rúcula	34
5.3.1	Altura e número de folhas	34
5.3.2	Altura de plantas	34
5.3.3	Número de folhas	38
5.3.4	Massa fresca, massa seca da parte aérea e da raiz e produtividade	39
5.3.5	Massa fresca da parte aérea e raiz	40
5.3.6	Massa seca da parte aérea e raiz	45
5.3.7	Produtividade	50
5.4	Agrião	54
5.4.1	Altura e número de folhas	54
5.4.2	Altura de plantas	54
5.4.3	Número de folhas	56
5.4.4	Massa fresca, massa seca da parte aérea e da raiz e produtividade	58
5.4.5	Massa fresca da parte aérea e raiz	58
5.4.6	Massa seca da parte aérea e raiz	61
5.4.7	Produtividade	64
6	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

O cultivo hidropônico pode ser uma alternativa para atender a maior demanda de produção de alimentos, pois tem vantagens para o consumidor, para o produtor e para o ambiente. No Brasil, existem 2.756 produtores cadastrados que utilizam sistema de cultivo hidropônico (MAPA, 2018).

Para o cultivo hidropônico, comumente é utilizada a técnica de fluxo laminar de solução nutritiva (NFT). Carneiro et al. (2015) recomendam que as canaletas, representadas por tubos de PVC, sejam dispostas paralelamente, com desnível entre 8 e 12%.

A hidroponia permite a montagem de um manejo ecológico sustentável podendo utilizar um material alternativo em sua estrutura. Desta forma, o bambu é um material que pode ser um substituto dos canos convencionais, como o PVC (Policloreto de vinila) para condução da solução nutritiva. Apesar de o Brasil possuir muitas espécies nativas de bambu, uma das mais plantadas comercialmente é o *Bambusa vulgaris*.

A rúcula (*Eruca Sativa*) tem se tornado uma das principais hortaliças folhosas produzidas no Brasil via hidroponia, por possuir ciclo curto e apresentar rico conteúdo nutricional. Entre os anos de 2009 a 2016, a área de produção da rúcula teve aumento de 40% e em 2016 foram comercializadas 61 t de sementes (ABCSEM, 2018).

O agrião (*Nasturtium officinalis*) é uma Brassicaceae semi-perene que pode ser cultivada em água ou em terra. Por ser uma cultura de clima ameno e de ambientes alagados, pode ser uma opção para produção em sistemas hidropônicos (GUIMARÃES et al., 2017).

Os agricultores têm buscado insumos menos agressivos ao ambiente, por serem também eficazes na melhoria da fertilidade das terras e no controle de pragas e doenças. Dentre as alternativas existentes, com tais potencialidades, os biofertilizantes estão incluídos entre os principais insumos utilizados em sistemas agroecológicos. O aproveitamento de nutrientes dos biofertilizantes associado à técnica do cultivo hidropônico pode reduzir custos na agricultura.

Grande parcela dos produtores rurais demonstra interesse em investir em novas tecnologias ou sistemas de produção diferenciados. Todavia, alguns aspectos precisam ser levados em consideração, como aspectos de manejo da produção hidropônica. Assim, a utilização da hidroponia sob sistema alternativo pode ser uma opção para melhorar as condições de produção de pequenos e médios produtores de olerícolas.

2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema alternativo de hidroponia, utilizando calhas de bambu para condução da solução nutritiva e a partir deste sistema, avaliar o desempenho de hortaliças, tipo rúcula e agrião, em dois ciclos consecutivos sob diferentes diluições do biofertilizante como solução nutritiva em cinco declividades das calhas de condução.

2.1 Objetivos específicos

- Desenvolver um sistema alternativo de hidroponia, utilizando calhas de bambu para condução de água;
- Avaliar o efeito do biofertilizante como solução nutritiva da hidroponia a partir de diferentes diluições no desenvolvimento vegetativo e na produtividade das hortaliças;
- Avaliar a influência da declividade das calhas de bambu no desenvolvimento vegetativo e na produtividade de hortaliças;
- Identificar a interação das diluições do biofertilizante e declividade das linhas de condução a serem usadas para a maximização produtiva das hortaliças rúcula e agrião.

2.2 Hipóteses

I - O cultivo de hortaliças folhosas do tipo rúcula e agrião em sistema hidropônico a partir de diferentes diluições do biofertilizante como solução nutritiva e declividades das calhas podem estabelecer combinações que possibilitem às plantas desenvolver-se em condições satisfatórias, proporcionando maiores produtividades com menores riscos para o meio ambiente.

II - A biofertilização pode elevar a produtividade das hortaliças folhosas do tipo rúcula e agrião.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistemas Hidropônicos

Hidroponia é um conjunto de técnicas de cultivo de plantas sem uso do solo, de forma que os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva balanceada, a fim de atender as suas necessidades nutricionais (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

O sistema hidropônico tem como componentes tanques, bomba, sistemas elétricos, canais de cultivo e tubulações (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006). Paulus et al. (2010) relatam que existem muitas vantagens do cultivo hidropônico, entre elas está a maior eficiência na regulação da nutrição das plantas, como a utilização em diferentes regiões com deficiência de terras adequadas para cultivo, uso mais eficiente da água e dos fertilizantes. Esta técnica apresenta ótima produtividade por área e alta qualidade dos alimentos, devido à proteção do ambiente com cobertura plástica, favorecendo assim o cultivo anual das olerícolas, não se detendo na sazonalidade dos alimentos (MENEGAES et al., 2015).

A hidroponia tem uma importância fundamental nas pesquisas que envolvem a nutrição mineral de plantas e vem sendo amplamente difundida para fins comerciais (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012), visto que em meio hidropônico não há obstáculos para o crescimento das raízes das plantas (MHADHBI, 2012). Além disso, nesse sistema é utilizado um volume menor de água, estimando-se uma redução de aproximadamente 80% quando comparado ao plantio convencional (ORSINI et al., 2018).

A hidroponia requer uma irrigação sob demanda, de forma que forneça quantidade ideal de solução nutritiva, mantendo um nível adequado de oxigênio na zona das raízes, devendo o sistema operar de forma eficiente, disponibilizando uma quantidade uniforme de solução a todas as plantas (SCHRÖDER; LIETH, 2002). Contudo, apesar das inúmeras vantagens, o cultivo hidropônico apresenta algumas desvantagens, como o custo elevado para construção da estrutura; a dependência de energia elétrica e necessidade de mão de obra especializada (HUSSAIN et al., 2014).

Os principais sistemas hidropônicos empregados são o de Técnica de Filme Nutritivo (NFT), o Técnica de filme profundo (DFT) ou flutuando, o cultivo em substrato e a aeroponia (LABHIDRO, 2014; FURLANI et al., 2009). O sistema NFT tem contribuído com as expectativas de sustentabilidade dos sistemas de produção por meio da atenuação do consumo de água, eficiência no uso de nutrientes e agrotóxicos (SANCHEZ, 2007).

3.2 Técnica do fluxo laminar de nutriente (NFT)

No sistema hidropônico (NFT) é usado um reservatório de solução nutritiva, um sistema de bombeamento e de retorno da solução nutritiva ao reservatório por meio de tubos e possuem bancadas com canais de cultivo (SANTOS, 2000; HELBEL JUNIOR et al., 2008). O sistema hidráulico do conjunto hidropônico NFT é fechado, a solução nutritiva é bombeada de um reservatório, passa pelas raízes das plantas nos canais das bancadas e volta por gravidade ao reservatório (FAQUIN; FURLANI, 1999).

As bancadas devem ter uma inclinação de 2-5% para propiciar o fluxo de solução por gravidade (FAQUIN et al., 1996 apud MENDONÇA, 2020). Em contrapartida, Carneiro et al. (2015) recomendam que as canaletas, representadas por tubos de PVC, sejam dispostas paralelamente, com desnível entre 8 e 12%. Segundo Furlani et al. (2009), por volta dos anos 90, eram adotadas declividades entre 2 e 4%, com tamanho máximo de bancada de 12 m de comprimento. Desta forma, bancadas com essas declividades tinham uma altura inicial de 0,98 m e finalizavam com 0,50 m, considerando 4% de declividade, com a implantação do sistema em um terreno plano.

A instalação de bancada com declividade de 8 a 10%, com um comprimento de 12 m, ocasiona problema ergonômico, em relação à postura do trabalhador (CANASTRA, 2017). Além de que, em altas declividades, a velocidade de escoamento é elevada, contribuindo para menor absorção de nutrientes em razão do menor tempo de contato da solução nutritiva com o sistema radicular.

O timer é o aparelho que controla o tempo de circulação da solução nutritiva, o que permite a automação do sistema (JESUS, 2009). Desta maneira, o método mais comumente usado para lidar com a irrigação na hidroponia é agendá-la, tendo como base dois aspectos, a duração de intervalo entre as irrigações e a duração do evento de irrigação (SCHRÖDER; LIETH, 2002).

De modo geral, a escolha das frequências de irrigação no sistema hidropônico depende das características ambientais, especialmente da intensidade luminosa e da temperatura do ar, do meio de cultivo e da fisiologia da planta (ANDRIOLO, 1999; SANTOS, 2020). De acordo com Pillau et al. (2002), essa frequência, quando adequada, além de possibilitar o crescimento das plantas promove um maior ganho econômico na produção, pois considera um menor consumo de energia elétrica.

Na literatura encontrada, a duração recomendada da irrigação é de 15 minutos (ZANELLA et al., 2008; LUZ et al., 2008) com intervalos alternados de 15 minutos entre irrigações durante o dia (RESH, 1997). Contudo, cada cultura tem necessidades hídricas e

fisiológicas diferentes, o que possibilita a verificação em outros intervalos e até mesmo em função da região de cultivo, já que a amplitude térmica em certas regiões é elevada em determinadas épocas do ano.

3.3 Soluções hidropônicas

A solução nutritiva para o cultivo hidropônico é de fundamental importância, pois o crescimento e desenvolvimento da cultura dependerão de uma formulação adequada (OLIVEIRA et al., 2013). A absorção de íons do meio nutritivo leva-se em consideração a proporção relativa entre os nutrientes na solução, o pH e pressão osmótica, os quais podem interferir na absorção ou provocar a precipitação de compostos insolúveis (MARTINEZ, 1997). Cometti et. al. (2013) definem solução nutritiva como um sistema homogêneo que apresenta nutrientes em quantidade e proporção adequadas e presença de oxigênio (O₂).

A solução nutritiva é composta de macro e micronutrientes (FURLANI et al., 1999). Cada cultura possui exigência nutricional própria, logo, não há uma solução nutritiva que seja adequada para todas as culturas. Contudo, as plantas têm grande capacidade de se adaptarem a diferentes soluções nutritivas, pois a sua absorção dos nutrientes é seletiva. Logo, os limites de pH, a pressão osmótica e proporção entre nutrientes, devem ser considerados para que um não interfira na absorção de outros nutrientes e não ocorram precipitações de compostos insolúveis (MARTINEZ, 2002).

A manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada no plantio, mas do seu controle contínuo, o qual determinará a adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (MARTINEZ, 2002). Desta forma, para que as plantas tenham bom crescimento e desenvolvimento no sistema hidropônico, é necessário que haja constante equilíbrio de nutrientes na solução disponibilizada às plantas, permanecendo em faixas limitadas pela exigência nutricional da espécie cultivada, sem escassez nem excesso (MENEGAES, 2015).

A condutividade elétrica é um dos fatores determinantes da qualidade da água, necessitando ser considerada na preparação das soluções, por estar relacionada à quantidade total de sais presentes, sem, entretanto, identificar quais nutrientes estão em falta ou excesso na solução nutritiva (CARMELLO et al., 2009).

Todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura devem ser fornecidos pela solução nutritiva que circula pelos perfis hidropônicos (CUBA, 2015). Para a alface, que é a cultura mais cultivada na hidroponia, verifica-se o uso constante de soluções

originariamente desenvolvidas para ela em diferentes espécies, em várias regiões, ao longo do ano, sem o devido conhecimento da eficiência destas soluções e suas concentrações para outras espécies (LUZ et al., 2011; NOBOA et. al., 2019).

3.4 Biofertilizante

Biofertilizantes líquidos são compostos obtidos através da fermentação de resíduos vegetais ou animais com água, na presença ou ausência de ar (aeróbicos ou anaeróbicos) (BARMAN et al., 2017; IAEA, 2018). Existem inúmeras formas de produzir biofertilizantes, mas o componente esterco de gado é o que apresenta mais fácil fermentação, pois já está inoculado com bactérias decompositoras que são muito eficientes (GUAZZELLI, RUPP, VENTURINI, 2012).

O biofertilizante fica pronto para ser utilizado em torno de 30 dias depois do preparo. No final deste período, a fermentação dos componentes do biofertilizante está concluída, podendo ser utilizado em diferentes concentrações, dependendo das plantas em que ele for utilizado (ZANDONADI et al., 2014).

Trabalhos com uso de biofertilizantes na composição de solução nutritiva para sistemas hidropônicos no cultivo de alface têm sido realizados (COSTA et al., 2006; RIBEIRO et al., 2007; DIAS et al., 2014; MONTEIRO FILHO et al., 2014) contudo, diante da complexidade destes preparados, existe um longo caminho a se percorrer para construção de informações concretas e confiáveis, que possibilite efetividade e segurança do seu uso.

Lopes et al. (2017), ao estudarem o comportamento de plantas de rúcula cultivadas em dois diferentes substratos e diferentes dosagens de biofertilizante, relatam que houve um incremento significativo com as diferentes diluições do biofertilizante aplicadas, para ambos os substratos. Já Souza et al. (2014), ao analisarem diferentes doses de biofertilizantes, verificaram que a dosagem com 8,5% de Biofertilizante Vairo (BV) e outro como Agrobio (BA), ambos com utilização de esterco bovino em sua composição, proporcionaram boas produtividades.

Cruz et al. (2021), ao avaliarem produção de rúcula com adubação orgânica e doses de urina bovina, verificaram que a utilização da adubação orgânica à base de compostagem e esterco bovino proporcionou aumento na massa fresca da parte aérea, altura de planta e redução da relação raiz parte aérea. Já Sobreira et al. (2017), observaram incremento nos teores de massa seca de folhas de abobrinha ao utilizarem biofertilizantes bovino e ovino.

Rocha et al. (2020) relataram que a substituição parcial da solução mineral por biofertilizante em hortelã (*Mentha x villosa Huds*) é similar ao uso da solução nutritiva

convencional. O oposto foi encontrado por Oliveira Filho et al. (2020). Os autores avaliaram o biofertilizante como solução nutritiva para produção de alface hidropônica no Alto Sertão paraibano e concluíram que a utilização de biofertilizante anaeróbico de esterco bovino sem enriquecimento, associado à solução nutritiva, não proporciona desenvolvimento satisfatório da alface crespa Cristina.

O uso de fertilizantes orgânicos é justificado não somente pelos aspectos relacionados à reciclagem de nutrientes em agroecossistemas, mas também pela redução dos custos com o preparo das soluções nutritivas (DIAS et al., 2014; MONTEIRO FILHO et al., 2014). Apesar do benefício evidente do uso do biofertilizante, a sua concentração e o tipo de hortaliça utilizada ainda precisam ser considerados para uma correta definição da quantidade a ser usada, sob a pena de obtenção de efeitos negativos como a inibição do crescimento vegetal (ZANDONADI et al., 2014).

3.5 Rúcula

A rúcula (*Eruca sativa Miller*) é uma hortaliça folhosa herbácea, anual, pertencente à família Brassicaceae (MARWAT et al., 2016). É originária da região mediterrânea, onde o primeiro registro da cultura data do século I, encontrado no herbário Grego Dioscorides (MORALES; JANICK, 2002). Na Itália, essa hortaliça é muito apreciada, devido seu sabor amargo (AGUIAR et al., 2014).

A hortaliça apresenta folhas alongadas e pode medir entre 15 e 20 centímetros de altura (JARDINA et al., 2017). Quando cultivada durante os meses frios, a rúcula possui um sabor mais picante, já quando o cultivo é realizado em épocas mais quentes, a rúcula tem um sabor forte e amargo (BRANDÃO, 2018). É uma cultura de ciclo curto, cuja adubação se dá basicamente por adubos orgânicos e fósforo no plantio e coberturas nitrogenadas durante o ciclo, condição semelhante à utilizada em alface (NARDIN et al., 2002).

De acordo com Souza (2014), no Nordeste Brasileiro, o plantio da rúcula ocorre, principalmente, próximo aos grandes centros urbanos, pois já existe uma demanda regular por este produto. Além disso, com o crescente desenvolvimento das cidades interioranas, essa hortaliça também vem sendo procurada nas feiras locais, supermercados e restaurantes. O autor afirma ainda que seu ciclo e forma de condução são semelhantes à cultura do coentro, o que facilita a introdução dessa folhosa no sistema de produção de hortaliças, sobretudo no contexto da agricultura familiar.

No Brasil, entre os anos de 2009 a 2016, a área de produção da rúcula teve aumento de 40% e em 2016 foram comercializadas 61 t de sementes (ABCSEM, 2018). Embora seja

recomendada a semeadura desta hortaliça o ano todo, o seu desenvolvimento é beneficiado por condições de temperaturas amenas. As temperaturas altas estimulam a planta a antecipar a fase reprodutiva, emitindo o pendão floral prematuramente, tornando suas folhas rígidas e mais picantes (BRANDÃO, 2018).

As cultivares mais usadas diferem principalmente quanto ao tipo de folha e podem apresentar bordas lisas ou bordas bastante recortadas. As cultivares de rúcula que apresentam folhas com laterais mais recortadas são chamadas de Cultivada e as que apresentam folhas com bordas mais lisas são chamadas de Folha Larga (AGUIAR et al., 2014).

De acordo com Minami e Tessarioli Neto (1998) apud Brandão (2018), a colheita da rúcula é feita de 30 a 40 dias após a semeadura. Nesta fase, as folhas deverão estar com 15 a 20 cm de comprimento, bem desenvolvidas, verdes e frescas. A colheita é feita arrancando-se as plantas com raízes, ou cortando-as rentes ao solo. Neste caso, deixa-se o restante no solo para rebrotar, originando-se um segundo corte.

Conhecer a exigência nutricional da cultura durante seu desenvolvimento e ao final do ciclo é de grande importância para que se possam disponibilizar os nutrientes de forma prontamente assimilável a fim de atingir sua máxima capacidade produtiva (GRANGEIRO et al., 2011). A rúcula por ser de ciclo curto, qualquer desordem nutricional pode desencadear desequilíbrio nutricional com conseqüente redução de produção.

Na literatura, as recomendações de adubação para a cultura da rúcula são semelhantes a várias outras hortaliças folhosa, principalmente relacionada com a demanda de nutrientes pelas culturas (GRANGEIRO et al., 2011). O uso de recomendações que não são próprias para a cultura pode proporcionar respostas insuficientes tanto na produtividade como na qualidade do produto, ocasionando baixa produtividade (MORAIS et al., 2017).

No cultivo de hortaliças, como a cultura da rúcula, é comum a aplicação de fertilizantes minerais, o que se não for realizado de forma adequada, pode onerar o custo de produção. Neste sentido, a adoção da adubação orgânica com esterco animal ou com compostos orgânicos tem sido amplamente empregada na produção de rúcula, com a finalidade de reduzir as quantidades de fertilizantes minerais (SALLES et al., 2017). Os autores ainda relatam que a adubação orgânica de rúcula com esterco de aves de forma isolada ou combinada com esterco bovino e/ou torta de filtro favorece o crescimento das plantas.

Dentre todos os nutrientes, o nitrogênio é o segundo mais acumulado pela rúcula (GRANGEIRO et al., 2011). Em hortaliças folhosas, o efeito se reflete diretamente na produtividade, pois com o fornecimento de doses adequadas favorece o desenvolvimento vegetativo, expandindo a área fotossinteticamente ativa, além de proporcionar folhas com

coloração mais atrativas e suculentas, elevando o potencial produtivo na cultura (NASCIMENTO et al., 2017).

Em estudo realizado com doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180, 240 kg ha⁻¹), fornecidas via fertirrigação em cobertura na cultura da rúcula, no campo e em ambiente protegido, Purquerio et al. (2007) verificaram diferentes resultados de produtividade para a cultura com as diferentes doses utilizadas e entre os sistemas de produção. Já Trani et al. (2018) recomendam para a rúcula e outras sete culturas a mesma adubação de plantio sendo de 20 - 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 90 a 150 kg ha⁻¹ em cobertura, parceladas de duas a quatro vezes

Silva et al. (2016), ao avaliarem a produtividade da cultura da rúcula em sistema hidropônico, encontraram para número de folhas, altura de plantas e massa fresca da parte aérea, valores médios de 41,14 cm e 34,82 g planta⁻¹, respectivamente. Campos Júnior et al. (2018), estudando o crescimento e a produção da cultura da rúcula em hidroponia de baixo custo com o uso de águas salobras, obtiveram o máximo valor para número de folhas de 25 e para as massa fresca e seca da parte aérea valores maiores respectivos a 30 e 6 g planta⁻¹.

3.6 Agrião

O agrião (*Nasturtium officinale*) é uma cultura apreciada e consumida mundialmente não só pelo seu elevado valor nutricional, mas também por conter uma ampla gama de compostos bioativos, para os quais há cada vez mais evidências de efeitos benéficos na saúde humana (PAYNE et al., 2015). É um vegetal de folhas e um alimento de alta qualidade, com boa aceitação pelos consumidores (HIRATA; HIRATA, 2015) e baixo conteúdo calórico, fornecendo 22 calorias em cada 100 gramas.

A variedade de agrião mais popular do país é o agrião da água, pertencente ao grupo das folhas largas. A cultivar tradicional Folha Larga produz plantas vigorosas, de alta capacidade de perfilhamento, com folhas tenras e arredondadas. O caule é rastejante, do qual se desenvolvem finas raízes aquáticas, que retiram nutrientes do meio líquido, e raízes pivotantes, que fixam a planta ao solo. Por se tratar de uma planta semiaquática, a espécie se desenvolve adequadamente em água corrente (FILGUEIRA, 2013). Ainda conforme o autor, a colheita ocorre a partir de 55-70 dias após a semeadura; se o plantio for realizado com estacas, colhe-se aos 40-50 dias. Podem ser obtidos 10 cortes, com intervalos de 20 - 30 dias. O ponto de colheita se dá quando as folhas atingem o tamanho máximo; porém antes que se tornem pontiagudas e enegrecidas e os caules duros.

O agrião é uma das principais hortaliças de ciclo curto produzidas em sistemas hidropônicos no Brasil (OSHE et al., 2012). Castellani et al. (2009) verificaram que a

integração da cultura de agrião em sistemas hidropônicos associados com a produção do camarão de água doce, foi suficiente para atender à exigência de nutrientes no caso do agrião, tendo sido obtidas plantas com maiores quantidades de biomassa quando comparadas com plantas expostas a solução nutritiva por gotejamento.

De acordo com CANO (2019), a produção de agrião de água conduzida num meio hidropônico é de extrema importância que seja realizado um controle rigoroso do pH deste, de forma a garantir a disponibilidade dos nutrientes que são aplicados à cultura através da solução nutritiva no qual a cultura se desenvolve. E os nutrientes da solução hidropônica a que se deve dedicar particular atenção são o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o cálcio e o ferro.

O manual para a Fertilização de Culturas do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, do Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas de Lisboa - INIAV (LQARS, 2006) sugere valores de referência para o manejo nutricional do agrião de água, em que N 4,2 - 6 %, P 0,7 - 1,30 %, K 4-8 %, Ca 1 - 2 %, Mg 0,25 - 0,50 %, Zn 20 - 40 mg/kg, Fe 50 - 100 mg/kg, Cu (6-15 mg/kg), Mn 50-250 mg/kg, B 25-50 mg/kg.

Brass et al. (2008), estudando a cultura do Agrião d'água cultivado em sistema hidropônico NFT no município de Garça (SP), observaram que a cultura se adaptou bem a região que foi cultivada, obtendo-se produção satisfatória. Barbosa et al. (2009), avaliando o desenvolvimento de quatro cultivares de agrião cultivados em sistema NFT, concluíram que a cultivar Agrião da água folha larga, se adaptou bem ao sistema hidropônico, apresentando melhor desenvolvimento, quando comparado com as outras cultivares estudadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área Experimental

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Piroás (FEP) pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no distrito de Piroás, em Redenção-CE. A propriedade está localizada na latitude de 04°13'S, longitude 38°43'O e altitude média de 340 m.

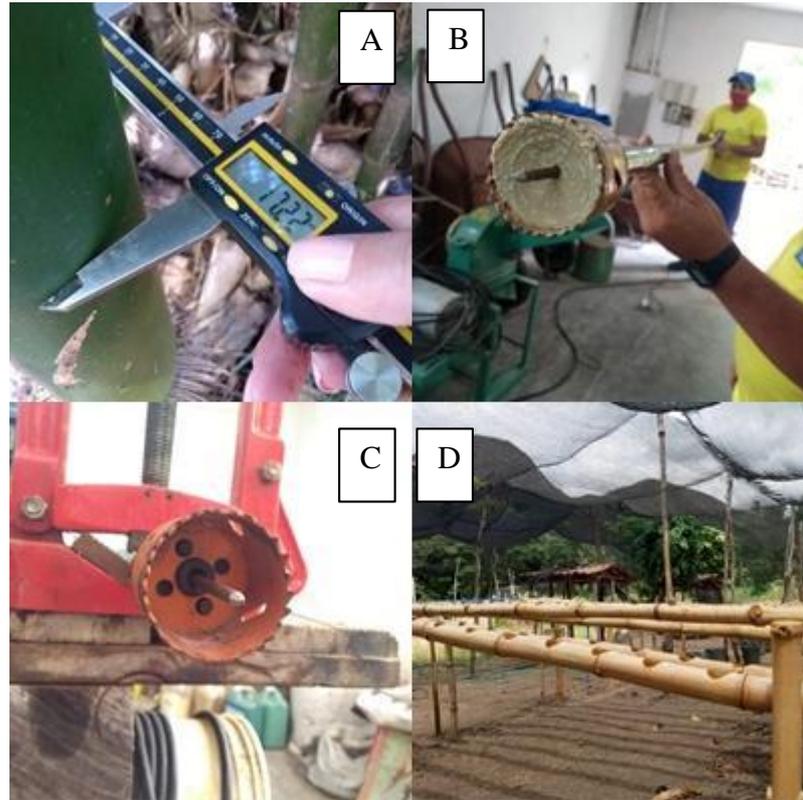
O clima da região é classificado como Aw, ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono. A média dos últimos 5 anos registrados de precipitação foi de 1.357,81 mm e temperatura 27,4 °C (UNILAB, 2020).

4.2 Desenvolvimento de sistema alternativo de hidroponia

O sistema de hidroponia foi desenvolvido a partir da técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT). O sistema foi composto por três reservatórios de polietileno e três bombas de 0,5 cv ligadas a temporizadores digitais (*timers*) que regulam o intervalo entre as irrigações, alimentando as linhas de cultivo, que foram desenvolvidas a partir de colmos de bambu.

Os colmos foram coletados em propriedade privada que fica no entorno da FEP, com diâmetros entre 70 e 80 mm (Figura 1A). Para remoção da parte interna dos nós (diafragmas), utilizou-se uma furadeira elétrica acoplada a uma haste de ferro medindo 1,50 m (Figura 1B), e a esta, uma serra-copo, atingindo a metade do colmo por cada extremidade (Figura 1C). Os colmos (calhas) de bambu passaram por banho de verniz, com finalidade de reduzir a proliferação de lodo, foram instalados sob tripés de bambu, a uma altura de um metro da superfície do solo (Figura 1D) e coberta com tela de sombreamento de 50%.

Figura 1 - Etapas de coleta e tratamento dos colmos de bambu. Mensuração de diâmetro do colmo de bambu (A), Furadeira elétrica acoplada a haste de ferro (B), Serra-copo (C), Instalação do sistema de hidroponia (D)



Fonte: Rosaliny Lourencio, 2020.

Cada reservatório e cada bomba alimentavam uma bancada com dez linhas de cultivo de 3,0 m cada. Ao longo do comprimento dos colmos, furos foram feitos com a serra-copo, num espaçamento de 0,20 m para o cultivo das plantas. Comercialmente são utilizados 0,15 cm para espaçamento entre linhas, porém para facilitar o manejo de avaliações foi adotado 0,20 cm. Assim, cada linha de bambu foi constituída por quinze plantas, totalizando 150 plantas por bancada. Ao final de cada linha de cultivo, havia uma calha de bambu para a coleta da solução nutritiva drenada, que a conduzia ao retorno do sistema, regulado para trabalhar a uma vazão de 4 L min^{-1} .

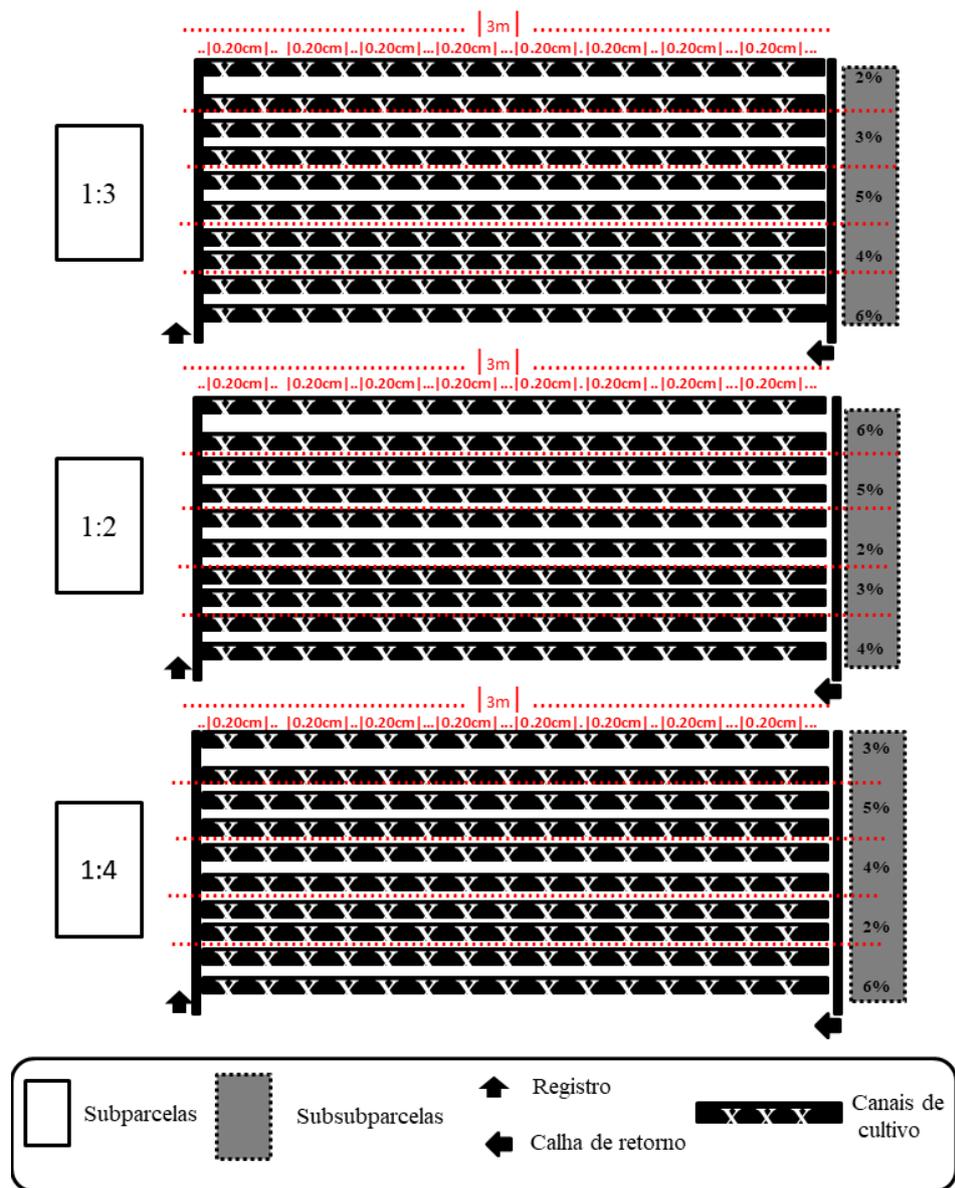
4.3 Delineamento experimental, tratamentos e condução do experimento

Dois experimentos foram conduzidos com as culturas de rúcula e agrião. Para a cultura da rúcula, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), no esquema de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas pelos ciclos de cultivo (dois ciclos), as subparcelas constituídas por três taxas de diluição da solução nutritiva (biofertilizante diluído em água): 1:2; 1:3 e 1:4 e as subsubparcelas constituídas de cinco

declividades das calhas de bambu (2%, 3%, 4%, 5% e 6%). Para a cultura do agrião, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), no esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por três taxas de diluição da solução nutritiva (biofertilizante diluído em água): 1:2; 1:3 e 1:4 e as subparcelas constituídas de cinco declividades das calhas de bambu (2%, 3%, 4%, 5% e 6%).

Cada experimento foi constituído por 15 unidades experimentais, com 30 plantas por tratamento, totalizando 450 plantas, em cada ciclo (Figura 2).

Figura 2 - Delineamento experimental



Fonte: Rosaliny Lourenco, 2021.

O biofertilizante foi diluído no reservatório de cada bancada, conforme os tratamentos. Os reservatórios foram instalados em locais abaixo do nível do solo, revestido de alvenaria e coberto por telhas de barro, para impedir a incidência direta dos raios solares, a fim de evitar a formação de algas e a entrada de animais de pequeno porte. A capacidade de volume do reservatório foi determinada obedecendo ao limite mínimo de 0,5 - 1,0 L planta⁻¹ (FURLANI et al., 1999) para plantas de porte médio, como a rúcula e o agrião. No caso, para 150 plantas, considerando um consumo de 0,5 L planta⁻¹, foi instalado um reservatório com capacidade máxima de 50 L.

O bombeamento das soluções nutritivas dos reservatórios até as bancadas foi realizado por motobombas de 0,5 cv, em quantidade suficiente para a irrigação das raízes. As motobombas foram instaladas na forma de sucção negativa ou afogadas, num nível abaixo da solução, para evitar a entrada de ar no sistema. As tubulações ligaram cada reservatório a sua motobomba, com retorno de parte da solução pelo recalque, garantindo uma altura de queda d'água que provocasse turbilhamento na solução, e promovendo a oxigenação do sistema, a fim de evitar danos às plantas.

O dimensionamento do sistema foi feito em função do número de bancadas e linhas a serem alimentadas, usando uma vazão para plantas de ciclo curto de 1,5 a 2,0 L min⁻¹ por calha. O teste de vazão ocorreu antes do transplântio (Figura 3). Três repetições do teste foram realizadas utilizando um cronômetro e um copo medidor na saída das calhas de condução da cultura. Cada bancada foi ajustada para ter 1,5 L min⁻¹ por calha, conforme proposto por Martinez e Silva Filho (2004). Para as três bancadas, com dez linhas cada, teve-se um total de 30 linhas, que multiplicadas por 1,5 L min⁻¹, obteve-se uma vazão de 2,7 m³ h⁻¹. Considerando um valor médio de 40% para perdas de carga nas tubulações, a altura manométrica de recalque e principalmente a necessidade do retorno de parte da solução ao tanque de armazenamento, a vazão foi de 3,78 m³ h⁻¹.

Figura 3 - Teste de vazão do sistema hidropônico



Fonte: Rosaliny Lourencio, 2020.

Cada temporizador digital (*timer*) foi programado para irrigar no período diurno (6 às 18h) de 15 em 15 minutos de forma intermitente, e durante o período noturno, três irrigações de quinze minutos, espaçadas de três em três horas.

A incidência de vazamentos foi verificada diariamente e, sempre que necessário realizado a limpeza das calhas com escova. Com essa mesma frequência, houve monitoramento da solução nutritiva quanto ao nível do reservatório, condutividade elétrica, pH e temperatura. Estes últimos foram aferidos com pHmetro e condutivímetro digital portátil, respectivamente (Figura 4). O nível original do reservatório era restabelecido, sendo adotado o manejo de repor diariamente a quantidade de solução nutritiva original absorvida pelas plantas e a água perdida por evapotranspiração.

Figura 4 - pHmetro e condutivímetro portátil, respectivamente



Fonte: Rosaliny Lourencio, 2020.

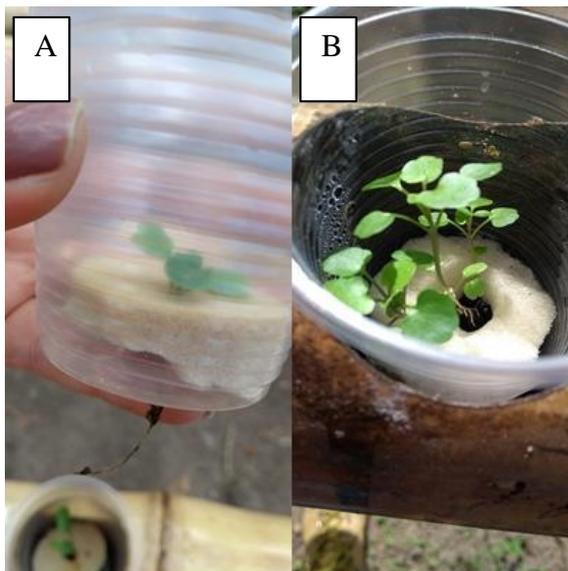
4.4 Transplântio, adubação e condução das culturas

No experimento com rúcula, em ambos os ciclos, o transplântio ocorreu aos 14 dias após a semeadura e se mantiveram no sistema de hidroponia por 31 dias. O primeiro ciclo da rúcula foi entre 05 de outubro a 21 de novembro de 2020 e o segundo ciclo ocorreu de 10 de novembro até 26 de dezembro do mesmo ano. O transplântio do agrião ocorreu aos 15 dias após a semeadura. O experimento com a cultura do agrião ocorreu no período de 12 de janeiro a 13 de março de 2021, totalizando 46 dias.

A cultivar de rúcula utilizada foi a "Folha larga" da Feltrin e a de agrião foi "Agrião de água folha larga" da ISLA. A semeadura de ambas as culturas foi realizada em bandejas plásticas com 200 células, contendo como substrato areia e húmus de minhoca, na proporção 1:1, mantida em ambiente sombreado, sendo colocadas três sementes por célula e irrigadas diariamente. No caso do agrião, as bandejas ficaram sobrepostas em recipientes com água suficiente para alcançar metade da bandeja, a fim de manter o solo sempre encharcado, como recomenda o fabricante das sementes.

Para o transplântio, as raízes foram lavadas em água e escolhidas às plantas mais uniformes e vigorosas. As mudas foram acondicionadas em copo descartável com esponja (Figura 5), a fim de contribuir com a sustentação e desenvolvimento da planta no sistema.

Figura 5 - Transplântio de mudas. Rúcula (A), Agrião (B)



Fonte: Rosaliny Lourencio, 2020.

4.5 Constituição e preparo do biofertilizante

O biofertilizante foi produzido e preparado em caixas d'água de polietileno com capacidade para 500 litros, na Estação de Biofertilização da FEP. Para o preparo do biofertilizante, utilizou-se 100 L de esterco ovino, 30 L de esterco de galinha, 5 L de cinzas de carvão e 270 L de água, conforme metodologia descrita em Viana et al. (2013).

Após 30 dias, o biofertilizante foi peneirado em tela de sombrite e em seguida foram realizadas diluições em água para reservatório de 40 L, conforme os tratamentos, sendo eles: 1:2, equivalente a 13,3 L de biofertilizante e 26,7 L de água; 1:3, equivalente a 10 L de biofertilizante e 30 L de água; 1:4, equivalente a 8 L de biofertilizante e 32 L de água. Amostras de cada diluição do biofertilizante foram coletadas (Figura 6) e encaminhadas ao laboratório de análise de solos, águas, tecidos vegetais e adubos, da Universidade Federal do Ceará.

Figura 6 - Amostras coletadas das diluições de biofertilizante



Fonte: Rosaliny Lourencio, 2020.

4.6 Colheita

A colheita da rúcula foi realizada aos 60 DAS, em ambos os ciclos de cultivo. Já para o agrião, a colheita aconteceu aos 61 DAS.

4.7 Variáveis analisadas

4.7.1 Monitoramento das variáveis Climáticas

Durante o período experimental, os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados e monitorados com um data logger do tipo Hobo. Os dados de evaporação foram coletados a partir do Tanque Classe “A” e a precipitação com um pluviômetro, instalados próximo à área experimental.

4.7.2 Desenvolvimento agrônômico das culturas

Ao final do ciclo de cultivo, doze plantas por tratamento foram colhidas para avaliação das seguintes características:

- Altura da planta: com uma régua graduada em centímetros (cm), realizadas do colo da planta até seu ápice;
- Número de folhas: por contagem direta das folhas;
- Massa fresca e seca da raiz e da parte aérea: determinadas a partir da pesagem do material após a colheita e após a secagem em área aberta com circulação de ar, até atingir massa constante, expressas em g planta^{-1} .

- Produtividade: em posse dos valores de massa fresca por planta e por tratamento, esta foi multiplicada pelo estande de plantas, ou seja, o número de plantas por unidade de área, na qual foi utilizada a área de planta de 0,04 m² multiplicada por 25 plantas por m², para obtenção da produtividade por hectare, a qual foi expressa em t ha⁻¹.

4.7.3 Análises estatísticas

Os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância (Anova). Posteriormente, quando significativos pelo teste F, os dados referentes a taxas de diluição do biofertilizante e ciclos de cultivo (tratamentos qualitativos) foram submetidos ao teste de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% (*) e 1% (**) de significância. Já os dados referentes às declividades (tratamentos quantitativos) foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos. Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 5% (*) e no maior coeficiente de determinação (R²).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos aplicativos Microsoft Office Excel (2010) e por meio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados climáticos, pH e Condutividade elétrica

A temperatura média foi 27,4 °C (Tabela 1), valor este muito acima da faixa entre 15 e 18 °C, recomendada por Trani et al. (1992), para produção de hortaliças de folhas grandes e tenras. Taiz e Zeiger (2017) relatam que a temperatura afeta a velocidade das reações químicas e dos internos de transporte dos solutos e o desenvolvimento normal das plantas. O desenvolvimento da rúcula é bastante influenciado pelas condições ambientais, dentre as quais se destaca a temperatura do ar (MONTEIRO NETO et al., 2014). Já para o agrião, Gondim (2010) relata que o seu desenvolvimento é melhor em temperaturas amenas (entre 15° e 25°C), sendo plantado geralmente nos períodos de outono e inverno. No entanto, Filgueira (2012) relata que a produção de folhagem é favorecida pelo clima quente, desenvolvendo-se bem em qualquer época do ano.

Tabela 1 - Valores mínimos (Min), máximos (Max) e médios (Med) de temperatura, umidade relativa do ar (UR) e precipitação (PREC) no período experimental. Redenção, CE, 2021.

Mês	Dados climáticos				
	TEMPERATURA (°C)			UR (%)	PREC (mm)
	Min	Max	Med		
Outubro	23,52	38,04	27,51	66%	8,25
Novembro	24,31	38,72	28,88	69%	21,95
Dezembro	24,31	38,81	28,91	69%	56,88
Janeiro	23,53	34,59	27,29	84%	147,75
Fevereiro	23,75	36,89	27,95	78%	128,25
Março	23,59	37,47	23,69	78%	398,63
Total/Média	23,8	37,4	27,4	74%	126,9

Em horários de temperaturas máximas, todo o sistema hidropônico adquire uma temperatura mais elevada e a consequência disso é o menor desenvolvimento, e até mesmo alguns distúrbios fisiológicos na cultura. No experimento, as plantas de rúcula apresentaram problemas fisiológicos logo após o transplante (17 DAS), conferindo aspecto murcho nas folhas, principalmente nos níveis de declividade das calhas de condução em 5% e 6%. Cometti et al. (2013) relatam sobre os problemas gerados com hortaliças em situações

semelhantes, como bordas das folhas queimadas, além de redução da produtividade e murcha em excesso nas horas mais quentes do dia.

As plantas de agrião não sofreram interferências em decorrência da temperatura ambiente, pois o período culminou com meses de maiores precipitações e, conseqüentemente, temperaturas inferiores aos registrados nos ciclos da rúcula. Além disso, a cultivar utilizada se adapta bem ao ambiente com maior umidade, contribuindo com o seu desenvolvimento. O agrião pode ser considerado uma planta C3 que, de acordo com Ihlenfeld (2016), são aquelas que produzem um composto com 3 carbonos (ácido 3-fosfo-glicérico) como primeiro produto da fixação de CO₂, possuem somente a enzima rubisco (Ciclo de Calvin), como estratégia para a fixação do carbono. As temperaturas ótimas para plantas C3 são de 20 a 25°C (TAIZ et al., 2017). Os mesmos autores citam que em condições de baixa temperatura as plantas C3 têm fotorrespiração baixa, podendo ser mais produtivas.

Precipitações foram registradas no segundo ciclo de cultivo, isto pode ter contribuído para redução de temperatura ambiente, e conseqüentemente temperatura interna nas caixas de solução nutritiva, acarretando em benefícios para o desenvolvimento das plantas. Na tabela 2 encontram-se os valores médios de temperatura (T) das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante.

Tabela 2 - Valores médios de temperatura (C°) da solução nutritiva de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante nos ciclos de cultivo. Redenção, CE, 2021.

	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2 (C°)	1:3 (C°)	1:4 (C°)
	Rúcula		
Ciclo 1	27,8	28,2	27,8
Ciclo 2	27,0	27,0	27,2
	Agrião		
Ciclo 1	25,9	26,1	26,0

Ao percorrer o canal de cultivo, a solução nutritiva tende a aquecer, uma vez que parte da radiação luminosa que incide nos perfis hidropônicos (canais de cultivos) se transforma em calor e termina por ser absorvida pela solução. Desta maneira, quanto maior o volume fluindo ou mais rápido o retorno da solução ao reservatório, menor a possibilidade de superaquecimento (DALASTRA, 2017).

As temperaturas mais altas chegaram a 28,2 °C no ciclo 1 de cultivo da rúcula e a mais baixa a 25,9 °C no ciclo de cultivo do agrião, considerando que o ideal é ser mantido na faixa dos 25 °C (FURLANI, 1999). Isto pode ter afetado o crescimento da rúcula, visto que as raízes podem ter sido comprometidas ao realizar a absorção de nutrientes e consequentemente contribuídas para uma menor produtividade da cultura. O estresse por calor inibe a fotossíntese da planta devido à redução na ativação da rubisco e que os processos fisiológicos da planta são diretamente influenciados pela temperatura (WANG et al., 2015). Dentro do intervalo de temperatura da solução nutritiva entre 24 e 27 °C, não há alteração do crescimento das plantas (BREMENKAMP et al., 2012).

Sanches et al. (2005) constataram que a partir de uma solução à temperatura ambiente, ou seja, aproximadamente 24,9 °C, as plantas de alface se desenvolveram melhor do que sob condições de temperatura mais baixas. Em estudo com alface em hidroponia NFT, Cometti et al. (2013) constataram aumentos na produção sob temperatura da solução a 26 °C em relação à temperatura ambiente. Silva et al. (2016) não verificaram diferença significativa no rendimento de massa fresca de alface em hidroponia NFT sob temperatura a 25 °C, em relação à ambiente (21,8 °C).

A Tabela 3 expressa as médias de condutividade elétrica (CE) e pH das taxas da solução nutritiva de acordo com as diluições do biofertilizante ao longo dos ciclos de cultivo das culturas. Pode-se observar que houve aumento da CE da solução nutritiva no ciclo 2 de cultivo da rúcula. Isto pode estar relacionado com fatores climáticos, que fizeram com que a água do poço apresentasse variabilidade da CE ao longo das reposições.

Tabela 3 - Médias de condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva de acordo com as taxas de diluições do biofertilizante nos ciclos de cultivo. Redenção, CE, 2021

Taxas de diluição do biofertilizante	CE (dS m ⁻¹)		pH	
	Rúcula			
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1:2	1,62	2,23	8,84	8,44
1:3	1,48	2,18	8,98	8,46
1:4	1,22	2,16	8,84	8,51
	Agrião			
1:2	1,65		8,06	
1:3	1,53		8,05	

1:4

1,44

8,21

O monitoramento da solução nutritiva levando em consideração parâmetros como o pH, a condutividade elétrica, a temperatura e a oxigenação da solução nutritiva têm um efeito significativo no aumento da produtividade e qualidade no cultivo hidropônico (MANDIZVIDZA, 2017). Costa et al. (2001) afirmam que aumentos na condutividade levam à diminuição da produção de material seco, bem como, da produtividade.

Em geral, o acréscimo da condutividade elétrica da solução nutritiva reduz o rendimento das culturas hortícolas (TSAKALIDI et al., 2015). Contudo, a condutividade elétrica é uma medida indiscriminada que apenas indica a composição total dos nutrientes, não fornecendo informações suficientes para entender os desequilíbrios iônicos induzidos por absorção de nutrientes nas plantas, além disso, as taxas de absorção dos íons variam não só com a cultura como também a fase fenológica (CHO et al., 2018).

Bonasia et al. (2017), ao estudarem o melhor manejo da solução nutritiva em dois genótipos de rúcula, observaram que a condutividade elétrica da solução nutritiva a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ foi a que se apresentou mais adequada para o rendimento da rúcula e que a maior CE da solução nutritiva reduziu o peso fresco e seco da cultura. Nota-se que os valores apresentados nas taxas de diluição do biofertilizante no ciclo 2 de cultivo estão próximos do valor citado pelos autores como mais adequado.

Os valores de pH das diluições do biofertilizante se mantiveram acima da faixa entre 4,5 e 7,5, considerada ideal por Furlani et al. (1999). Nesta faixa, grande parte dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta é disponibilizada de forma adequada e variações, dentro da faixa ideal em sistema hidropônico, não afetam o desenvolvimento das plantas, porém pode ocorrer deficiência de nutrientes, principalmente de Fe, P, B e Mn, em situações de alcalinidade acima de 8. A disponibilidade de nutrientes aos vegetais é altamente dependente do pH do meio de crescimento (KAFLE et al., 2017). Soares et al. (2016), ao avaliarem o efeito de águas salobras como solução nutritiva em cultivo de alface americana, observaram que o pH teve aumentos. Tal fato pode ser explicado pelo consumo de nutrientes pela cultura e que à alcalinidade foi em consequência do desequilíbrio de cátions e ânions na solução nutritiva, devido à diferença inerente na absorção desses íons.

O uso de valores de pH inadequados nas soluções nutritivas pode resultar em alterações na composição da solução devido à precipitação de nutrientes (LI et al., 2018). Em soluções alcalinas, o cálcio reage com o fosfato formando compostos insolúveis resultando na diminuição da solubilidade e disponibilidade do fósforo (SIEBIELEC et al., 2014).

5.2 Características químicas das diluições do biofertilizante

Na tabela 4, são apresentados os resultados de análise química para cada taxa de diluição do biofertilizante.

Tabela 4 - Composição química das diluições do biofertilizante. Fortaleza, CE, 2021

Parâmetros	Soluções nutritivas a partir das taxas de diluições do biofertilizante		
	(1:2)	(1:3)	(1:4)
	(mg/L)		
N	0,1	0,1	0,1
P	11,0	12,0	10,0
K	445,5	547,5	457,5
Ca	26,9	58,9	52,6
Mg	93,5	120,7	85,8
Fe	35,3	22,1	18,6
Cu	5,0	24,9	26,7
Zn	0,46	0,56	0,39
Mn	4,31	2,93	1,55

Fonte: laboratório de análise de solos, águas, tecidos vegetais e adubos da FUNCEME/UFC.

O nitrogênio (N) apresentou o mesmo valor ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$) para todas as taxas de diluição do biofertilizante. A taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 apresentou as maiores concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e zinco (Z). O ferro (Fe) e o manganês (Mn) apresentaram maiores valores na taxa de diluição do biofertilizante de 1:2 e o cobre (Cu), na taxa de 1:4. A taxa de diluição de 1:3 foi a que apresentou maiores concentrações de cinco elementos, entre eles os macronutrientes NPK (Tabela 4) que são essenciais para o desenvolvimento das plantas.

De acordo com Grangeiro et al. (2011), o nitrogênio é o segundo nutriente mais acumulado pela rúcula, citada na literatura como muito responsiva ao fornecimento do nutriente (TRANI et al., 1994; PURQUERIO et al., 2007; BARBOZA, 2014). Tal fato pode explicar o menor crescimento apresentado pela cultura à deficiência de (N) neste trabalho.

Jordan et al. (2018) descrevem que o nitrogênio (N) é um macronutriente aniônico presente em grande quantidade na planta, sendo o maior responsável pelo desenvolvimento da área foliar e da massa da parte aérea. Porém, o excedente de nitrogênio (N) ou o desequilíbrio com outro elemento, macro ou micronutriente, tem efeito prejudicial (CANASTRA, 2017).

Martins et al. (2017) ressaltam que a deficiência ou excesso de nitrogênio pode causar desequilíbrios nutricionais, causando desde a redução na taxa de crescimento da parte aérea e sistema radicular até prejuízos na produção.

O fósforo (P) apresentou-se em maior concentração na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3, com 12,0 mg L⁻¹. O pH acima de 8 pode ocasionar a deficiência de nutrientes, que entre eles está o fósforo (FURLANI et al., 2009). Em todas as taxas de diluição do biofertilizante, o pH apresentou-se acima de 8. Isto pode justificar a baixa disponibilidade de fósforo, que segundo Castellane; Araújo (1995), a faixa de (P) em soluções nutritivas para hortaliças é de 35 a 70 mg L⁻¹.

O potássio (K) se apresentou em valores próximos nas taxas de diluição do biofertilizante, com maior concentração (547,5 mg L⁻¹) na taxa de 1:3. Este elemento tem função nas células e tecidos da planta na regulação osmótica, no balanço de cátions/ânions, nas relações hídricas na planta, na abertura e fechamento dos estômatos, no alongamento celular, na ativação enzimática de um grande número de enzimas, na síntese de proteínas, na fotossíntese (KERBAUY, 2004; PORTO et al., 2013). Além disso, o potássio (K) nas plantas estimula o aproveitamento do nitrogênio (N) possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente, que a sua produtividade, sejam aumentadas (VIANA; KIEHL, 2010).

O potássio (K) proporciona aumentos na massa seca e fresca da parte aérea de plantas de rúcula devido a sua contribuição nas diversas funções que exerce na planta, principalmente na abertura e fechamento dos estômatos (PORTO et al., 2013). O fornecimento de (K) às brássicas, família na qual a rúcula e o agrião fazem parte, pode auxiliar na resistência às doenças, pois equilibra a adubação nitrogenada e torna os tecidos mais fibrosos (SEABRA JÚNIOR et al., 2013). Contudo, vale destacar que o excesso de K pode desequilibrar a nutrição da planta, dificultando a absorção de Ca e Mg (PRADO, 2008).

O cálcio (Ca) apresentou a maior concentração na taxa de 1:3, com 58,94 mg L⁻¹. Lenz (2017) relata que o (Ca) é absorvido pelas raízes como Ca²⁺, podendo ocorrer redução da absorção desse nutriente quando a concentração de K⁺ e de Mg²⁺ for elevada.

Para o Magnésio (Mg), a maior concentração foi encontrada na taxa de 1:3 com 120,7 mg L⁻¹. Este elemento é o principal responsável pela fotossíntese, sendo constituinte da molécula de clorofila. Atua como ativador enzimático na respiração, absorção iônica e transporte de energia, conferindo estabilidade aos ribossomos (MALAVOLTA, 2006).

O ferro (Fe) apresentou-se em maior concentração na taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, com 35,31 mg L⁻¹. Este é um micronutriente essencial para o

crescimento e desenvolvimento normal das plantas (KERBAUY, 2004). É parte integrante do centro de oxirredução de inúmeras enzimas e moléculas de grande importância no metabolismo vegetal, como citocromos, nitrogenases e enzimas envolvidas na síntese de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 1998).

O cobre (Cu) apresentou sua maior concentração na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, com 26,67 mg L⁻¹. Este valor está abaixo do recomendado para hortaliças folhosas que é em torno de 0,02 a 0,05 mg L⁻¹ (HOAGLAND; ARNON, 1950; CASTELLANE; ARAÚJO, 1995; FURLANI, 1998), isto sem considerar as diferenças fisiológicas das espécies que expressam exigências nutricionais distintas.

O zinco (Zn) apresentou-se em maior concentração na taxa de diluição de 1:3, com 0,56 mg L⁻¹. O Zn é um micronutriente limitante para a maioria das culturas, encontra-se em baixa concentração no solo e a sua disponibilidade é influenciada por diversos fatores, como o pH alto, altas doses de fertilizantes, principalmente, fosfatados, alto teor de matéria orgânica e alta umidade associados à baixa temperatura (PRADO, 2008).

O manganês (Mn) apresentou-se em maior concentração na taxa de diluição de 1:2, com 4,31 mg L⁻¹. Normalmente, este elemento aparece correlacionado à deficiência de zinco (Zn). Estes dois metais se manifestam conjuntamente, sendo a presença desse mineral bem acentuado em ambientes de terras submersas ou muito úmidas (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2018), que é o caso do sistema hidropônico.

De acordo com Silva e Trevisan, (2015), na literatura existem três classificações de interações, que são antagonismo, inibição e sinergismo. A interação dos nutrientes potássio, cálcio e magnésio é a mais conhecida. Observa-se que o aumento do teor de K⁺ causa diminuição nos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ nas plantas, podendo ser causado pelo efeito de diluição, ou seja, os teores tendem a diminuir ao longo do tempo (ROSOLEM, 2005).

Uma planta bem nutrida em K cresce mais e, mesmo com a diminuição dos teores de Ca e Mg na planta, muitas vezes não há prejuízo na produção. Contudo, se os teores de K forem excessivamente altos, poderá haver danos na produção pela intensificação do efeito de diluição. Sabe-se também que aumento na dosagem de K⁺ e Ca²⁺ induzem a deficiência de Mg²⁺ nas plantas. O K⁺ por ser um nutriente de menor carga, atravessa a membrana plasmática rapidamente diminuindo a absorção dos outros cátions. Já a interação que ocorre entre Ca²⁺ e Mg²⁺ é antagonica, onde o excesso de um prejudica a absorção de outro (MARSCHNER, 2011).

5.3 Cultivo da Rúcula

5.3.1 Altura e número de folhas

A ALT foi influenciada pelos ciclos de cultivo, pelas taxas de diluição do biofertilizante e pela declividade das calhas de condução da cultura, já o número de folhas (NF) foi influenciado apenas pelos ciclos de cultivo (Tabela 5). As interações entre ciclos de cultivo e taxas de diluição e ciclos de cultivo e declividades foram significativas apenas para altura das plantas. A interação entre taxas de diluição e declividades das calhas foi significativa para ALT e NF.

Tabela 5 - Resumo das análises de variância da altura e número de folhas de rúcula em função dos ciclos de cultivo, taxas de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021

FV	GL	ALT (cm)	NF
Ciclos de cultivo (Ta)	1	334,27669**	258,40278**
Resíduo (A)	22	0,44923	0,20581
Taxas de diluição (Tb)	2	70,45675**	0,11944 ^{ns}
Int. Ta x Tb	2	41,37936**	0,50278 ^{ns}
Resíduo (B)	44	0,42699	0,20505
Declividades (Tc)	4	6,82496**	0,38889 ^{ns}
Int. Ta x Tc	4	3,15274**	0,38889 ^{ns}
Int. Tb x Tc	8	2,32488**	0,61597*
Int. Ta x Tb x Tc	8	4,03561**	0,35347 ^{ns}
Resíduo (C)	264	0,38725	0,24823
Total	359	-	-
CV (A) (%)	-	9,31	9,25
CV (B) (%)	-	9,08	9,24
CV (C) (%)	-	8,65	10,16

**significativo a 1%; *significativo a 5% pelo teste F; ^{ns} - não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

5.3.2 Altura de plantas

Os valores de altura das plantas obtidos a partir da irrigação com diluições do biofertilizante de 1:2 e 1:4 não diferiram estatisticamente no ciclo 1 de cultivo e foram

superiores ao valor obtido na taxa 1:3. A taxa de 1:4 foi superior no ciclo 2 de cultivo (Tabela 6). Este fato pode ter ocorrido devido ao teor de K, verificado na análise química das soluções de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante (Tabelas 4), onde se verifica na taxa de diluição de 1:4 um teor de K de 457,5 mg L⁻¹ e na taxa de 1:2 o valor de 445,5 mg L⁻¹. O K contribui para o crescimento vegetativo da folhosa (MALAVOLTA et al., 2006).

Tabela 6 - Teste de média de altura das plantas (ALT) em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas para cada taxa de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021

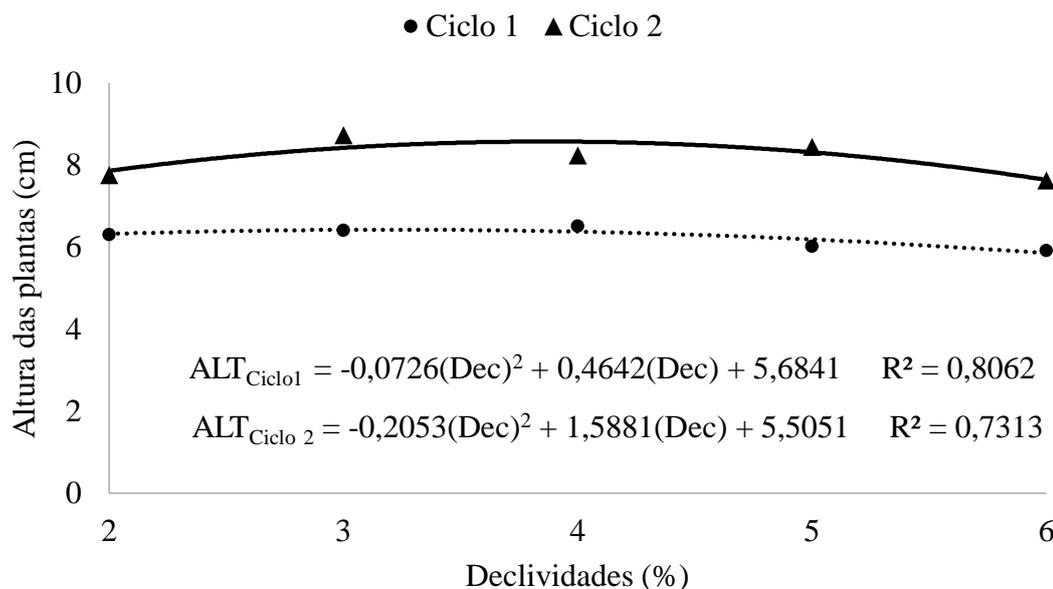
Ciclos	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2	1:3	1:4
	ALT (cm)		
1	6,22 bA	5,63 bB	6,45 bA
2	7,46 aB	7,41 aB	9,62 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si.

Jardina et al. (2017) encontraram diferença na altura de plantas entre as cultivares de rúcula *Apreciatta* (26 cm), *Cultivada* (18,8 cm), *Rococó* (20 cm), *Donatella* (18,4 cm) e *Gigante* (25 cm), produzidas durante o verão em vasos com substrato e solução nutritiva. Os valores são superiores aos obtidos neste trabalho, possivelmente porque as taxas de diluição do biofertilizante não supriram as necessidades da cultura.

Os dados de altura das plantas em função das declividades das calhas de condução e dos ciclos de cultivo foram ajustados ao modelo polinomial de ordem 2 (Figura 7). No ciclo 1 de cultivo foi observado a maior altura de 6,43 cm na declividade de 3,2% e foi estimado que a altura de plantas foi maior na declividade de 3,9%, com valor de 8,58 cm no ciclo 2 de cultivo.

Figura 7 - Altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo



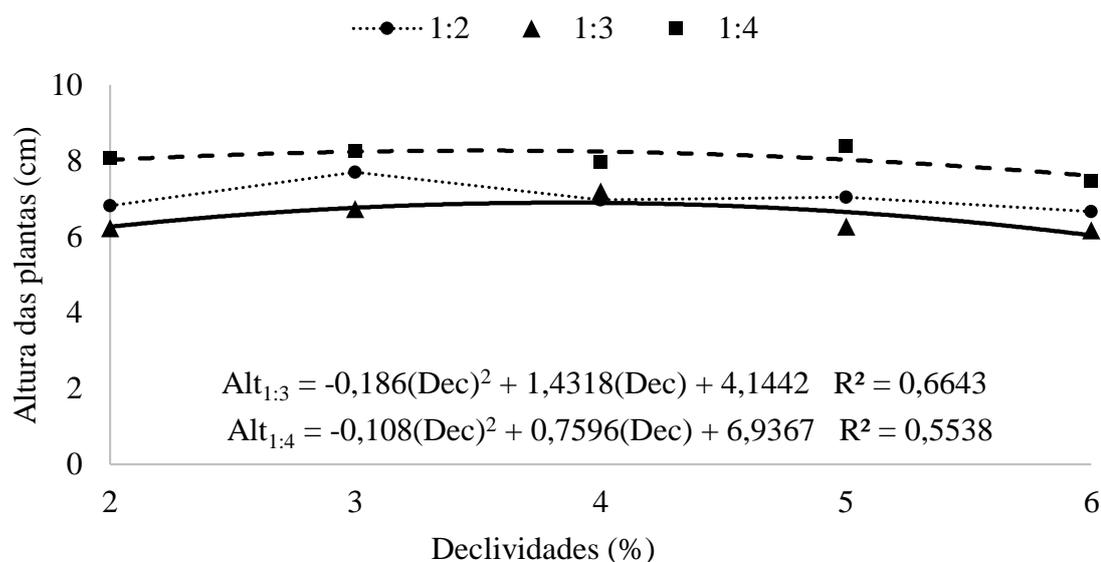
Esta influência positiva da declividade de 3,9 e 3,2% sobre altura de plantas nos ciclos de cultivo pode ter relação com a velocidade com que a solução nutritiva faz o retorno para o reservatório, contribuindo para a menor possibilidade de aquecimento da solução e, conseqüentemente, menor dano físico nas raízes.

A maior declividade (6%) apresentou, em ambos os ciclos, redução na altura de plantas. De acordo com Araújo et al. (2018), quando a declividade é muito alta, ocorre pouco contato da raiz com a solução, que dificulta a absorção de nutrientes pelo sistema radicular.

De Freitas et al. (2009), ao avaliarem o desempenho agrônômico de rúcula (Cultivada) sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio, verificaram que os maiores valores de altura de plantas (26,52 cm) e número de folhas por planta (13) foram observados na segunda época de plantio, de setembro a outubro. Tal resultado não ocorreu neste trabalho, em que o ciclo 1 de cultivo foi realizado no mesmo período, porém apresentou valor máximo de 6,43 cm, cerca de 75% de redução.

Na Figura 8, tem-se a relação da altura das plantas de rúcula em função das declividades das calhas de condução da cultura e das taxas da solução nutritiva de acordo com a diluição do biofertilizante. Não houve ajuste aos modelos testados na taxa de diluição 1:2. As demais taxas foram ajustadas ao modelo polinomial de ordem 2. Na taxa de diluição de 1:3, a altura de plantas foi de 6,90 cm para a declividade de 3,8%. Observa-se que a máxima ALT foi verificada na diluição do biofertilizante 1:4 e declividade da calha de 3,5%, apresentando valor de 8,27 cm.

Figura 8 - Altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



As plantas de rúcula deste trabalho apresentaram tamanho reduzido, sem cobertura plena, pecíolos curtos e algumas apresentaram a cor púrpura, provavelmente ocasionada por uma desordem nutricional a ser explicada pelos teores de nutrientes fornecidos pelas soluções nutritivas, de acordo com as diluições do biofertilizante. Esses sintomas também foram descritos por Souza et al. (2011) e por Barboza (2014), principalmente nas plantas que não receberam adubação.

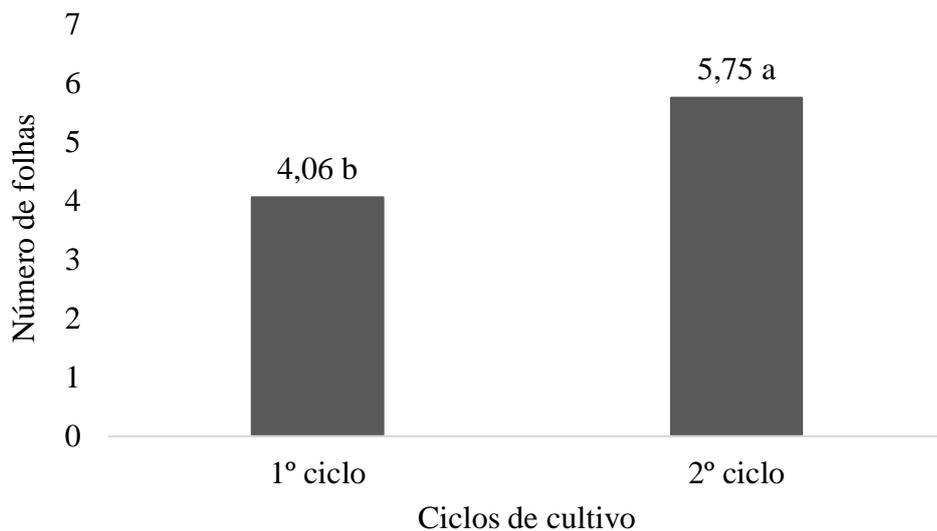
Os resultados encontrados são inferiores aos valores obtidos por Oliveira et al. (2013). Os autores trabalharam com cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades e encontraram o valor para altura de plantas de 18,6 cm. Santos et al. (2018), que realizaram um estudo com rúcula sob solução nutritiva salina em substrato de fibra de coco, obtiveram o maior valor médio de 20 cm para altura de plantas. Esta inferioridade pode ser explicada pelos teores de nitrogênio fornecidos pelas soluções nutritivas, o que de acordo com Purquerio et al. (2007), o menor crescimento da rúcula é induzido por deficiência de nitrogênio.

Trani et al. (1994) consideram como padrão comercial a altura de plantas variando de 18 a 22 cm. Desta forma, pode-se constatar que as plantas obtidas neste trabalho não apresentaram padrão comercial.

5.3.3 Número de folhas

O número de folhas apresentou, no ciclo 2 de cultivo, superioridade de 41,6% em relação ao ciclo 1 de cultivo (Figura 9). A superioridade encontrada no ciclo 2 de cultivo pode estar relacionada com níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas, que apresentou média mais alta que no ciclo 1 de cultivo (Tabela 3). Os valores da CE estão próximos de 3,5 dS m⁻¹, que de acordo com Bonasia et al. (2017), é o mais adequado para o rendimento da rúcula.

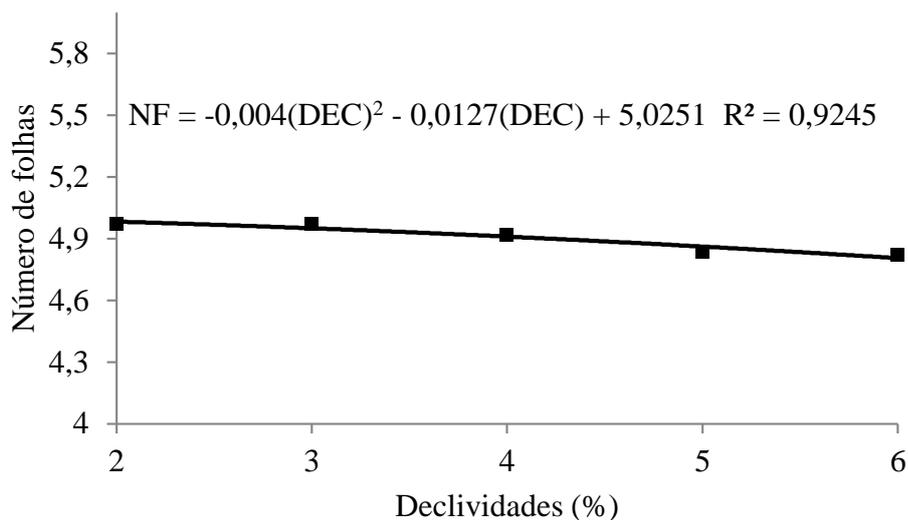
Figura 9 - Número de folhas (NF) em função dos ciclos de cultivo



Cavarianni et al. (2008) obtiveram para rúcula produzida em hidroponia, uma média de 10 folhas, valor maior que o obtido neste trabalho. Oliveira et al. (2013) verificaram um valor, para NF, de 4,7, valor semelhante ao obtido neste trabalho.

Alves et al. (2012) relatam que a avaliação da quantidade de folhas em hortaliças é de extrema importância, por ser a parte da planta mais avaliada pelo consumidor no momento da compra. Neste trabalho, o número de folhas foi reduzido e apresentou também tamanho reduzido.

Os dados de número de folhas em função das declividades das calhas de condução da cultura foram ajustados ao modelo polinomial de ordem 2 (Figura 10). O máximo NF foi verificado na declividade de 1,99% com valor de 4,99.

Figura 10 - Número de folhas (NF) em função das declividades das calhas de condução da cultura

Nota-se que, no maior nível de declividade, a quantidade de folhas encontradas foi menor, o que corrobora com Canastra (2017), ao relatar que, em altas declividades, a velocidade de escoamento é elevada e isto reduz a absorção de nutrientes em função do menor tempo de contato da solução nutritiva com o sistema radicular.

5.3.4 Massa fresca, massa seca da parte aérea e da raiz e produtividade

De acordo com o resumo da análise de variância aplicada aos dados de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD), observou-se que a MFPA, MSPA e PROD tiveram influência dos ciclos de cultivo, taxas de diluição do biofertilizante e declividade das calhas de condução da cultura (Tabela 7). Já MFR e MSR tiveram influência apenas dos ciclos de cultivo e declividades das calhas de condução. Na MSPA e MSR não houve significância na interação entre ciclos de cultivo e declividades das calhas de condução.

Tabela 7 - Resumo das análises de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD) da rúcula em função dos ciclos de cultivo, taxa de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021

FV	GL	MFPA (g planta ⁻¹)	MFR (g planta ⁻¹)	MSPA (g planta ⁻¹)	MSR (g planta ⁻¹)	PROD (kg ha ⁻¹)
Ciclos de cultivo (Ta)	1	3,937**	3,2465**	0,1063**	0,0327*	249508,3507**

Resíduo (A)	4	0,0043	0,0003	0,0003	0,0016	89,2903
Taxas de diluição (Tb)	2	0,0143**	0,0013 ^{ns}	0,0089*	0,0001 ^{ns}	1413,1382**
Int. Ta x Tb	2	0,1288**	0,1136**	0,1109**	0,0333**	7535,2132**
Resíduo (B)	8	0,0010	0,0061	0,0016	0,0011	77,5069
Declividades (Tc)	4	0,1232**	0,3145**	0,0840**	0,0805**	7602,1625**
Int. Ta x Tc	4	0,0006*	0,0002*	0,0004 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	8,40278**
Int. Tb x Tc	8	0,0143*	0,0233**	0,0094**	0,0044**	930,3708*
Int. Ta x Tb x Tc	8	0,0285**	0,0539**	0,0099**	0,0089**	1571,4840**
Resíduo (C)	48	0,0054	0,0034	0,0022	0,0012	390,2177
Total	89	-	-	-	-	
CV (A) (%)	-	7,20	2,11	4,64	14,20	4,19
CV (B) (%)	-	3,54	9,99	11,45	11,83	3,90
CV (C) (%)	-	8,12	7,39	13,44	12,26	8,76

**significativo a 1%; *significativo a 5% pelo teste F; ^{ns} - não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

5.3.5 Massa fresca da parte aérea e raiz

Os valores de MFPA obtidos em função das taxas de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:3 não diferiram estatisticamente no ciclo 1 de cultivo, enquanto que a MFPA sob taxa de 1:4 no ciclo 2 de cultivo apresentou superioridade de 15% em relação às demais taxas de diluição do biofertilizante (Tabela 7).

Além disto, o ciclo 2 foi superior ao ciclo 1 em todas as taxas de diluição da solução nutritiva, o que pode estar relacionado com a menor temperatura ambiente ocorrida no período, bem como o registro de precipitações (Tabela 1). Taiz e Zeiger (2004) relatam que o aumento da temperatura promove o fechamento dos estômatos, contribuindo com menor assimilação de nutrientes e redução do acúmulo de fitomassa.

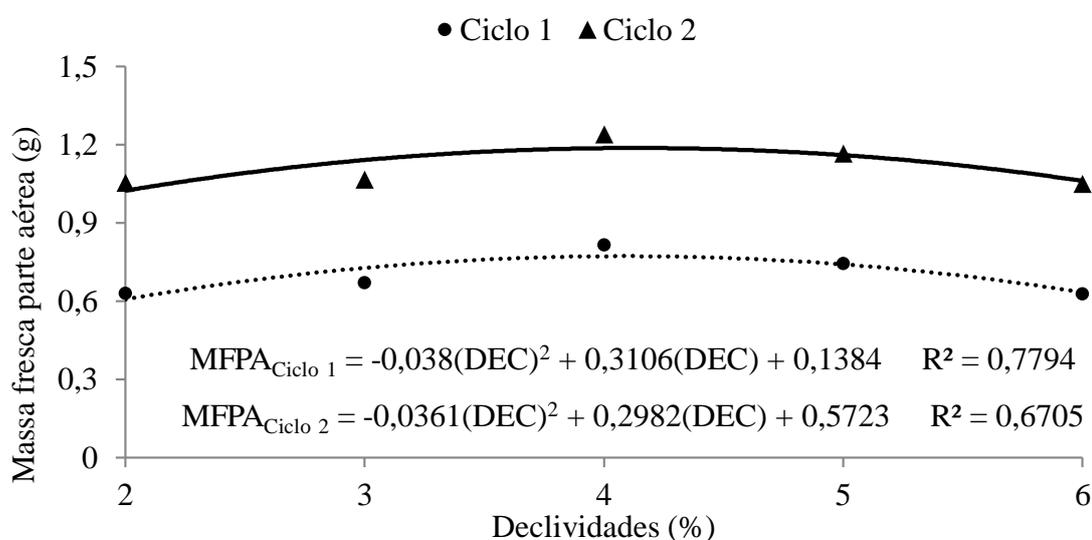
Tabela 7 - Teste de média de massa fresca da parte aérea (MFPA) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021.

Ciclos	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2	1:3	1:4
	MFPA (g planta ⁻¹)		
1	0,7414 bA	0,7225 bA	0,6270 bB
2	1,0310 aC	1,1365 aB	1,1785 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si.

Ao analisar o efeito das declividades das calhas de condução da cultura em função das épocas de cultivo sobre a massa fresca da parte aérea (MFPA), por meio da análise de regressão, constatou-se que os dados foram ajustados ao modelo polinomial quadrático (Figura 11). No ciclo 1 de cultivo, o valor máximo encontrado foi de 0,77 g planta⁻¹ na declividade de 4,1%. A MFPA atingiu o valor máximo de 1,19 g planta⁻¹ para declividade de 4,1%, no ciclo 2 de cultivo da rúcula.

Figura 11 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo

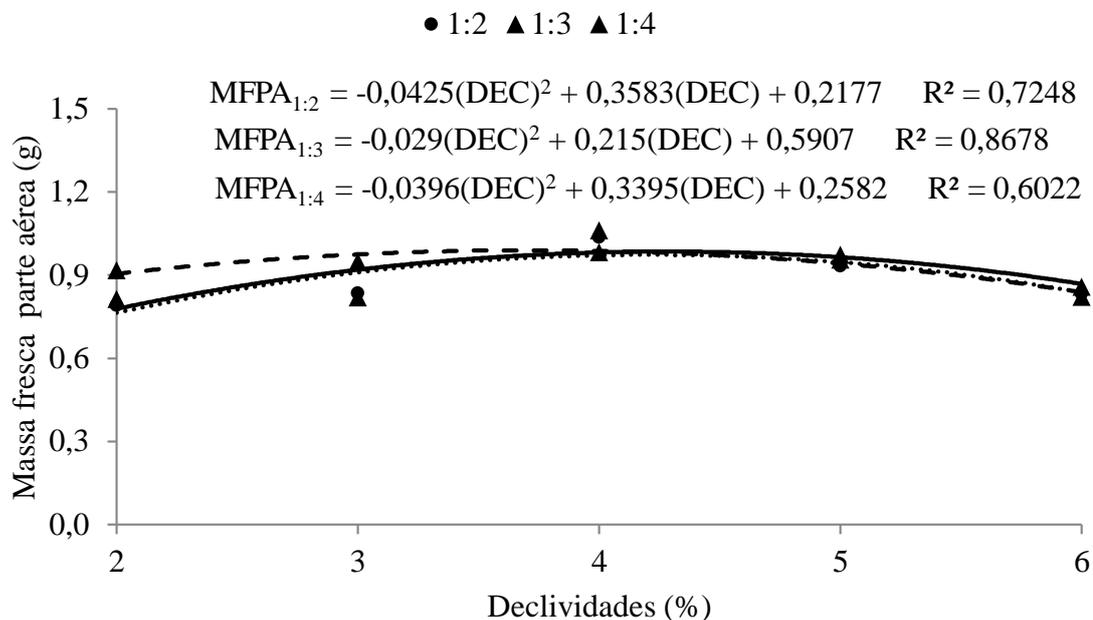


Ohse et al. (2012), ao avaliarem a produção e composição da rúcula Cultivada sob nível de declividade de 3% e solução mineral, encontraram o valor médio de MFPA de 55,85 g planta⁻¹, valor este superior ao encontrado neste trabalho. Isto pode estar relacionado com o menor número de folhas por planta, que consequentemente reduz a área foliar. A área foliar é fundamental para a produção de fotoassimilados e posteriormente distribuição e acúmulo de fitomassa (TAIZ; ZEIGUER, 2013). Assim, os tratamentos que atingiram maior área foliar foram os que obtiveram também o maior acúmulo de massa fresca.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e soluções nutritivas de acordo com as taxas de biofertilizante obteve melhor ajuste ao modelo polinomial quadrático de regressão (Figura 12). A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, apresentou um incremento de 0,87 g planta⁻¹ na declividade de 4,2%. Na taxa de diluição de 1:3 ocorreu o incremento de 0,99 g planta⁻¹ na declividade de 3,7%. A

taxa de 1:4 na declividade de 4,3% proporcionou melhores incrementos, apresentando o valor de 0,99 g planta⁻¹.

Figura 12 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



Na declividade de 4,3% podem ter ocorrido incrementos na absorção de nutrientes e oxigênio pela rúcula, com consequente crescimento da parte aérea. Nesta declividade, o deslocamento da solução nutritiva tende a ser mais eficiente, se comparado com 2% e 6%. Cardoso et al. (2010) e Luz et al. (2018), que trabalharam com o efeito da variação da solução nutritiva recomendada por Furlani et al. (1999), em absinto e rúcula, respectivamente, não observaram diferenças significativas entre as diluições da solução nutritiva.

O menor desenvolvimento da parte aérea das plantas provavelmente se deve ao menor teor de (N), conforme apresentado na Tabela 4, uma vez que este é essencial para o bom desenvolvimento de plantas. Este nutriente está envolvido na composição de diferentes compostos na planta, os quais participam em processos como absorção iônica, fotossíntese, diferenciação celular e sínteses em geral, que se relacionam diretamente com o seu crescimento (MALAVOLTA, 2006).

Além do N, a redução da MFPA pode estar relacionada também com a quantidade de P fornecido pelas taxas de diluição do biofertilizante. Bonfim et al. (2015), ao estudarem o efeito da adubação fosfatada em rúcula, concluíram que a maior massa de matéria fresca de folhas foi observada com a dose de fósforo de 264,29 mg dm⁻³. Este valor é superior ao encontrado nas taxas da solução nutritiva deste trabalho.

Araújo et al. (2018), ao avaliarem o efeito da declividade de bancada sobre a produção de alface, verificaram que a declividade de 4,3% proporcionou a máxima produção de massa fresca da parte aérea da alface tipo americana (cv. Gloriosa), o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho.

O menor desenvolvimento da parte aérea das plantas, na solução nutritiva com taxa de diluição de 1:2 provavelmente se deve ao menor teor de nutrientes, conforme apresentado na Tabela 4. Nurzynska-Wierdak (2009) observou, em rúcula, que o aumento de doses de potássio contribuiu para o aumento significativo da produção de matéria fresca. O que corrobora com os resultados encontrados na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3, na qual apresentou o maior valor de potássio.

Os valores de MFR obtidos em função da taxa de diluição do biofertilizante de 1:2 proporcionou maiores incrementos no ciclo 1 de cultivo, enquanto que a MFR em função da taxa de 1:4 apresentou superioridade no ciclo 2 de cultivo (Tabela 8). O ciclo 2 de cultivo foi superior em todas as taxas de diluição do biofertilizante.

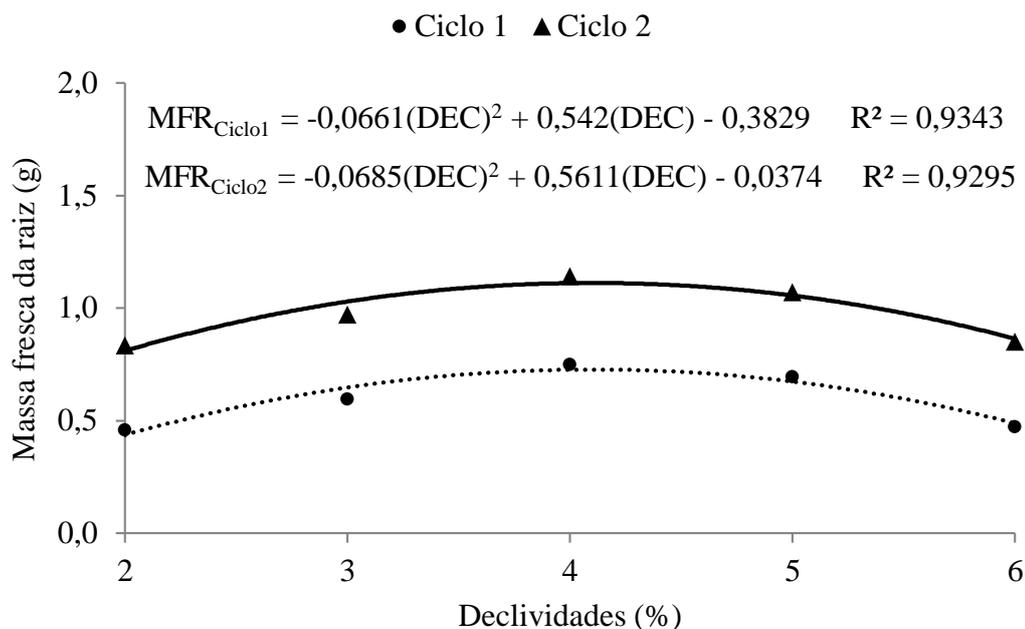
Tabela 8 - Teste de média de massa fresca da raiz (MFR) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021

Ciclos	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2	1:3	1:4
MFR (g planta ⁻¹)			
1	0,6544 bA	0,5923 bAB	0,5373 bB
2	0,9159 aB	0,9633 aAB	1,0444 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si.

O efeito das declividades das calhas de condução da cultura em função das épocas de cultivo sobre a massa fresca da raiz foi descrito por meio da análise de regressão, em que se constatou que o modelo com melhor ajuste aos dados foi o polinomial quadrático (Figura 13). A MFR atingiu o valor máximo de 1,49 g planta⁻¹ para declividade de 4,1%, no ciclo 1 de cultivo da rúcula. No ciclo 2 de cultivo, o valor máximo foi de 1,19 g planta⁻¹ na declividade de 4,1%.

Figura 13 - Massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo

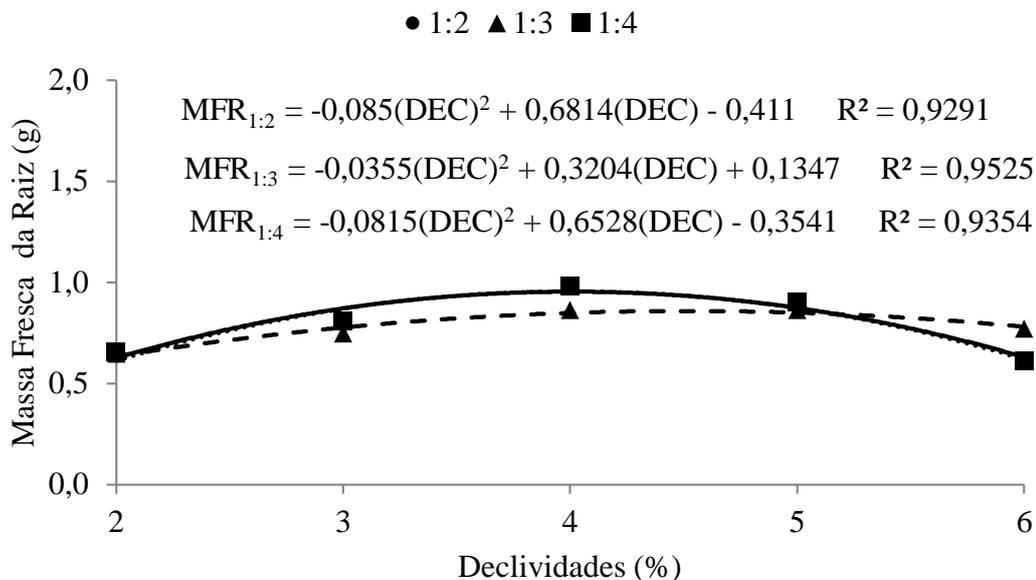


O bom desenvolvimento para taxa de declividade de 4,1% pode ser explicado pelo fato de que pode existir uma turbulência no fluxo da solução nutritiva, ocasionando maior resfriamento e maior transporte de oxigênio dissolvido até as raízes submersas. Furlani et al. (2009) relatam que a aeração adequada da solução nutritiva é um fator bastante importante quando se usa irrigação contínua, evitando deficiência de oxigênio no sistema radicular.

Ohse et al. (2012), ao avaliarem produção e composição da rúcula sob nível de declividade de 3%, encontraram o valor médio de MFR de 9,94 g planta⁻¹, valor superior ao encontrado neste trabalho. Isto pode estar relacionado com um menor crescimento radicular, que é associado com taxas de crescimento mais elevadas da área foliar da cultura, a qual aumenta a quantidade de assimilados produzida e estocada (FRANCESANGELI; SANGIACOMO; MARTI, 2006). Em contrapartida, o menor desenvolvimento do sistema radicular não é prioridade, pois a parte aérea é a estrutura de valor comercial para hortaliças folhosas.

A massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de diluição do biofertilizante foi ajustada ao modelo polinomial quadrático (Figura 14), sendo a diluição do biofertilizante de 1:2 na declividade de 4% que proporcionou melhores incrementos, apresentando o valor de 0,95 g planta⁻¹. Na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 foi encontrado o valor de 0,86 g planta⁻¹ na declividade de 4,5% e na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, o valor de 0,95 g planta⁻¹ na declividade de 4%.

Figura 14 - Massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



Lopes et al. (2017) relatam que, ao estudarem a resposta de plantas de rúcula cultivadas em dois diferentes substratos e diferentes dosagens de biofertilizante, houve um incremento significativo com as diferentes diluições do biofertilizante aplicadas para ambos os substratos. Neste trabalho, as diferentes taxas de diluição do biofertilizante sob declividades das calhas de condução da solução proporcionaram baixos incrementos na MFR com quantidades próximas, sendo a taxa de diluição do biofertilizante de 1:4 a que apresentou maiores incrementos. Tal fato pode ter relação com os maiores teores de nutrientes fornecidos por esta taxa.

Entre declividades, os teores não variaram muito, apresentando os menores teores nos níveis de 2 e 6%, o que pode ter sido afetado pela baixa oxigenação da solução no nível de 2% e dificuldade em absorção dos nutrientes em 6%, pois de acordo com Canastra (2017), a velocidade de escoamento elevada reduz a absorção de nutrientes em função do menor tempo de contato da solução nutritiva com o sistema radicular.

5.3.6 Massa seca da parte aérea e raiz

Os valores de MSPA obtidos em função da taxa de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:3 não diferiram estatisticamente no ciclo 1 de cultivo, enquanto que a MSPA em função da taxa de 1:4 no ciclo 2 de cultivo apresentou superioridade de 14,2% em relação às demais

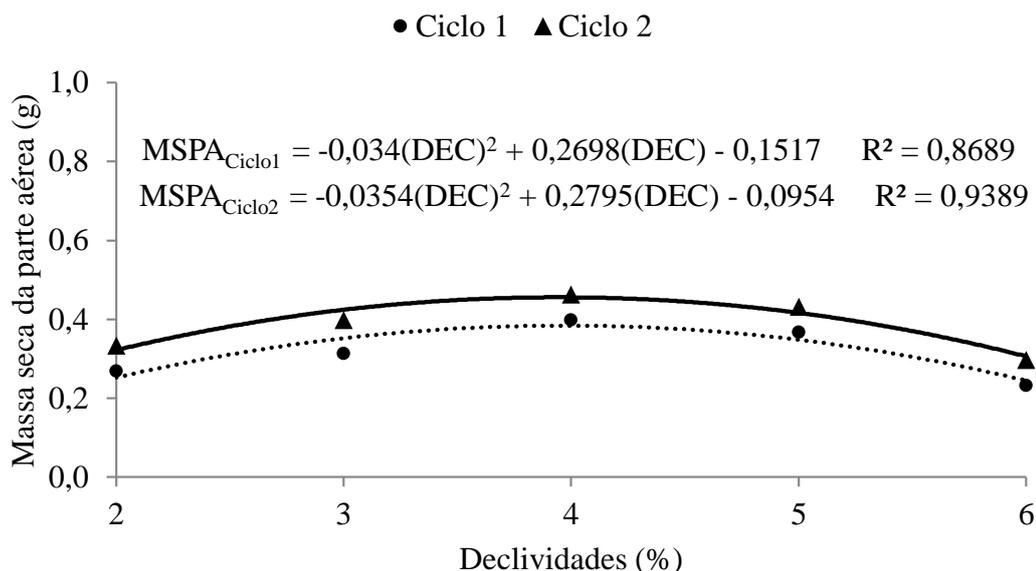
taxas de diluição do biofertilizante (Tabela 9). O ciclo 1 de cultivo foi superior apenas na taxa de 1:2 e ciclo 2 as taxas de 1:3 e 1:4 foram superiores e não diferiram entre si.

Tabela 9 - Teste de média de massa seca da parte aérea (MSPA) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021

Ciclos	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2	1:3	1:4
	MSPA (g planta ⁻¹)		
1	0,3565 aA	0,3313 bA	0,2605 bB
2	0,3055 bC	0,3963 aB	0,4527 aA

Ao analisar o efeito das declividades das calhas de condução da cultura em função das épocas de cultivo sobre a matéria seca da parte aérea, por análise de regressão, constatou-se que os dados foram ajustados ao modelo polinomial quadrático (Figura 15). No ciclo 1 de cultivo, o valor máximo foi de 0,38 g planta⁻¹ na declividade de 4%. A MSPA atingiu o valor máximo de 0,46 g planta⁻¹ para declividade de 3,9%, no ciclo 2 de cultivo.

Figura 15 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo



A avaliação da massa seca da parte aérea é um importante parâmetro, pois, conforme Porto et al. (2014), demonstra o acúmulo de biomassa vegetal em função da maior produção de aminoácidos e assimilados de carbono da fotossíntese proporcionada pelo ótimo fornecimento e absorção de nutrientes pela planta.

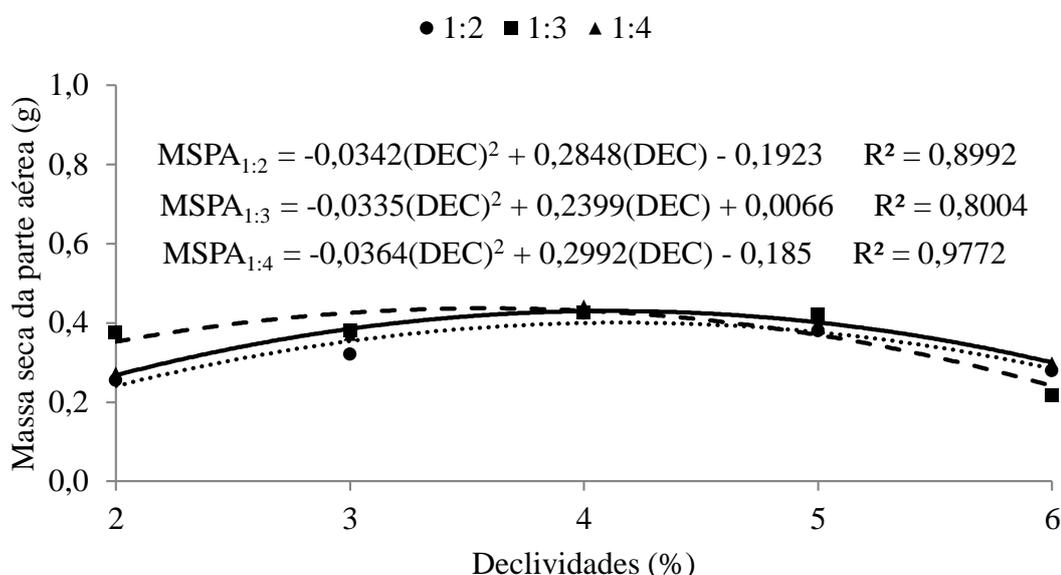
Nota-se que a declividade de 2% e 6% no ciclo 1 e 2 de cultivo foram as que apresentaram menores incrementos, o que pode estar relacionado com o maior tempo de

permanência das soluções nutritivas na declividade de 2% e maior velocidade de escoamento no nível de declividade de 6%, podendo ter promovido um aumento na condutividade elétrica da solução e no potencial osmótico. O maior tempo de contato com o sistema radicular é a principal evidência de maior efeito osmótico nas raízes, o que, segundo Paulus et al. (2010), pode estar associado à menor absorção de nutrientes como o (N) e à consequente diminuição da massa seca da parte aérea.

A inibição de ganho de matéria seca da parte aérea das plantas pode estar relacionada à elevada concentração de íons (CE) na solução nutritiva (Tabela 3), que induz um estresse osmótico, reduzindo a disponibilidade de água, que pode afetar o crescimento da parte aérea pela redução da expansão foliar. (TAIZ et al., 2017; BASÍLIO et al., 2018).

A massa seca da parte aérea (MSPA) em função das declividades de condução da cultura e taxas de diluição do biofertilizante foi ajustada ao modelo polinomial quadrático (Figura 16). Na taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, o valor encontrado foi de 0,40 g planta⁻¹ de MSPA na declividade de 4,2%. A taxa de diluição do biofertilizante de 1:3, na declividade de 3,6%, proporcionou melhores incrementos, apresentando o valor de 0,44 g planta⁻¹ de MSPA. Já para taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, o valor foi de 0,43 g planta⁻¹ de MSPA, na declividade de 4,1%.

Figura 16 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



A avaliação da massa seca da parte aérea é um importante parâmetro, pois de acordo com Crusciol et al. (2007), o aumento da MSPA tem relação com o maior teor de (N) total nas folhas, pois esse nutriente aumenta o teor de clorofila, o índice de área foliar e, níveis de

fotossíntese líquida, que resulta em maior acúmulo de matéria seca. O que corrobora com os teores encontrados de MSPA nas taxas de diluição do biofertilizante, que de acordo com a (Tabela 5), o (N) se apresentou em baixa quantidade em todas as taxas da solução nutritiva.

Segundo Viana e Kiehl (2010), o potássio estimula o aproveitamento do nitrogênio possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente a sua produtividade, sejam aumentadas. Isto pode explicar os resultados obtidos na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3, que apresentou a maior quantidade deste nutriente (Tabela 4) e maior incremento na MSPA.

A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:3 proporcionaram maiores incrementos no ciclo 1 de cultivo, enquanto que a taxa de 1:4 no ciclo 2 de cultivo apresentou superioridade em torno de (11,7%) em relação às demais taxas de diluição do biofertilizante (Tabela 10). O ciclo 2 de cultivo obteve superioridade em todas as taxas da solução nutritiva, já no ciclo 1 apenas a taxa de 1:2 se apresentou superior.

Os baixos valores de produção observados no experimento em questão, quando comparados com outras técnicas de manejo, podem ser atribuídos aos baixos teores de elementos da solução nutritiva como a lenta liberação destes, pelo biofertilizante, uma vez que culturas de ciclo curto exigem nutrição mineral prontamente disponível (DIAS et al., 2009).

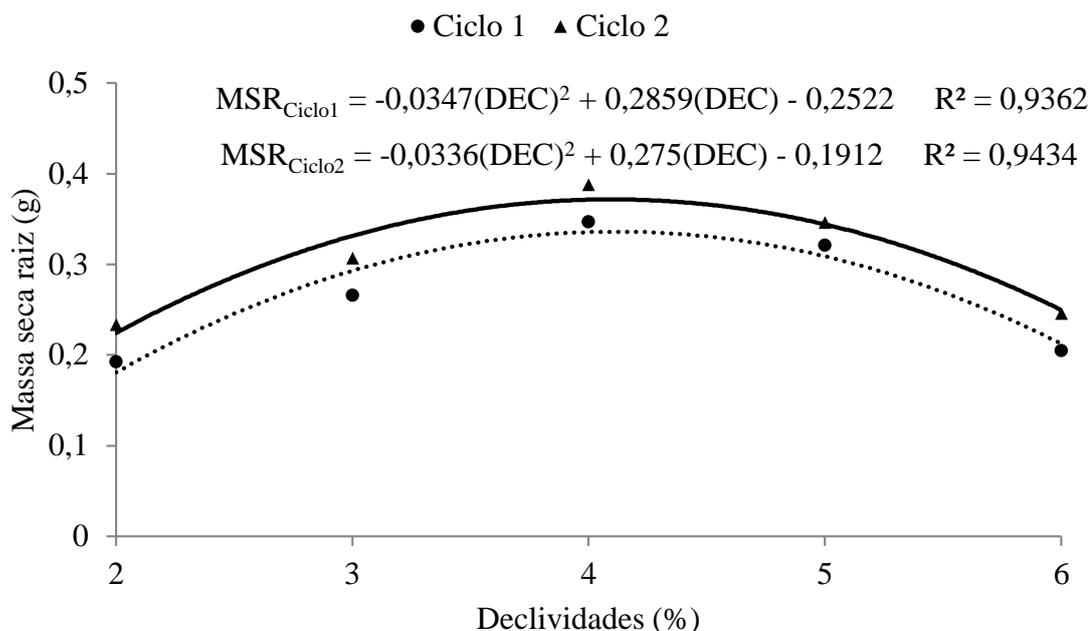
Tabela 10 - Teste de média de massa seca da raiz (MSR) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021

Ciclos	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2	1:3	1:4
	MSR (g planta ⁻¹)		
1	0,2985 aA	0,2707 bA	0,2289 bB
2	0,2739 aB	0,3016 aB	0,3370 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si.

Ao se analisar o efeito das declividades das calhas de condução da cultura em função das épocas de cultivo sobre a MSR, por análise de regressão, constatou-se que o modelo que melhor foi ajustado aos dados foi o polinomial quadrático (Figura 17). No ciclo 1 de cultivo, o valor encontrado foi de 0,34 g planta⁻¹ de MSR, na declividade de 4,1%. A MSR atingiu o valor máximo de 0,37 g planta⁻¹ na declividade de 4,1%, no ciclo 2 de cultivo da rúcula.

Figura 17 - Massa seca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo

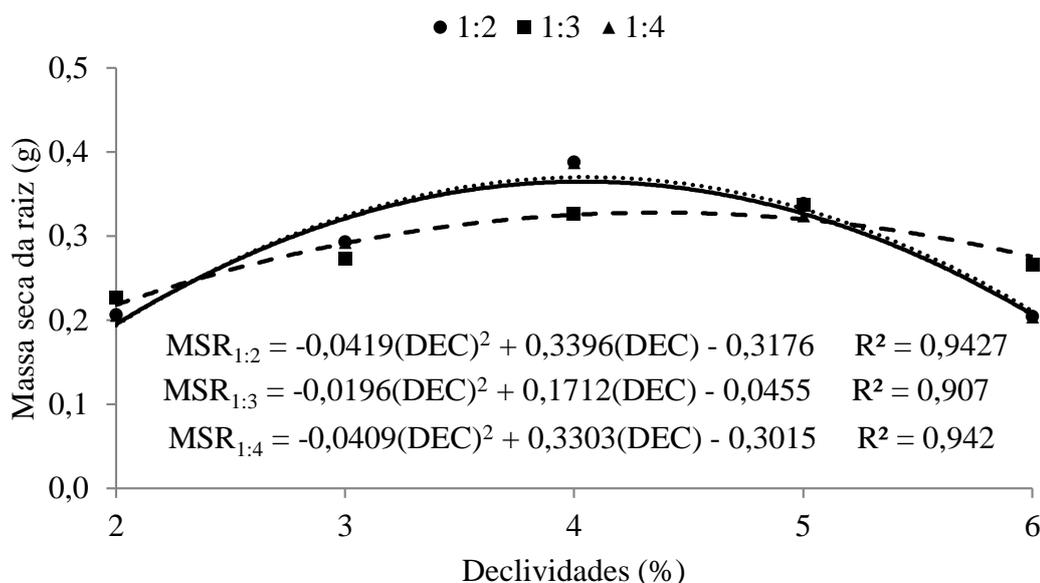


Nas declividades de 2 e 6%, verificou-se menor MSR, o que pode estar ligado a um menor desenvolvimento radicular, que pode ser justificado pelo maior efeito osmótico, conforme Paulus et al. (2010), ocasionado pelo maior tempo de permanência das soluções na declividade de 2%, dificultando a oxigenação. Já a maior velocidade de escoamento no nível de declividade de 6%, pode ter promovido um aumento no potencial osmótico.

A massa seca está associada a uma soma de fatores, tais como altura de planta, número de folhas e área foliar, as quais podem expressar o estado nutricional das plantas, uma vez que estão relacionadas aos teores de nutrientes presentes na massa seca das plantas de rúcula. Medeiros et al. (2007), trabalhando com biofertilizante, observaram na produção de mudas de alface incremento na massa seca do sistema radicular.

A massa seca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e das taxas de diluição do biofertilizante obteve melhor ajuste a um modelo polinomial quadrático (Figura 18). A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, na declividade da calha de condução de 4%, proporcionou melhores incrementos, apresentando o valor de 0,37 g planta⁻¹. Já para taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 foi encontrado o valor de 0,33 g planta⁻¹ na declividade de 4,4%. O valor de 0,37 g planta⁻¹ foi encontrado na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, na declividade de 4%.

Figura 18 - Massa seca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



O máximo valor encontrado de $0,37 \text{ g planta}^{-1}$ é inferior em 89,7% ao encontrado por Jardina et al (2017), que obtiveram para rúcula semi-hidropônica o valor de $3,61 \text{ g planta}^{-1}$ de MSR. Isto pode estar relacionado com os nutrientes fornecidos pela solução nutritiva, que não supriram as necessidades nutricionais da cultura e conseqüentemente reduziu o acúmulo de MSR.

Silva et al. (2013), estudando a tolerância da rúcula a salinidade ($1,5$ a $11,5 \text{ dS m}^{-1}$) da solução nutritiva, observaram que a produção de massa seca de raiz, reduziu linearmente com uma perda de MSR na ordem de $0,07 \text{ g}$ por dS m^{-1} . O tamanho do sistema radicular influencia diretamente na capacidade de absorção dos nutrientes e, neste trabalho, as raízes apresentaram-se em tamanho reduzido se comparadas com Silva et al. (2013), que avaliaram a MSR em função da CE da solução nutritiva no cultivo de rúcula, obtiveram o valor máximo de $2,5 \text{ g planta}$.

5.3.7 Produtividade

A análise comparativa de médias pelo teste de Tukey é apresentada na Tabela 11, para produtividade em função das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante e ciclos de cultivo. A PROD em função das taxas de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:3 não diferiam estatisticamente e proporcionaram maiores incrementos no ciclo 1 de cultivo, enquanto que a PROD em função da taxa de 1:4 no ciclo 2 de cultivo apresentou

superioridade em relação às demais, com o valor de 294,62 kg ha⁻¹. O ciclo 2 de cultivo foi superior em relação ao ciclo 1.

Oliveira Filho et al. (2020), ao avaliarem o biofertilizante como solução nutritiva para produção de alface hidropônica, observaram a maior produção da parte comercial (43,0 g planta⁻¹) no tratamento de biofertilizante + 75% de solução mineral e produtividade inferior quando o biofertilizante não foi enriquecido com solução mineral. Esses resultados demonstram que a aplicação de biofertilizante, como fonte de nutrientes em hortaliças, é uma alternativa que traz benefícios para o seu desenvolvimento, porém, cada cultivar pode responder de forma distinta, dependendo da sua necessidade e sistema de produção.

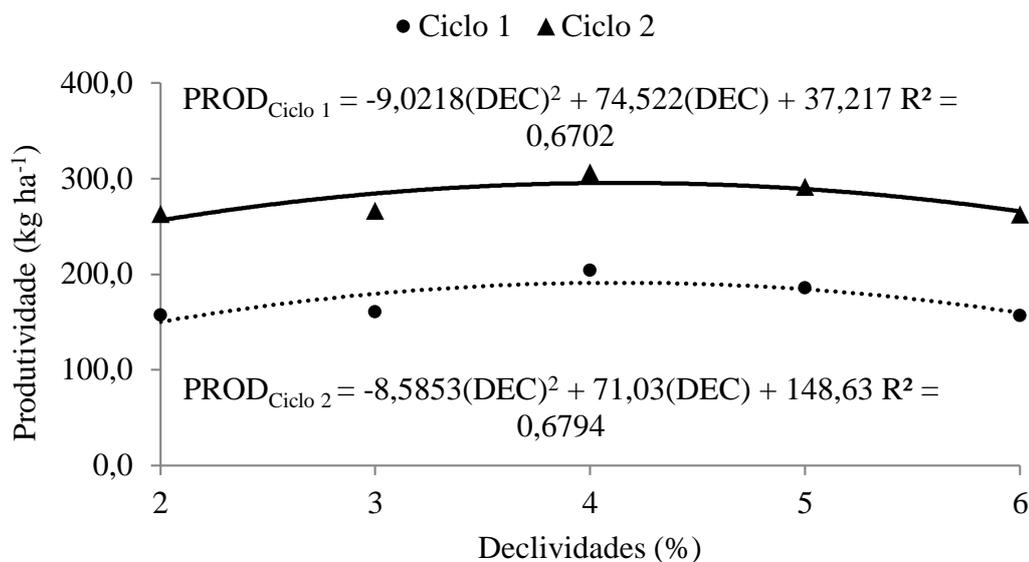
Tabela 11 - Teste de média de produtividade (PROD) da rúcula em função dos ciclos de cultivo e das soluções nutritivas de acordo com as taxas de diluição do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2021

Ciclos	Taxas de diluição do biofertilizante		
	1:2	1:3	1:4
	PROD (kg ha ⁻¹)		
1	181,3667 bA	180,6167 bA	156,7500 bB
2	255,9167 aC	284,1167 aB	294,6167 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si.

Ao analisar o efeito das declividades das calhas de condução da cultura em função das épocas de cultivo sobre a produtividade (PROD), por análise de regressão, constatou-se que os dados foram ajustados ao modelo polinomial quadrático (Figura 19). A PROD para o ciclo 1 de cultivo foi encontrado o valor de 191,11 kg ha⁻¹ na declividade de 4,1%. O valor máximo de 295,55 kg ha⁻¹ foi apresentado na declividade da calha de condução da cultura de 4,1%, no ciclo 2 de cultivo.

Figura 19 - Produtividade (PROD) em função das declividades das calhas de condução da cultura e ciclos de cultivo

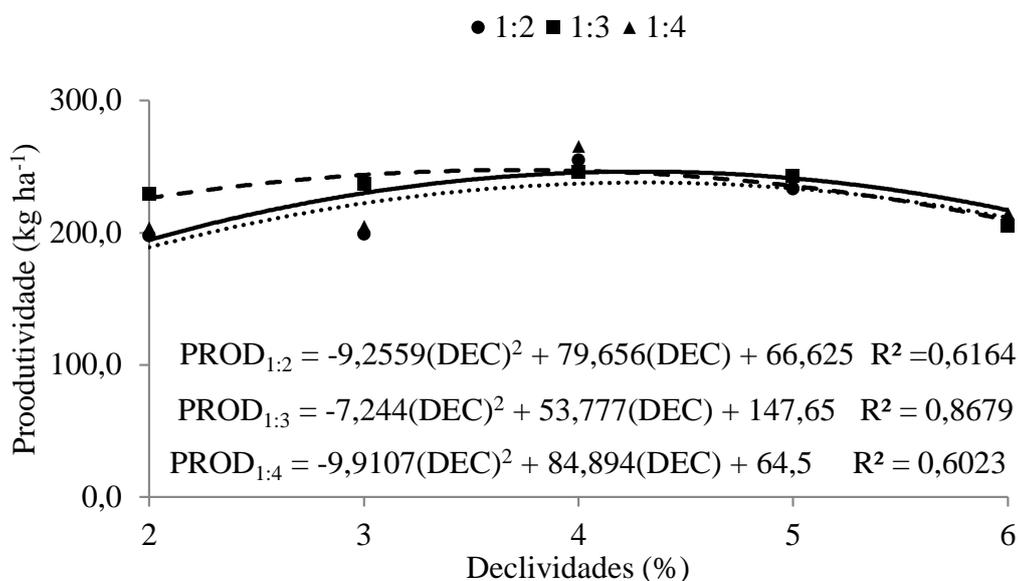


Observou-se maiores incrementos em PROD no ciclo 2 de cultivo em declividade de 4,1%. Tal resultado pode estar relacionado ao teor de água nas folhas, que pode não ter sido afetado pelo nível de declividade. Como as folhas compõem a maior parte da planta, isso contribui diretamente na massa fresca da parte aérea e consequentemente contribuiu para a produtividade.

Neste trabalho foram observadas folhas menores e rijas em ambos os ciclos de cultivo, porém no ciclo 1 de cultivo foi mais perceptível, contribuindo para a queda de produtividade, possivelmente associado às maiores temperaturas deste período (Tabela 1). De acordo com Filgueira (2008), a rúcula demonstra uma boa adaptação ao cultivo em épocas com maiores temperaturas, propiciando um incremento em produtividade, mas até certos limites de temperaturas.

A produtividade (PROD) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante foi ajustada ao modelo polinomial quadrático (Figura 20). Na taxa de diluição do biofertilizante de 1:2 foi encontrado o valor de 238,00 kg ha⁻¹ na declividade de 4,3%. Já para taxa de diluição de 1:3, o valor foi de 247,46 kg ha⁻¹ na declividade de 3,7%. A taxa de diluição do biofertilizante de 1:4 na declividade de 4,3% proporcionou melhores incrementos, apresentando o valor de 246,30 kg ha⁻¹.

Figura 20 - Produtividade (PROD) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



A produtividade da rúcula (246,30 kg ha⁻¹) pode ter tido uma redução em decorrência dos nutrientes fornecidos pelas taxas de diluição (Tabela 4). De acordo com Fernandes et al. (2011), o uso de fertilizantes orgânicos na solução nutritiva pode ser viável desde que seja complementada com solução mineral convencional, para complementação nutritiva. Embora o biofertilizante contenha a composição semelhante à da solução mineral, este não disponibiliza totalmente seus nutrientes, estando em uma parte insolúvel e, conseqüentemente, indisponível para o vegetal.

A produtividade de 0,0141 kg ha⁻¹, encontrada por Jardina et al. (2017) em sistema semi-hidropônico, foi inferior ao valor máximo encontrado neste trabalho. O que pode ser um indicativo de efeitos positivos do biofertilizante.

Oliveira Filho et al. (2020) trabalhando com sistema hidropônico em que a água é agente de sustentação e promotora das relações nutricionais com a rizosfera das plantas, verificaram que o fósforo pode ficar indisponível pelo fato de só poder ser fixado em ligações insolúveis. Esse processo é dependente da vida microbiana do meio, que é bastante estimulada em estrutura do tipo solo (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2018), sendo o sistema hidropônico, um ambiente que dificulta a vida microbiana entre os organismos causando deficiência nutritiva, o que justifica a utilização de fertilizantes minerais.

Além do fósforo, o fornecimento de doses adequadas de N favorece o crescimento da parte aérea das plantas e, para as hortaliças folhosas como a rúcula, este nutriente confere efeito direto na produtividade (FILGUEIRA, 2013). O nitrogênio contribui para o aumento da

produtividade das culturas por promover a expansão foliar e o acúmulo de massa (AQUINO et al., 2006).

O fato de utilizar-se fertilizante orgânico em sistema hidropônico não significa que os benefícios da matéria orgânica vão ser pronunciados, pois de acordo com Oliveira Filho et al. (2020), falta ao sistema hidropônico à estrutura granulométrica para garantir a vida microbiana responsável pela mobilização de nutrientes.

5.4 Cultivo do Agrião

5.4.1 Altura e número de folhas

A altura de plantas (ALT) teve influência da interação entre as taxas de diluição do biofertilizante e a declividade das calhas de condução da cultura, já o número de folhas (NF) teve influência dos tratamentos isolados (Tabela 12).

Tabela 12 - Resumo das análises de variância da altura e número de folhas de agrião em função das taxas de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021

FV	GL	ALT	NF
Taxas de diluição (Ta)	2	324,24339**	352,62222**
Resíduo (A)	33	9,33505	37,66111
Declividades (Tb)	4	215,73069**	2047,96667**
Int. Ta x Tb	8	27,14728*	59,40000 ^{ns}
Resíduo (B)	132	11,94417	43,84040
Total	179	-	-
CV (A) (%)	-	14,19	20,17
CV (B) (%)	-	16,05	21,76

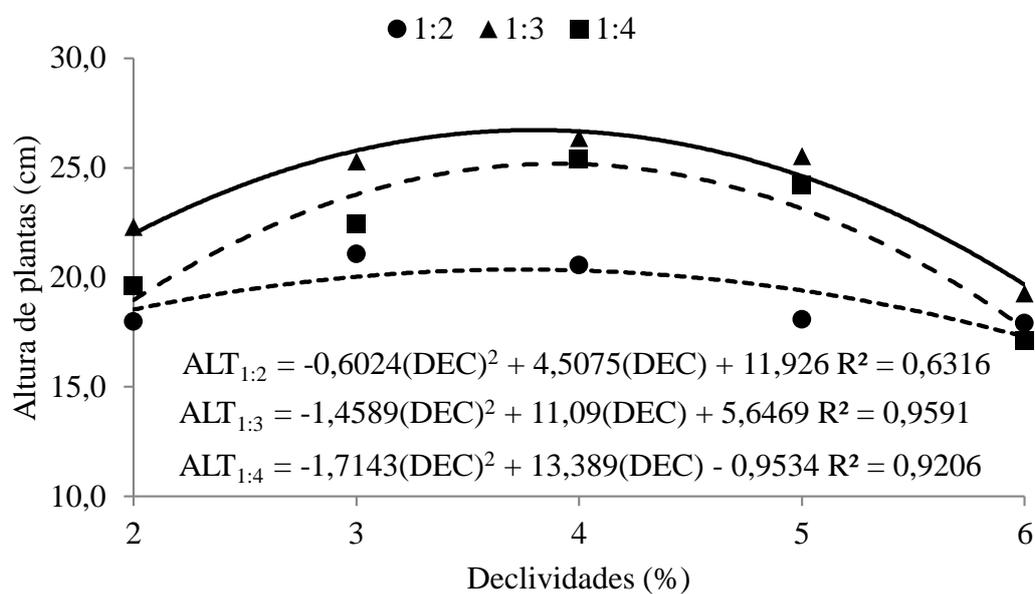
**significativo a 1%; *significativo a 5% pelo teste F; ^{ns} - não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

5.4.2 Altura de plantas

A altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e das taxas de diluição do biofertilizante obteve melhor ajuste a um modelo polinomial quadrático, para todas as taxas de diluição (Figura 21). A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, na declividade da calha de condução de 3,74%, apresentou o valor de 20,36 cm. Já para

taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 foi encontrado o valor de 26,72 cm, na declividade de 3,80%. O valor de 25,19 cm foi verificado na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, na declividade de 3,91%.

Figura 21 - Altura de plantas (ALT) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



A taxa de diluição da solução nutritiva de 1:3 foi a que apresentou a máxima altura, ultrapassando a faixa de comercialização fornecida pelo fabricante, entre 10 e 20 cm de comprimento (ISLA, 2002). A máxima ALT encontrada nesta taxa de diluição pode ter relação com a maior concentração de nutrientes encontrados na taxa de 1:3 da solução (Tabela 4). Lira et al (2018), ao avaliarem a mesma cultivar em solo, alcançaram a máxima ALT de 25,6 cm, valor inferior ao encontrado neste trabalho sob sistema hidropônico, demonstrando a relevância positiva do sistema na produção de hortaliças.

As menores ALT foram encontradas nas declividades de 2% e 6%, o que pode estar relacionado com o maior tempo de permanência das soluções nutritivas na declividade de 2%, que pode ter promovido um aumento na CE da solução. O maior tempo de escoamento das soluções nutritivas na declividade de 2% aumenta a salinidade da água e promove acréscimos na condutividade elétrica da solução e no potencial osmótico (MENDONÇA, 2020). Já na declividade de 6% existe uma maior velocidade de escoamento que, ainda conforme o autor, indica que quanto maior a velocidade do escoamento, menor é o estresse osmótico.

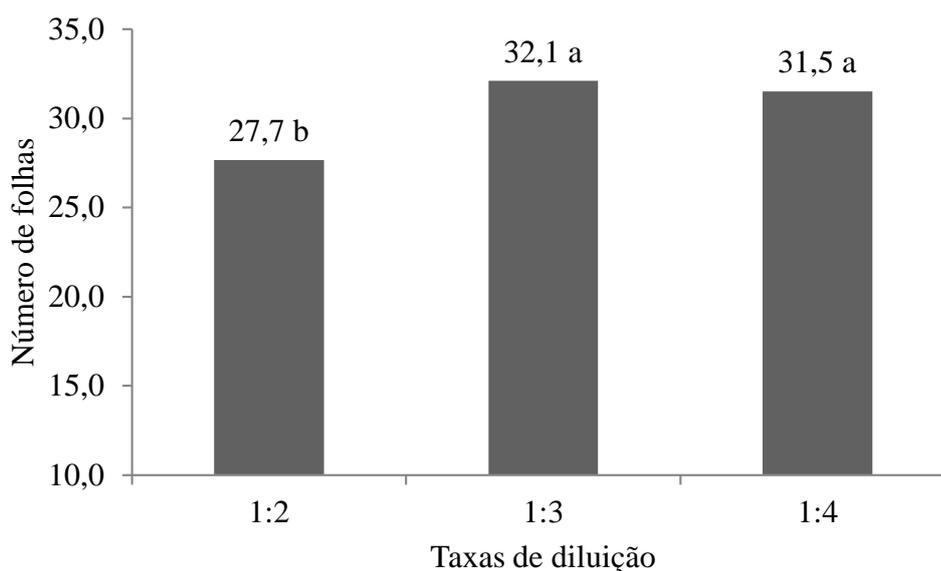
Hirata e Hirata (2015), ao avaliarem plantas de agrião sob diferentes sombreamentos encontraram a máxima ALT de 25,6 cm sob telado. O valor encontrado pelos autores é

inferior ao encontrado neste trabalho, onde também fez uso de tela de sombreamento e obteve a máxima ALT de 26,72 cm.

5.4.3 Número de folhas

O número de folhas em função das diluições do biofertilizante apresentou o maior NF nas taxas de diluição do biofertilizante de 1:3 e 1:4, com o valor de 32,1 e 31,5, respectivamente (Figura 22).

Figura 22 - Número de folhas (NF) em função das taxas de diluição do biofertilizante



Este resultado é reflexo da análise da composição nutritiva das soluções (Tabela 4), e é importante, uma vez que as folhas são o produto comercial das plantas de agrião. As taxas de diluição afetaram positivamente o NF por planta, indicando que a cultura é uma opção vantajosa para obtenção de folhas quando se faz uso de biofertilizante em hidroponia, pois as plantas avaliadas em todas as taxas de diluição do biofertilizante não produziram sintomas deletérios à qualidade visual. A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, que possui maior proporção de biofertilizante, ocasionou uma redução em NF de 13,7% em relação às demais taxas utilizadas. Isto pode estar relacionado à quantidade de fósforo fornecido por esta taxa (Tabela 4). De acordo com Ripley et al. (2004), a deficiência de fósforo reduz a fotossíntese por afetar negativamente o número e tamanho das folhas, reduzindo a área foliar necessária a uma maior captação da radiação fotossinteticamente ativa.

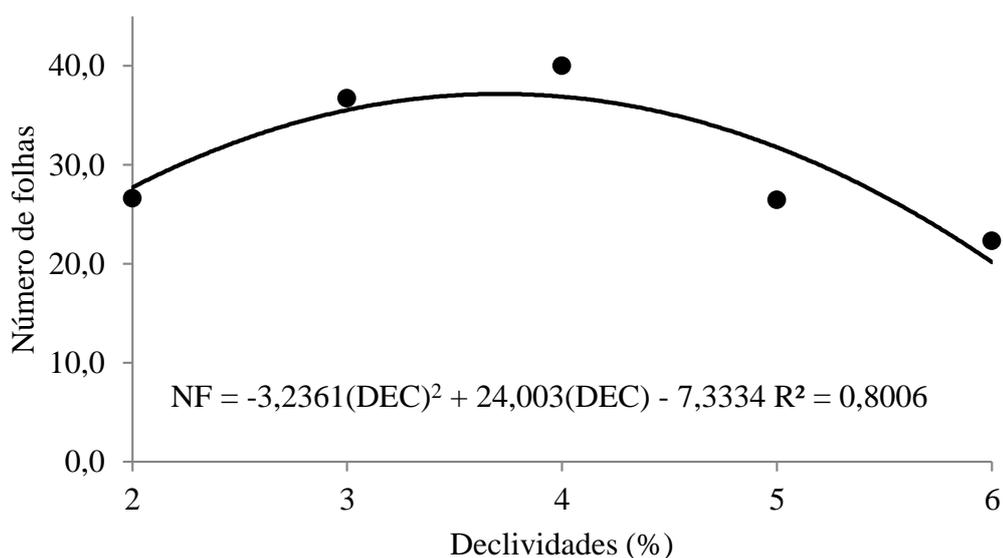
Matos et al. (2016), ao avaliarem o desempenho da rúcula Folha Larga submetida a doses de fósforo, encontraram o máximo NF (29 folhas) na dose de 47,1 mg L⁻¹ e no

tratamento com omissão de P, o NF foi 10. Isto indica que provavelmente a quantidade de P fornecido pelas taxas de diluição do biofertilizante podem ter sido um fator limitante na produção de folhas de agrião.

Koetz et al. (2012) também observaram que o incremento das doses de fósforo culminou no aumento do número de folhas de plantas de rúcula quando comparado a produção na ausência de adubação fosfatada. Resultado diferente foi encontrado por Oliveira Filho et al (2020), ao avaliarem folhas das plantas de alface em sistema hidropônico NFT submetidas a diferentes formulações de fertilizante organomineral. Os autores notaram resposta crescente das folhas à medida que se aumentou as concentrações de biofertilizante.

Os dados de número de folhas em função das declividades das calhas de condução da cultura foram ajustados ao modelo polinomial de ordem 2 (Figura 23). O máximo NF foi verificado na declividade de 3,71% com valor de 37,18.

Figura 23 - Número de folhas (NF) em função das declividades das calhas de condução



O menor NF do agrião nas declividades de 2%, 5% e 6% podem ter sido influenciados pela dificuldade de absorção de nutrientes. Em nível de 2% da declividade pode não ocorrer oxigenação suficiente na solução nutritiva, acarretando em estresse nas plantas, assim como nas maiores velocidades de escoamento nos níveis de 5% e 6%. Canastra (2017) relata que em altas declividades, a velocidade de escoamento é elevada e isto reduz a absorção de nutrientes em função do menor tempo de contato da solução nutritiva com o sistema radicular.

5.4.4 Massa fresca, massa seca da parte aérea e da raiz e produtividade

De acordo com o resumo da análise de variância aplicada aos dados de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD) (Tabela 13), observou-se que a MFPA, MFR, MSPA, MSR e PROD tiveram influência das taxas de diluição do biofertilizante e declividade das calhas de condução da cultura. Na MFPA, MSPA e PROD não houve significância na interação entre taxas da solução nutritiva e declividades das calhas de condução.

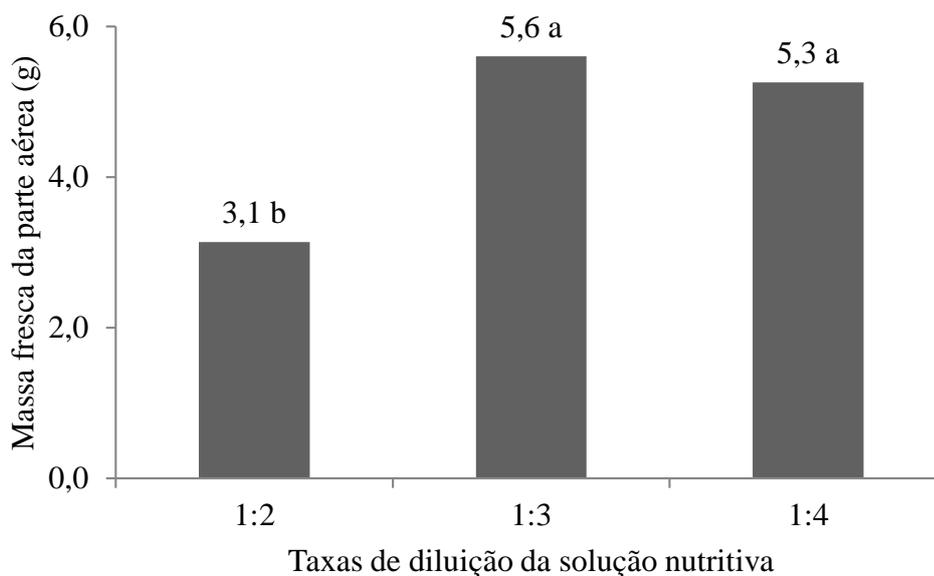
Tabela 13 - Resumo das análises de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e produtividade (PROD) do agrião em função das taxa de diluição do biofertilizante e declividades das calhas de condução da cultura. Redenção, Ceará, 2021.

FV	G	MFPA	MFR	MSPA	MSR	PROD
	L	(g planta ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)			
Taxas de diluição (Ta)	2	26,6954**	70,6464**	0,1395**	2,1537**	1668462,126**
Resíduo (A)	6	0,1981	2,2157	0,0010**	0,0675	12380,626
Declividades (Tb)	4	1,8644**	11,1651**	0,0098**	0,3404**	116523,5264**
Int. Ta x Tb	8	0,01812 ^{ns}	0,2414*	0,00009 ^{ns}	0,00738*	1132,6733 ^{ns}
Resíduo (B)	24	0,06513	1,4394	0,00034	0,04388	4070,741
Total	44	-	-	-	-	-
CV (A) (%)	-	9,54	19,39	9,54	19,39	9,54
CV (B) (%)	-	5,47	15,63	5,47	15,63	5,47

**significativo a 1%; *significativo a 5% pelo teste F; ^{ns} - não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

5.4.5 Massa fresca da parte aérea e raiz

A massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das taxas de diluições do biofertilizante de 1:3 e 1:4 apresentaram os maiores valores de 5,6 e 5,3 g planta⁻¹ (Figura 24).

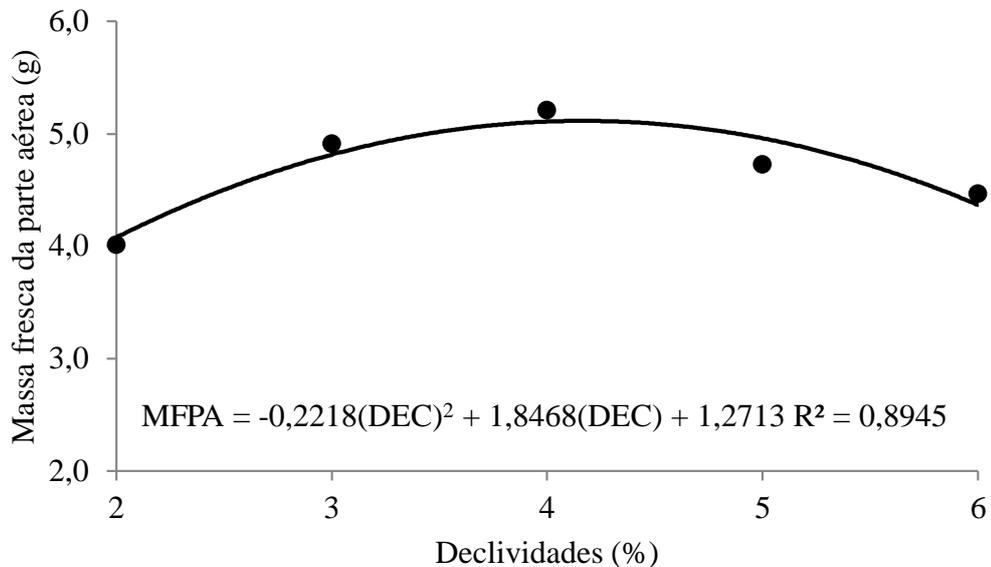
Figura 24 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) do agrião em função das taxas de diluição do biofertilizante

O menor desenvolvimento da parte aérea das plantas, na solução nutritiva com taxa de diluição de 1:2 provavelmente se deve ao menor teor de nutrientes, conforme apresentado na (Tabela 4). Isto demonstra que possivelmente o uso de biofertilizante pode ter contribuído para redução da produção de MFPA.

Santos et al. (2020), ao avaliarem a rúcula submetida a diferentes concentrações de água de reuso em sistema hidropônico, obtiveram o menor valor de 19,23 g planta⁻¹ na maior concentração de água de reuso e 30,78 g planta⁻¹ na testemunha. Resultado semelhante foi encontrado neste trabalho, em que a taxa de diluição com maior concentração de biofertilizante apresentou menor valor de MFPA.

Os dados de massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução da cultura foram ajustados ao modelo polinomial de ordem 2 (Figura 25). A máxima MFPA foi verificada na declividade de 4,16% com valor de 5,12 g planta⁻¹.

Figura 25 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das declividades das calhas de condução



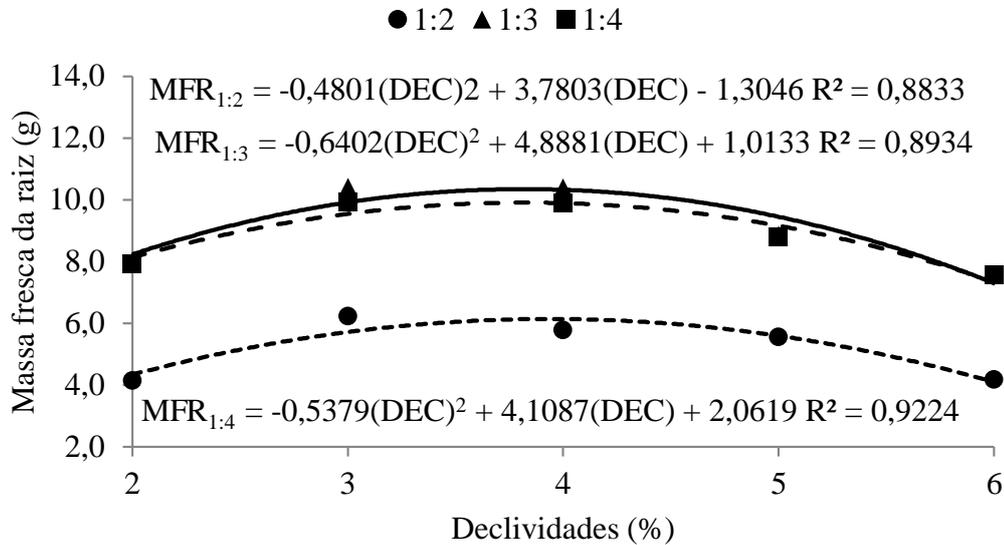
O menor valor de MFPA na declividade de 2% ocorreu, provavelmente, porque neste nível, a solução tende a permanecer um maior tempo no canal de cultivo, podendo provocar aquecimento da solução e conseqüentemente reduzir a oxigenação. Furlani et al. (2009) relatam que a aeração adequada da solução nutritiva é um fator bastante importante quando se usa irrigação contínua, evitando deficiência de oxigênio no sistema radicular. Resultado semelhante foi relatado por Araújo et al. (2018), ao avaliarem o efeito da declividade de bancada sobre a produção de alface, concluíram que, para MFPA, a declividade 4% e 5% foram superiores.

A qualidade comercial do agrião é determinada pela aparência e tamanho das folhas. Essas características estão diretamente relacionadas à MFPA. Apesar de a variável ter sofrido efeito significativo da declividade, como também ter apresentado menores valores nos níveis de declividades de 2% e 6%, não se detectou presença de sintomas visuais que pudessem comprometer a comercialização do produto.

A massa fresca da raiz (MSR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e das taxas de diluição do biofertilizante foi ajustada ao modelo polinomial quadrático (Figura 26). A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, na declividade da calha de condução de 3,94%, apresentou o valor de 6,14 g planta⁻¹. Já para taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 proporcionou melhores incrementos, apresentando o valor de 10,34 g planta⁻¹ na

declividade de 3,82%. O valor de 9,91 g planta⁻¹ foi encontrado na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, na declividade de 3,82%.

Figura 26 - Massa fresca da raiz (MFR) em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante

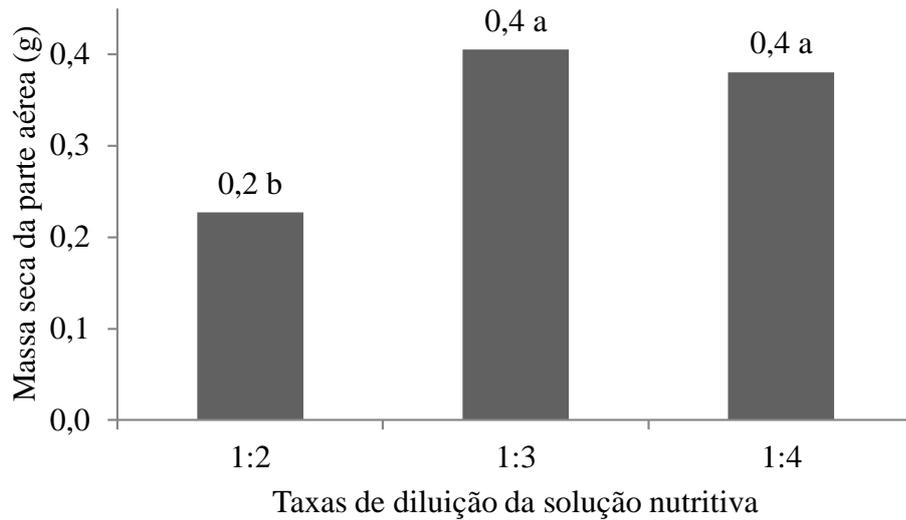


O menor rendimento, encontrado na taxa de 1:2, pode indicar que o uso do biofertilizante com maior concentração na solução nutritiva compromete o acúmulo de MFR, apesar de que, nesta taxa, a presença de nutrientes se apresentou em menores quantidades (Tabela 4). Tal fato pode ter relação com interação iônica entre os nutrientes, acarretando na indisponibilidade. Conforme relatado por Prado (2008), existe uma competição entre os nutrientes, podendo ser favorável quando um íon auxilia a absorção de outro, ou desfavorável quando a absorção de um íon é prejudicada pela presença de outro.

O maior rendimento de MFR foi encontrado na solução nutritiva com taxa de 1:3, sendo a diferença de apenas 4,13% para o valor encontrado na taxa da solução de 1:4, ambos os valores encontrados na declividade de 3,82%. Isso pode estar relacionado com os nutrientes fornecidos pela solução nutritiva (Tabela 4) e a boa aeração encontrada nesta declividade. Em Araújo et al. (2018), ao avaliarem o efeito da declividade de bancada sobre a produção de alface, concluíram que para MFR a declividade 4% e 5% foram superiores.

5.4.6 Massa seca da parte aérea e raiz

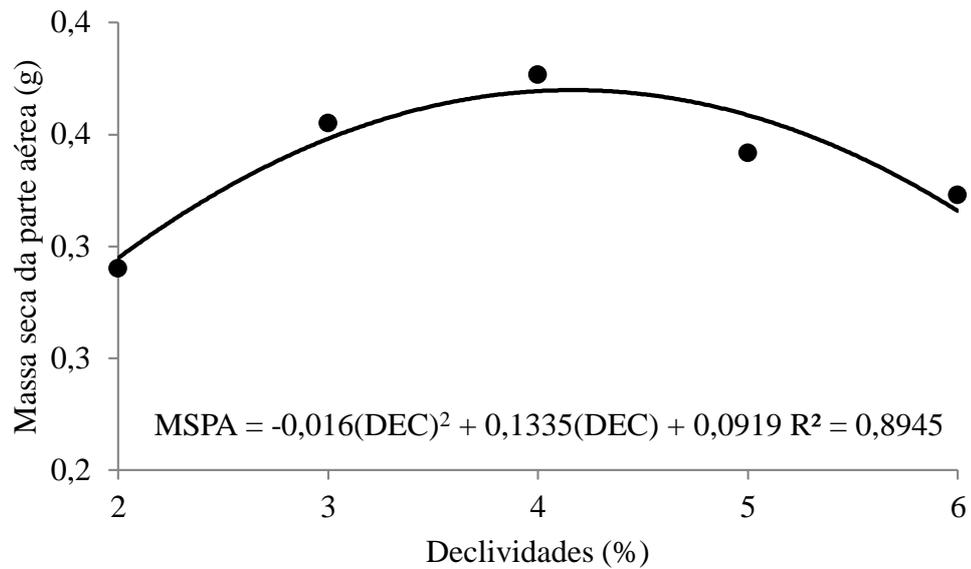
Na Figura 27, verifica-se que a massa seca da parte aérea (MSPA) em função das taxas de diluição do biofertilizante apresentou os maiores valores na taxa de 1:3 e 1:4, com o valor de 0,4 g planta⁻¹.

Figura 27 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das taxas de diluição do biofertilizante

Para essa variável, o maior valor encontrado (0,4 g) foi 43,9% superior a menor média observada (0,2 g) com a aplicação da solução nutritiva na taxa de 1:2. A redução na MSPA pode estar associada à menor absorção de nutrientes (PAULUS et al., 2010). A inibição de ganho de matéria seca da parte aérea das plantas pode estar relacionada à concentração de íons (CE) na solução nutritiva (Tabela 3), que pode induzir um estresse osmótico, reduzindo a disponibilidade de água, que pode afetar o crescimento da parte aérea pela redução da expansão foliar (TAIZ et al., 2017; BASÍLIO et al., 2018).

Os dados de massa seca da parte aérea em função das declividades das calhas de condução da cultura foram ajustados ao modelo polinomial de ordem 2 (Figura 28). O máximo valor de MSPA de $0,37 \text{ g planta}^{-1}$ foi verificado na declividade de 4,17%.

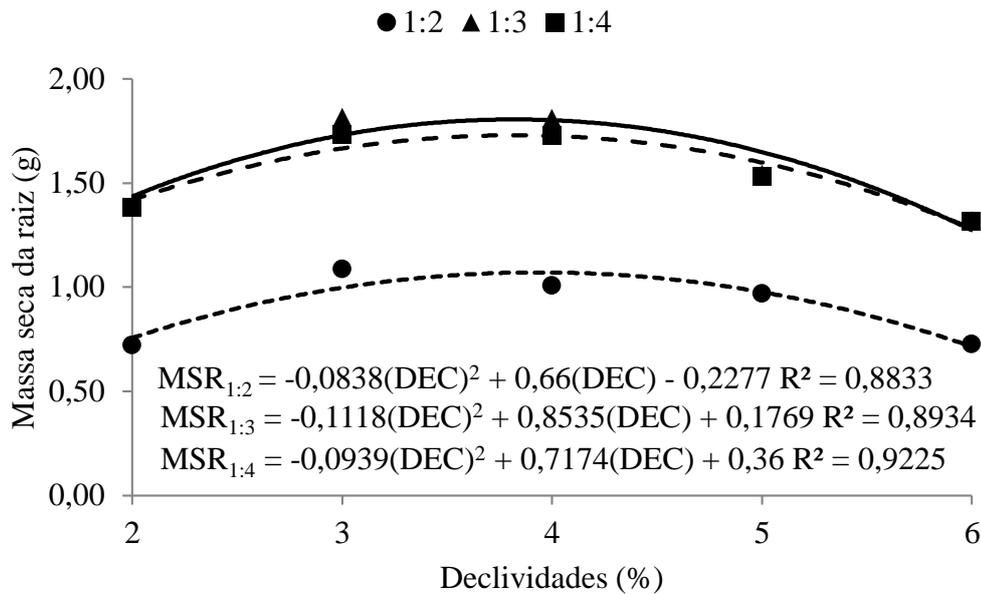
Figura 28 - Massa seca da parte aérea (MSPA) do agrião em função das declividades das calhas de condução



Na declividade de 2% verificou-se menor desenvolvimento radicular. Isto pode ter ocasionado um efeito osmótico, que conforme Paulus et al. (2010), é ocasionado pelo maior tempo de contato das raízes com as soluções e pode estar associado à menor absorção de nutrientes como o N, e à consequente diminuição da massa seca da parte aérea.

A massa seca da raiz (MSR), em função das declividades das calhas de condução da cultura e das taxas de diluição do biofertilizante, foi ajustada ao modelo polinomial quadrático (Figura 29). A taxa de diluição do biofertilizante de 1:2, na declividade da calha de condução de 3,94%, apresentou o valor de 1,07 g planta⁻¹. Já para a taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 foi encontrado o valor de 1,81 g planta⁻¹ na declividade de 3,82%. O valor de 1,73 g planta⁻¹ foi encontrado na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, na declividade de 3,82%.

Figura 29 - Massa seca da raiz (MSR) do agrião em função das declividades das calhas de condução da cultura e taxas de biofertilizante



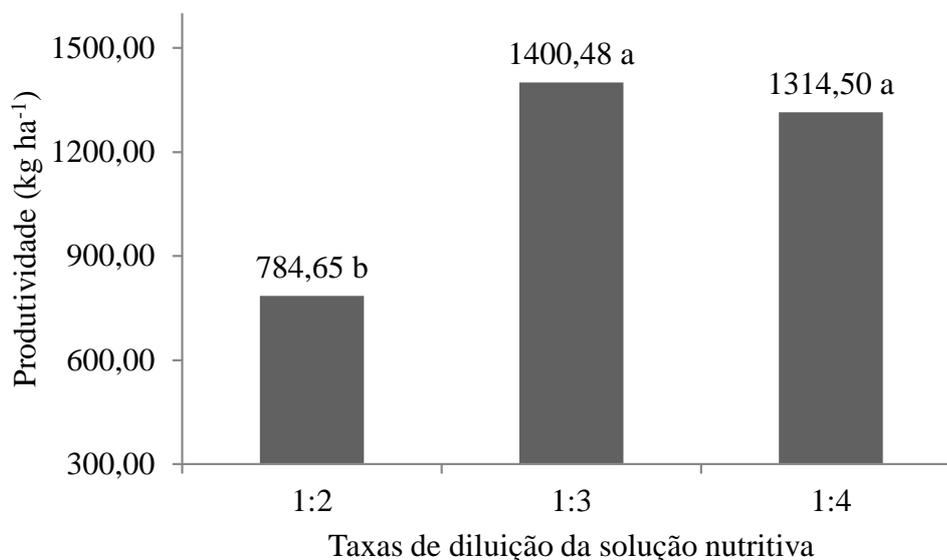
O valor máximo de MSR foi superior ao encontrado por Souza et al. (2020) de $0,57 \text{ g planta}^{-1}$ em agrião para CE de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ e tempo de circulação da solução nutritiva de 15 min. Este resultado pode ter relação com a menor concentração de íons, pois de acordo com Taiz et al. (2017) e Basílio et al. (2018), a redução da CE pode induzir um estresse osmótico e consequentemente afetar o crescimento do sistema radicular.

Os decréscimos observados na produção da matéria seca da taxa de diluição da solução nutritiva de 1:2 podem ter sido ocasionados pela alta disponibilidade de Fe ($35,31 \text{ mg L}^{-1}$). De acordo com Laurett et al. (2017), a recomendação de Fe para produção de rúcula hidropônica, hortaliça de mesma família do agrião, é de $5,18 \text{ mg L}^{-1}$. Já Mendonça (2020), ao avaliar o cultivo de alface em hidroponia e aquaponia, em diferentes declividades do sistema NFT, verificou que os maiores valores estimados de MSR foram encontrados em declividades de 7,8 e 9,7%. Neste trabalho, o maior nível de declividade (6%) apresentou menores valores de MSR, corroborando com Canastra (2017), que relata que, em altas declividades, a velocidade de escoamento é elevada, contribuindo para menor absorção de nutrientes em razão do menor tempo de contato da solução nutritiva com o sistema radicular.

5.4.7 Produtividade

A produtividade (PROD) do agrião em função das taxas de diluição do biofertilizante alcançou os maiores valores nas taxas de 1:3 e 1:4, com os valores de $1400,48$ e $1314,5 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente (Figura 30).

Figura 30 - Produtividade (PROD) do agrião em função das taxas de diluição do biofertilizante

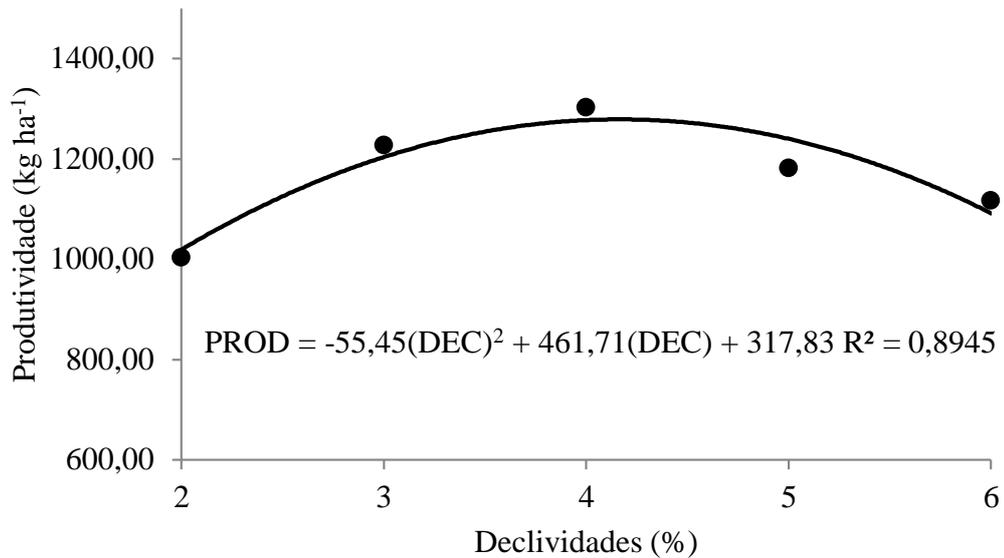


O maior valor de produtividade encontrado é 43,3% superior ao valor observado com a aplicação da solução nutritiva na taxa de 1:2, cuja formulação tem maior quantidade de biofertilizante. Isso pode estar relacionado com os nutrientes fornecidos pelas taxas de diluição da solução nutritiva (Tabela 4), em que a taxa de 1:2 apresentou menores quantidades de nutrientes.

A cultura do agrião é vantajosa em relação a outras folhosas quando se trata de produção em hidroponia, pois permite a realização de inúmeras colheitas parciais ao longo do tempo. Por mais que ocorram reduções na produção em consequência dos níveis de nutrientes, pode-se prolongar o tempo de cultivo para que se explore melhor o potencial produtivo da cultura, até um ponto em que esse prolongamento deixe de ser viável.

Assim, o produtor que dispõe apenas de biofertilizante poderá escolher o momento de substituição das plantas nos perfis hidropônicos, adotando como critério o fator econômico e a qualidade do que está sendo produzido. Os dados de produtividade (PROD) do agrião em função das declividades das calhas de condução da cultura foram ajustados ao modelo polinomial de ordem 2 (Figura 31). A máxima PROD foi verificada na declividade de 4,16% com valor de 1278,95 kg ha⁻¹.

Figura 31 - Produtividade (PROD) do agrião em função das declividades das calhas de condução



Maiores incrementos em PROD podem estar relacionados com NF. Como as folhas compõem a maior parte da planta, isso contribui diretamente na massa fresca da parte aérea e consequentemente contribuiu para a produtividade. Araújo et al. (2018), ao avaliarem o efeito da declividade de bancada sobre a produção de alface, obtiveram maiores incrementos de produção na declividade 4% e 5%.

Durante todo o experimento, as plantas de agrião não apresentaram sintomas relacionados ao ataque de pragas ou doenças, o que pode ter contribuído para a produtividade obtida. Provavelmente, passou por estresse causado por baixa oxigenação da solução na declividade de 2% e possível redução na absorção de nutrientes em decorrência da velocidade de escoamento na taxa de 6%, mas isto não impediu de forma drástica que as plantas não continuassem a produzir e se desenvolver.

6 CONCLUSÃO

O sistema alternativo de hidroponia desenvolvido com colmos de bambu proporcionou a produção de rúcula e agrião;

As taxas de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:4, como solução nutritiva, promoveram os resultados mais satisfatórios para a maioria das variáveis analisadas no cultivo da rúcula, alcançando uma produtividade máxima de $295,55 \text{ kg ha}^{-1}$, na taxa de diluição do biofertilizante de 1:4, no ciclo 2 de cultivo.

As taxas de diluição do biofertilizante 1:3 e 1:4, como solução nutritiva, promoveram os resultados mais satisfatórios para maioria das variáveis analisadas no cultivo do agrião, alcançando o valor máximo de produtividade de $1400,48 \text{ kg ha}^{-1}$, na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3.

A declividade da calha de condução que proporcionou maiores incrementos em ambas as culturas ficou entre 3,5% e 4,5%, alcançando a máxima produtividade de $295,55 \text{ kg ha}^{-1}$ na declividade de 4,1%, no ciclo 2 de cultivo da rúcula. Já para o agrião, a máxima produtividade foi encontrada na declividade de 4,16%, com o valor de $1278,95 \text{ kg ha}^{-1}$.

A maximização produtiva da rúcula foi verificada nas taxas de diluição do biofertilizante de 1:2 e 1:3. Para agrião, foi verificado na taxa de diluição do biofertilizante de 1:3 e 1:4. Em ambas as culturas sob nível de declividade entre 3,5 e 4,5%.

REFERÊNCIAS

- ABCSEM. Informações do setor. Disponível em: < <http://www.abcsem.com.br/dadosdo-setor>>. Acesso em 06 mai. 2020.
- AGUIAR, T.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M.; TUCCI, M.; CASTRO, C.. **Boletim: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed., Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), 2014.
- ALVES, R. F.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; FILHO, J. L.; SOUSA, A. J. P.; PAIVA, A. C. C. Desempenho agrônomo da rúcula sob diferentes proporções de jitrana e flor-de-seda em sistema orgânico. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**. Campina Grande PB, v. 8, n. 4, p.107-112, 2012.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999.
- AQUINO, L. A. de.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; LADEIRA, I. R.; CASTRO, M. R. S. Produtividade, qualidade e estado nutricional de beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 199-203. 2006.
- ARAÚJO, O. M. DE.; MOTA, M. C.; DE LIMA JUNIOR, A. F.; MOREIRA, J. M.; DA SILVA, A. P.; ROSA, J. Q. S. Efeito da declividade de bancada sobre a produção de alface. **PUBVET**, v.12, n.7, p.1-4, 2018.
- BARBOSA, R. Z.; ARAÚJO, H. M.; BONFANTE, J. W.; VILLELA JUNIOR, L. V. E. Avaliação de quatro cultivares de agrião cultivado hidroponicamente em garça (SP). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, São Paulo, v. 1, n. 15, p. 1-7, 2009.
- BARBOZA, E. **Adubação nitrogenada para consórcio de alface e rúcula**. 2014. 31 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123740>>.
- BARMAN, M.; PAUL, S.; CHOUDHURY, A. G.; ROY, P.; SEN, J. Biofertilizer as Prospective Input for Sustainable Agriculture in India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 11, p. 1.177-1.186, 2017.
- BASÍLIO, A. D. S.; DE SOUSA, V. L.; DA SILVA, T. I.; DE MOURA, J. G.; GONÇALVES, A. D. M.; DE MELO FILHO, J. S.; DIAS, T. J. Radish (*Raphanus sativus* L.) morphophysiology under salinity stress and ascorbic acid treatments. **Agronomía Colombiana**, v. 36, n. 3, p. 257-265, 2018.
- BEZERRA NETO, E. B.; BARRETO, L. P. As Técnicas De Hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma, v. 8 e 9, p.107-137, 2012.
- BONASIA, A.; LAZZIZERA, C.; ELIA, A.; CONVERSA, G. Nutritional, biophysical and physiological characteristics of wild rocket genotypes as affected by soilless cultivation system, salinity level of nutrient solution and growing period. **Frontiers in plant science**, Austrália, v. 8, n. 15, p. 300-314, 2017.
- BONFIM-SILVA, E. M.; FRIGO, G. R.; BEZERRA, M. D. L.; DOS SANTOS, C. S. A.; SOUSA, H. H. DE F.; DA SILVA, T. J. A. Adubação fosfatada em rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Cerrado Agrociências**, n. 6, p. 1-11, 2015.

- BRANDÃO, Rodolfo Cavalcanti. **Diferentes níveis de salinidade e sua influência sobre a produção de rúcula (educa sativa)**. 2018. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.
- BRASS, F. E. B.; FIGUEIREDO NETO, E.; SARTORI, R. A.; COLOVATO, G. F.; MANCHINI, L. H.; VILELLA JÚNIOR, L. V. E. Cultivo hidropônico de agrião d'água em garça (SP). **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 7, n. 14, p. 1-7, 2008.
- BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; PASSOS, G.; CAZAROTI, E. P. F.; COMETTI, N. N. Efeito da temperatura da solução nutritiva no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em hidroponia. **Horticultura Brasileira** v. 30, n. 2, p. 596-604, 2012.
- CAMPOS, J. E.; SANTOS, J. Á.; MARTINS, J. B.; FRANÇA E SILVA, Ê. F. D.; ALMEIDA, C. D. G. C. D. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 04, p. 1008-1016, 2018.
- CANASTRA, I. I. de O. **Aquaponia: construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático**. 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110688/2/250465.pdf> Acesso em: 12 fev. 2022.
- CANO, M. da P. V. P. **Avaliação do sistema de produção do agrião de água (*Nasturtium officinale*) na empresa VAISA, S.A.** 2019. 83 f. (Dissertação) Curso de Engenharia Agronômica. Universidade de Lisboa, 2019. Disponível em: https://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquin/Nutricao_mineral_diagnose_hortalicas2_ed.pdf. Acesso em: 12 fev. 2022.
- CARDOSO, R. R.; LUZ, J. M. Q.; CAMILO, J. S.; SILVA, M.; ALMEIDA, R. F. Produção hidropônica de *Artemisia absinthium* em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p.1248-1255, 2010.
- CARMELLO, Q. A. C.; ROSSI, Fabrício.; FERREIRA, R. G. S.; FERREIRA, D. G. S.. Hidroponia – solução nutritiva. Viçosa-MG: CPT, 2009.
- CARNEIRO, P.C.F.; NUNES, M.U.C.; MARIA, A.N.; FUJIMOTO, R.Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. Cultivo sem solo hidroponia. Jaboticabal : FUNEP, 1995.
- CASTELLANI, D.; CAMARGO, A.F.M.; ABIMORAD, E.G. Aquaponics: use of the effluent from the secondary nursery of *Macrobrachium amazonicum* for the production of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) and watercress (*Rorippa nasturtium aquaticum*). **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 67-75, 2009.
- CAVARIANNI, R. L.; FILHO, A. B. C.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.; CORRADI, M. M. Nutrient contents and production of rocket as affected by nitrogen concentrations in the nutritive solution. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 6, p.652-658, 2008.
- CHO, W. J.; KIM, H. J.; JUNG, D. H.; KIM, D. W.; AHN, T. I.; SON, J. E. On-site ion monitoring system for precision hydroponic nutrient management. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 146, n. 3, p. 51-58, 2018.

- COMETTI, N. N.; BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; ZANOTELLI, M. F. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 287-292, 2013.
- COSTA, N. E.; RIBEIRO, M. C. C.; LIMA, J. S. S.; CARDOSO, A. A.; OLIVEIRA, G. L. Utilização de biofertilizante na alface para o sistema hidropônico floating. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 41-47, 2006.
- COSTA, P. C.; DIDONE, E. B.; SESSO, P. M.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n.3, p. 595-597, 2001.
- CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.
- CRUZ, A. F. da S.; SOARES, H. R.; ANDRADE, A. R. S.; MORAIS, J. E. F.; ZAMORA, V. R. O.; JADOSKI, C. J.; JADOSKI, S. O.; SANTOS, W. M. dos.; SILVA, M. B. G.; SILVA, E. T.; SILVA, E. G.; SANTOS, J. E. C. C. Produção da Rúcula com adubação orgânica e doses de urina bovina. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e32710716578-e32710716578, 2021.
- CUBA, R. S. **Cultivo hidropônico de alface com água de reúso**. 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/35>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- DALASTRA, C. **Nutrição e produção de alface americana em função da vazão, periodicidade de exposição e condutividade elétrica da solução nutritiva em sistema hidropônico**. 2017. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista (UNESP) – São Paulo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/152065>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- DE FREITAS, K. K. C.; BEZERRA NETO, F.; GRANGEIRO, L. C.; LIMA, J. S. S.; MOURA, K. H. S. Desempenho agrônômico de rúcula sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 3, p. 449-454, 2009.
- DIAS, N. D. S.; NETO, O. N. S.; COSME, C. R.; JALES, A. G. O.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, A. M. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 991-995, 2014.
- DIAS, N. S.; BRITO, A. A. F.; NETO, O. N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Caatinga**, v. 4, n. 22, p. 158-162, dez. 2009.
- DOS SANTOS, J. H.; LOPES, A. R.; DOTTO, M.; LEOPOLDINO, M.; GIAROLA, C. M.; BIOLCHI, R.; PIROLA, K. Desenvolvimento de rúcula com água de reúso em sistema hidropônico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 255-260, 2020.
- DOUGLAS, J. S. Hidroponia. Rio de Janeiro: Nobel, 1991. 143 p.
- FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças em hidroponia em ambiente protegido**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, p. 99-104, 1999.

FAQUIN, V.; FURTINI, N. A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996.

FERNANDES J.D.; MONTEIRO FILHO A. F.; CHAVES L. H. G.; GONÇALVES C.; P. CRUZ M. P. Formulação de biofertilizante utilizando a ferramenta Solver do Microsoft Office. **Revista Verde**, v. 6, n. 4, p. 101-105, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R.. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 421 p. 2013.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. UFV, Viçosa – SP. 2008.

FRANCESANGELI, N.; SANGIACOMO, M. A.; MARTI, H. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 2, p. 135-143, 2006.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC. 30p. 1998. (Boletim Técnico, 168).

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 2009.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L.C-P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. Boletim Técnico IAC, 180.

GONDIM, A. (Ed.). Catálogo Brasileiro de Hortaliças: saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no país. Embrapa Hortaliças: SEBRAE, 2010.

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.11-16, 2011.

GUAZZELLI, M. J. B.; RUPP, L. C. D.; VENTURINI, L. Biofertilizante. Programa de fortalecimento da viticultura familiar da serra gaúcha. Grafisul. Publicação técnica 1, Agosto de 2012.

GUIMARÃES, R. F. B.; NASCIMENTO, R.; RAMOS, J. G.; DE LIMA, S. C.; CARDOSO, J. A. F.; DE MELO, D. F. Acúmulo de fitomassa de cultivares de alface hidropônica submetidas à salinidade. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2141, 2017.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L. D.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1142-1147, 2008.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K. Desempenho produtivo do agrião d'água cultivado em solo sob telas de sombreamento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, p. 895-901, 2015.

HOAGLAND, D.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. **California agricultural experiment station**, v. 347, n. 2, 1950.

HUSSAIN, A.; IQBAL, K.; AZIEM, S.; MAHATO, P.; NEGI, A. K. A review on the science of growing crops without soil (soilless culture) – a novel alternative for growing crops. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 7, n. 11, p. 833-842, 2014.

IAEA. Biofertilizer Technology in Pakistan. Lab to Field: A success story of Biofertilizer Technology for crop nutrients in Pakistan. 2018.

IHLENFELD, R. G. K. **Análise dos impactos dos cenários de mudanças climáticas na produção vegetal na região do planalto norte do Rio Grande do Sul, com uso do modelo EPIC**. 2016. 207 f. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2340>. Acesso em: 12 fev. 2022.

ISLA. 2002. Catálogo 2001/2002. Porto Alegre: Isla Sementes.

JARDINA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, M. C. C.; SANCHES, A. G.; ARAÚJO JÚNIOR, P. V. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 78-82, 2017.

JESUS, F. J. D. de. **Hidroponia - cultivo sem solo**. Viçosa-MG: CPT, 2009.

JORDAN, R. A.; GEISENHOF, L. O.; OLIVEIRA, F. C.; SANTOS, R. C.; MARTINS, E. A. S. Yield of lettuce grown in aquaponic system using different substrates. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 27- 31, 2018.

KAFLE, G. G.; MIDMORE, D. J.; GAUTAM, R. Effect of nutrient omission and pH on the biomass and concentration and content of steviol glycosides in stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni) under hydroponic conditions. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 7, n. 4, p. 136-142, 2017.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Ed Guanabara Koogan, 2004.

KOETZ, M.; CARVALHO, K. DOS S.; BONFIM-SILVA, E. M.; REZENDE, C. G.; SILVA, J. C. Rúcula submetida a doses de fósforo em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n. 15, p. 1554-1562, 2012.

LABHIDRO, Hidroponia no Brasil. LabHidro: Laboratório de Hidroponia, 2014.

LAURETT, L.; FERNANDES, A. A.; SCHMILDT, E. R.; ALMEIDA, C. P.; PINTO, M. L. P. B. Desempenho da alface e da rúcula em diferentes concentrações de ferro na solução nutritiva. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 45-52, 2017.

LENZ, G. L. **Produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico com tilápias (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos e baixa salinidade**. 2017. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Aquicultura). Departamento de Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/172505>. Acesso em: 12 fev. 2022.

- LI, Z.; WANG, P.; MENZIES, N. W.; KOPITTKKE, P. M. Defining appropriate methods for studying toxicities of trace metals in nutrient solutions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, n. 1, p. 872-880, 2018.
- LIRA, R. M.; SILVA, Ê. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R. E.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 13-19, 2018.
- LOPES, M. C.; CARDOSO, S. S.; LUCAS, F. T.; MELO, V. A. Efeito da aplicação foliar de biofertilizante na produção de mudas de rúcula sob diferentes substratos. **Nucleus**. v. 14, n. 1, p. 1-12, 2017.
- LQARS, 2006. Manual de Fertilização das Culturas. INIAP – Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- LUZ, G. L. **Frequência de irrigação do cultivo hidropônico da alface**. 2008. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/4980>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- 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**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2018.
- LUZ, J. M. Q.; COSTA, C. C.; GUERRA, G. M. P.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.3, p.76-82, 2011.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MANDIZVIDZA, T. C. **Influence of nutrient and light management on postharvest quality of lettuce (Lactuca sativa L.) in soilless production systems**. 2017. 85 f. Masters of Science in Agriculture (Agronomy) at Stellenbosch University, 2017. Disponível em: <http://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/101143>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- MARSCHNER, Horst (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.
- MARTINEZ, H. E. P. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 61 (Cadernos didáticos, 1), 2002.
- MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; LUCCAE BRACINI, A. Cultivo Hidropônico do Tomateiro (Lycopersicon Esculentum Mill.). **Revista UNIMAR**, v.19, n.3, p.721- 740, 1997.
- MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 2. ed. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 2004. 111 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3. ed. rev. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 111 p.

MARTINS, M. N. B.; BOLFARINI, B. C. A.; NASSER, D. M.; VILLAS BOAS, L. R. Estudos da marcha de absorção de nutrientes para recomendação de adubação no cultivo da cebola. **Revista Mirante**. v. 10, n. 2, p. 92-107, 2017.

MARWAT, S.K.; REHMAN, F.; KHAN, A. A. Phytochemistry and pharmacological values of rocket (*Eruca sativa* Miller) - A review. **International Journal of Horticulture**, p. 1-7. 2016.

MATOS, L.; SANTOS, N.; ANJOS, G.; SOUZA, D.; SANTOS, A. Apiciata Folha Larga SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO. **Enciclopédia biosfera**, v. 13, n. 23, p. 1-9, 2016.

MEDEIROS, D. C. D.; LIMA, B. A. B. D.; BARBOSA, M. R.; ANJOS, R. S. B. D.; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; MARQUES, L. F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 433-436, 2007.

MENDONÇA, V. V. O. **Declividade de sistemas hidropônico e aquapônico no cultivo de alface**. 2020. 53 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, Morrinhos, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1411>. Acesso em: 12 fev. 2022.

MENEGAES, J. F.; FILIPETTO, J. E.; RODRIGUES, A. M.; SANTOS, O. S. Produção Sustentável de Alimentos em Cultivo Hidropônico. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 112- 116, 2015.

MHADHBI, Haythem. Plant Hydroponic Cultivation: A Support for Biology Research in the Field of Plant-Microbe-Environment Interactions. **Hydroponics—A Standard Methodology for Plant Biological Researches**, p. 101, 2012.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. A cultura da rúcula. **Série Produtor Rural-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. n. 8, p. 19, 1998.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastronacional-produtores-organicos>>. Acesso em: 06 mai. 2020.

MONTEIRO FILHO, A. F.; PEREIRA, G. L.; AZEVEDO, M. R.; FERNANDES, J. D.; DE AZEVEDO, C. A. Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 417-424, 2014.

MORAIS, É. G.; FREIRE, M. M.; SANTOS, A. Y. O.; SILVA JÚNIOR, D. N.; SILVA, G. G. C. Produção de rúcula em função de diferentes doses de nitrogênio. In: **Congresso internacional das Ciências Agrárias**. V. 2, 2017.

MORALES, M.; JANICK, J. Arugula: a promising specialty leaf vegetable. **Reprinted from: Trends in new crops and new uses**. p. 418-423, 2002.

NARDIN, R.R.; CASTELAN, F.; CECÍLIO FILHO, A.B. Efeito da consorciação sobre as produtividades de rúcula e da beterraba estabelecida por transplante de mudas. Brasília, **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, 2002.

- NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.
- NOBOA, C. S.; RAVAGNANI, C. A.; SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, B. C.; FERNANDES, N. VERRUMA-BERNADI, M. R.; CESAR, F. Produção hidropônica e análise sensorial de couve-de-folhas na forma de maço de plantas jovens. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019.
- NURZYNSKA–WIERDAK, R. Growth and yield of garden rocket [*Eruca sativa* Mill.] affected by nitrogen and potassium fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, v. 8, n. 4, p. 23-33, 2009.
- OHSE, S.; CARVALHO, S. M.; REZENDE, B. L. A.; OLIVEIRA, J. B.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO. Produção e composição química de hortaliças folhosas em hidroponia. **Biosci. J**, v. 28, n. 2, p. 155-163, 2012
- OLIVEIRA FILHO, F. S. **Adubação orgânica e mineral na cultura da melancia no semiárido paraibano**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB. 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/655>. Acesso em: 12 fev. 2021.
- OLIVEIRA FILHO, F. S.; CASSIMIRO, C. A. L.; SOUSA, P. S.; ALENCAR, L. V. C.; FEITOSA, S. S.; SILVA, E. A. da. Biofertilizante como solução nutritiva para produção de alface hidropônica no Alto Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 15, n. 1, p. 111-117, 2020.
- OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, M. L.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 170-178, 2013.
- ORSINI, F.; MICHELON, N.; GIANQUINTO, G. P. Simplified soilless systems for urban vegetable production. **Hortis - Horticulture in towns for inclusion and socialisation**. 2018.
- OSHE, S.; CARVALHO, S. M.; REZENDE, B. L. A.; OLIVEIRA, J. B.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D. Produção e composição química de hortaliças folhosas em hidroponia. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 155-163, 2012.
- PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2010.
- PAYNE, A. C.; CLARKSON, G. J. J.; ROTHWELL, S.; TAYLOR, G. Diversity in global gene expression and morphology across a watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) germplasm collection: first steps to breeding. **Horticulture Research**, v. 2, 2015.
- PILLAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, C.; CARON, B. O.; BONNECARRÈRE, R. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2002.

- PORTO, J. S.; AMORIM, Y. F.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q.; COSTA, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, Itabaiana, v. 10, n. 11, p. 1–8, 2014.
- PORTO, R. A.; SILVA, E. M. B.; SOUZA, D. S. M.; CORDOVA, N. R. M.; POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.
- PRADO, F. E.; FERREIRA, C. H.; MENDONÇA, R. M. Comparação das declividades de 2 e 10% no cultivo hidropônico de alface. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, 2012.
- PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP, 1ª edição, 408 p. 2008.
- PRIMAVESI, A. M.; PRIMAVESI, A. A Biocenose do Solo na Produção Vegetal: Deficiências Minerais em Culturas, nutrição e produção vegetal. São Paulo: Expressão Popular, 2018.
- PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOA, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 464–470, 2007.
- RESH, H. M. **Cultivos hidroponicos: nuevas tecnicas de produccion**. 4.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997. 509p.
- RIBEIRO, K. S.; FERREIRA, E. C.; COSTA, M. S. S. M.; GAZZOLA, D. Uso de biofertilizante no cultivo de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 160- 164, 2007.
- RIPLEY, B. S.; REDFERN, S. P.; DAMES, J. Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient Sorghum by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics. **South African Journal of Science**, v. 100, n. 11, p. 615-618, 2004.
- ROCHA, A. P. de M.; AZEVEDO, B. M.; ARAÚJO, A. A.; MARTINS, E. R. Cultivo de hortelã hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-14, 2020.
- ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, **POTAFOS**, p. 239-260, 2005.
- SALLES, J. S.; STEINER, F.; ABAKER, J. E. P.; FERREIRA, T. S.; MARTINS, G. L. M. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 35-40, 2017.
- SANCHES, C. E. J.; ARAÚJO, J. A. C.; SPELLING, A. C.; VILLELA JUNIOR, L. V. E. Cultivo hidropônico da alface do grupo americana com resfriamento da solução nutritiva. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**, 2005.
- SANCHEZ, S. V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96944>. Acesso em: 12 fev. 2022.

- SANTOS, J. S. G. **Frequência de aplicação e diluição da solução nutritiva em cultivo de rúcula hidropônica**. 2020. 72 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/51776>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- SANTOS, O. S. **Conceito, histórico e vantagens da hidroponia**. In: SANTOS, O. Hidroponia da alface. Santa Maria: UFSM, p. 5-9, 2000.
- SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; FERNANDES, C. S.; MIRANDA, J. H. Cultivo da rúcula em substrato de fibra de coco sob solução nutritiva salina. **Revista de Ciências Agronômicas**, v. 27, n. 1, p. 12-21, 2018.
- 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**, p. 265–296, 2002.
- SEABRA JÚNIOR, S.; LALLA, J. G.; GOTO, R.; MARINGONI, A. C.; VILLAS BOAS, R. L.; ROUWS, J. R. C; ORIANI, E. E. Suscetibilidade à podridão negra e produtividade de brócolis em função de doses de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 426-431, 2013.
- SIEBIELEC, G.; UKALSKA-JARUGA, A.; KIDD, P. Bioavailability of trace elements in soils amended with high-phosphate materials. **Phosphate in Soils: Interaction with Micronutrients, Radionuclides Heavy Metals**, v. 2, p. 237-260, 2015.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n.3, p. 476-482, 2013.
- SILVA, M. G. DA.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. DE S.; SILVA FILHO, J. A. DA; CARMO, F. F. DO. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.447-454, 2016.
- SILVA, M. L. S.; TREVISAM, A. R. **Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas**. Informações Agronômicas, n. 149, p. 10-15, 2015.
- SOARES, H.R. et al. Nutrição mineral de alface americana em cultivo hidropônico com águas salobras. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 656-664, 2016.
- SOARES, T. M.; DE FRANÇA, Ê. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; DE ANDRADE JORGE, C.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007.
- SOBREIRA, A. E. A.; ALMEIDA, I. I.; FERNANDES, C. N. D.; FERNANDES, C. N.V.; SILVA, A. R. A. Produção de massa fresca e seca da abobrinha sob diferentes doses e tipos de biofertilizantes. III Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido. Fortaleza, 2017.

SOUZA, C. A. D.; SILVA, A. O. D.; SANTOS, J. D. S. G.; LACERDA, C. F. D.; & SILVA, G. F. D. Production of watercress with brackish water and different circulation times for the nutrient solution. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, p. 1-9, 2020.

SOUZA, E. G. F. **Produtividade e rentabilidade de rúcula adubada com espécie espontânea, em duas épocas de cultivo**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: http://www.pgpv.ufrpe.br/sites/ww2.novoprppg.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_enio.pdf. Acesso em: 12 fev. 2022.

SOUZA, L. F. G.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, M. L. P.; SILVA, G. S.; CECILIO FILHO, A. B. Caracterização de sintomas de excesso de micronutrientes e deficiência de macronutrientes em rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 1–8, 2011.

SOUZA, L. M.; PEREIRA, A. J.; RAMOS, B. H.; ICHIKAWA, B. Y.; ARAUJO, P. L. D.; MOREIRA, V. F. Produção de rúcula (*Eruca sativa* Miller.) a partir de diferentes fontes e concentrações de biofertilizantes sob cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 1-7, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. Sinauer Associates, 2ª ed. 1998.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; & Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora, 2017.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. Cultura da rúcula. Campinas: IAC. 8p. 1992.

TRANI, P. E.; GRANJA, N. P.; BASSO, L. C.; DIAS, D. C. F. S.; Minami, K. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 25-29, 1994.

TRANI, P. E.; TRANI, P. E. Hortaliças: Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. 2018.

TSAKALIDI, L. A.; BAROUCHAS, P.; SALAHAS, G. Response of Zucchini to the Electrical Conductivity of the Nutrient Solution in Hydroponic Cultivation. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, n. 2, p. 459-462, 2015.

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO BRASILEIRA (UNILAB). Fazenda experimental Piroás: dados climáticos. Disponível em: <https://unilab.edu.br/fazenda-experimental-piroas/>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

VIANA, T. V. A.; SANTOS, A. P.; SOUSA, G. G.; NETO, L. G. P.; AZEVEDO, B. M.; AQUINO, B. F. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, n. 8, n. 4, p. 595-601, 2013.

WANG, X.; DINLER, B. S.; VIGNJEVIC, M.; JACOBSEN, S.; WOLLENWEBER, B. Physiological and proteome studies of responses to heat stress during grain filling in contrasting wheat cultivars. **Plant Science**, v. 230, p. 33-50, 2015.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 366-370, 2008.