

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

PRODUÇÃO DE RÚCULA HIDROPÔNICA SOB DENSIDADES DE PLÂNTULAS
POR MOLHO E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA EM ÉPOCAS DE
CULTIVO

Wagner Dutra Pinheiro
Biólogo/ULBRA

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Pinheiro, Wagner Dutra
PRODUÇÃO DE RÚCULA HIDROPÔNICA SOB DENSIDADES DE
PLÂNTULAS POR MOLHO E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO
NUTRITIVA EM ÉPOCAS DE CULTIVO / Wagner Dutra
Pinheiro. -- 2020.

63 f.

Orientadora: Tatiana da Silva Duarte.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Hidroponia. 2. Rúcula hidropônica. 3. Densidade
de plantas . 4. Concentração de solução nutritiva . 5.
Cultivo sem solo . I. Duarte, Tatiana da Silva,
orient. II. Título.

WAGNER DUTRA PINHEIRO
Licenciado em Ciências Biológicas - ULBRA

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 04.03.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 04.02.2021
Por

TATIANA DA SILVA DUARTE
Orientadora - PPG Fitotecnia
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

GILMAR SCHÄFER
PPG Fitotecnia/UFRGS

ANDRÉ SAMUEL STRASSBURGER
Departamento de Horticultura e
Silvicultura/UFRGS

ROBERTA MARINS NOGUEIRA PEIL
PPG em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar/UFPEL

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

Aos meus pais,
pelo amor, paciência e incentivo em todos os momentos.

DEDICO

Agradecimentos

Aos meus pais Juselino Pinheiro e Ivete do Carmo Vieira Dutra Pinheiro, pela compreensão, ao serem privados em muitos momentos da minha companhia e atenção, e pelo incentivo e apoio.

Ao meu irmão César Augusto Dutra Pinheiro e minha cunhada Gabriele Mello Dorneles pelo apoio em todos momentos.

À minha sobrinha e afilhada Aurora Dorneles Pinheiro, que chegou trazendo ainda mais alegria a nossa família.

Aos meus avós maternos por sempre desejarem o melhor para mim. Aos meus avós paternos, em especial a minha Avó Claudina Richard Pinheiro, que nos deixou há alguns anos, são a quem atribuo meu amor pela agricultura.

À minha amiga e irmã de coração Débora Grazielle Walther pelo incentivo ao ingresso no ensino superior e aos meus amigos, Caio e Robinson, por me incentivarem a ir adiante.

À minha orientadora Tatiana da Silva Duarte, pelo incentivo e paciência, por dedicar seu tempo à minha formação e principalmente por acreditar na minha capacidade profissional e desenvolvimento intelectual.

Aos professores Magnólia Aparecida Silva da Silva e André Samuel Strassburger, pelas sugestões e contribuições para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia para obtenção do grau de Mestre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À todos professores do departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aos amigos e colegas Alexandro, Albertina, Kássia, Carolina, João, Jorge, acima de tudo pela amizade. Sou muito grato a vocês.

À empresa Schaefer® pela doação dos perfis hidropônicos utilizados e à empresa SAKATA® pela doação das sementes utilizadas.

E, por fim, mas não menos importantes a todos aqueles não listados aqui, mas que de alguma forma contribuíram e torceram pela minha realização.

“Não há transição que não implique um ponto de partida, um processo e um ponto de chegada. Todo amanhã se cria num ontem, através de um hoje. De modo que o nosso futuro baseia-se no passado e se corporifica no presente. Temos de saber o que fomos e o que somos, para sabermos o que seremos.”

Paulo Freire

DENSIDADES DE PLÂNTULAS E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA RÚCULA HIDROPÔNICA EM DIFERENTES ESTAÇÕES DE CULTIVO¹

Autor: Wagner Dutra Pinheiro

Orientadora: Prof.^a Dra. Tatiana da Silva Duarte

RESUMO

Um dos principais fatores para se obter maiores rendimentos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em hidroponia, é a densidade de plântulas necessárias para compor um molho. Aliado a este fator está a concentração adequada da solução nutritiva de acordo com a época de cultivo. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de rúcula hidropônica, cultivada em sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) sob diferentes densidades de plântulas por molho em concentrações de macronutrientes na solução nutritiva, em quatro épocas (verão, outono, inverno e primavera), em Porto Alegre, RS. Realizaram-se quatro experimentos em delineamento experimental inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, sendo alocadas nas parcelas as diferentes concentrações de macronutrientes de solução nutritiva (100% CE 2,28 mS cm⁻¹ e 75% CE 1,85 mS cm⁻¹) e nas subparcelas as densidades (5, 10, 15, 20 e 25 plântulas molho⁻¹), com 3 repetições. No momento da colheita foram avaliadas: altura da maior folha (AMF), número de folhas por molho (NF), número médio de folhas por planta do molho (NFP), área médias das folhas do molho (SMF), massa fresca e seca da parte aérea do molho (MFPA e MSPA) e das plantas que o compõe (MFPAP e MSPAP), conteúdo de massa seca do molho (CMS) e produtividade. Realizou-se análise de variância e as médias, quando significativas, foram analisadas por regressão com o software RStudio. As maiores densidades e a maior concentração de solução nutritiva, promovem os maiores valores para todas as variáveis estudadas, com exceção do CMS, que reduz com o acréscimo de plântulas no molho em todos períodos, estes resultados podem ser atribuídos ao acréscimo de plântulas por molho e não a maior eficiência fotossintética das mesmas, pois o aumento da densidade induz a competição por luz entre as plantas do molho, promovendo a redução de área média de folhas e aumento da altura da maior folha, assim como reduziu a massa fresca e seca das plantas que compõem o molho.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Miller, autossombreamento, NFT, condutividade elétrica, cultivo sem solo.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (63 f.) março, 2020.

SEEDLING DENSITIES AND CONCENTRATIONS OF NUTRIENT SOLUTION FOR HYDROPONIC ARUGULA IN DIFFERENT GROWING SEASONS¹

Author: Wagner Dutra Pinheiro

Advisor: Prof. Tatiana da Silva Duarte, Ph.D.

ABSTRACT

One of the main factors responsible for a higher yield of hydroponic arugula (*Eruca sativa* Miller) is the seedling density required to obtain a commercial bunch. Adding to this factor is the proper concentration of nutrient solution in different growing seasons. The main aim of this paper is to evaluate the production of hydroponic arugula, cultivated through nutrient film technique (NFT) system, under different seedling densities and macronutrients concentrations in the nutrient solution. The research was developed in four growing seasons (summer, autumn, winter and spring) in Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Four experiments were conducted in a split-plot completely randomized design, with different concentrations (100% EC 2,28 mS cm⁻¹ e 75% EC 1,85 mS cm⁻¹) allocated within each plot, and different densities (5, 10, 15, 20 e 25 seedlings bunch⁻¹) within each subplot. Three repetitions were made. Height of the biggest leaf, number of leaves per bunch, average number of leaves per bunch, average area of leaves per bunch, wet and dry biomass of the shoot and of the plants that compose the bunch, dry biomass of the bunch and leaf yield were evaluated at harvest. Means and variances were analyzed when significant using regression analysis through RStudio. The higher densities and concentrations of the hydroponic solution promoted the greatest values to all the evaluated variables, with the exception of dry biomass of the bunch, that reduced with the increase on the number of plants per bunch in all the seasons. These results can be attributed to the increase on the number of plants per bunch and not to their greater photosynthetic efficiency, since the increase in density induces the competition for light among the plants in the bunch, leading to the reduction of the average leaf area and the increase of the biggest leaf height, as well as a reduction of fresh and dry biomass of the plants that compose the bunch.

Key words: *Eruca sativa* Miller, self-shading, NFT, electrical conductivity, soilless agriculture.

¹Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (63 p.) march, 2020.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Aspectos gerais da cultura da rúcula	5
2.2 Sistema hidropônico de produção tipo NFT	6
2.2.1 Soluções nutritivas para hidroponia	8
2.3 Produção de rúcula hidropônica.....	11
2.3.1 Produção de mudas de rúcula hidropônica.....	13
2.3.2 – Solução nutritiva para rúcula hidropônica.....	14
2.4 Referências	15
3. ARTIGO 1	20
3.1 Introdução	22
3.2 Material e métodos	24
3.3 Resultados e discussão	26
3.4 Conclusões	33
3.5 Referências	34
4 ARTIGO 2	36
4.1 Introdução	39
4.2 Material e métodos	40
4.3 Resultados e discussão	42
4.4 Conclusão	46
4.5 Referências bibliográficas	46
4.6 Tabelas	48
4.7 Figuras.....	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

LISTA DE TABELAS

Página

ARTIGO 1

1. Valores médios de conteúdo de massa seca (CMS) de molhos de rúcula hidropônica (*Eruca sativa* Miller), cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de primavera. Porto Alegre – RS, UFRGS, 2020. 33

ARTIGO 2

1. Número de folhas por molho (NF) de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono e inverno. Porto Alegre – RS, 2019.... 48

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

ARTIGO 1

1. Número de folhas por molho (NF) (A) e número de folhas por planta (NFP) (B) de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob diferentes densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010) nos períodos de verão e primavera. Porto Alegre – RS, 2020. 27
2. Área média de folhas (AMF) no verão (A) e na primavera (B), altura da maior folha (HMF) no verão (C) e na primavera (D) de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), Porto Alegre – RS, 2020. 28
3. Massa fresca da parte aérea (MFPA) do molho no verão (A) e na primavera (B), massa fresca da parte aérea média das plantas (MFPAP) que compõem o molho no verão (C) e na primavera (D), de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010). Porto Alegre – RS, 2020. 30
4. Produtividade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de verão (A) e primavera (B). Porto Alegre – RS, 2020..... 30
5. Aparência de embalagem (AE) do molho no verão (A) e na primavera (B) de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010). Porto Alegre – RS, 2020..... 31
6. Conteúdo de massa seca (CMS) do molho de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob diferentes densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de verão. Porto Alegre – RS, 2020..... 32

ARTIGO 2

1. Número médio de folhas por planta (NFP) nos molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 49
2. Altura da maior folha (HMF) de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 49
3. Área média de folhas (AMF) de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 49
4. Aparência de embalagem (AE) de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2011), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 50
5. Massa fresca da parte aérea (MFPA) do molho no outono (A) e no inverno (B), massa fresca da parte aérea média das plantas (MFPAP) que compõem o molho no outono (C) e no inverno (D), de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada em densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 50
6. Massa seca da parte aérea (MSPA) do molho no outono (A) e no inverno (B), massa seca da parte aérea média das plantas (MSPAP) que compõem o molho no outono (C) e no inverno (D), de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada em densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 51
7. Produtividade de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2011), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019. 51

1 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller), é uma hortaliça folhosa originária da região do mediterrâneo, possui um sabor picante e é consumida *in natura*. É vendida em maços de aproximadamente 150 g. As folhas variam de cor verde-clara a verde-escura, forma alongada, recortada, tenra e se desenvolve bem em condições de clima ameno, solos férteis e boa disponibilidade de água durante todo o desenvolvimento vegetativo (Cruz *et al.*, 2008). Além do seu uso na culinária, a rúcula também é considerada uma planta afrodisíaca e medicinal com muitas propriedades relatadas, tais como: digestiva, diurética, estimulante, laxativa e antiinflamatória, além de ser fonte de vitamina C e ferro (Padulosi; Pignone, 1997).

Tradicionalmente, essa cultura é cultivada a campo, em semeadura direta em canteiros definitivos no solo (Filgueira, 2003). No entanto, neste sistema de implantação da lavoura há vários fatores envolvidos, que dificultam a obtenção de um estande de plantas uniforme, porque as sementes ficam submetidas a condições desuniformes de solo, ocorrência de chuvas ou temperaturas extremas. Isso é particularmente prejudicial, por se tratar de sementes pequenas, pois 1 grama desementes, corresponde a de 650 unidades (Reghin *et al.*, 2004). Sendo assim, uma das técnicas adotadas, atualmente, para minimizar esta desuniformidade no canteiro, é a produção de mudas em recipientes (bandejas) com substrato, e o posterior transplantio para os canteiros de produção. As recomendações encontradas na bibliografia para produção de mudas de rúcula, em relação a densidade de semeadura por célula de bandeja, são muito amplas e para produção de mudas em sistemas de produção no solo. Purquerio *et al.* (2004) recomendam 3 a 12

sementes por célula de bandeja de 288, enquanto Reghin *et al.* (2004b) recomendaram 4 sementes/célula de bandeja, tanto de 128 células quanto de 288.

No Brasil, com o crescimento dos cultivos sem solo, em especial do sistema hidropônico NFT (*Nutriente Film Technique*), a rúcula vem sendo a segunda hortaliça folhosa mais produzida neste sistema (Udsen, 2016), pois o mesmo garante maior produtividade, maior qualidade, menor ciclo de cultivo e eficiência no uso da água e dos fertilizantes (Santos *et al.*, 2009). Diferente do cultivo no solo, as mudas hidropônicas são produzidas em cubos de espuma de derivado fenólico, encontrados no mercado em caixas, com placas nos variados tamanhos para as diferentes culturas. Estas espumas são leves e de fácil manuseio o que facilita seu uso (Martinez, 2017). Para a cultura da rúcula usa-se, principalmente, cubos de dimensões de 1,9 x 1,9 x 2 cm, dispostos em placas contendo 345 cubos (células). A recomendação da densidade de sementes no cultivo de rúcula hidropônica é de 5 a 10 sementes por cubo (Furlani *et al.*, 2009b). Entretanto a densidade usualmente praticada pelos produtores varia de 10 a 40 sementes (Barcelos, 2009) esta discrepância torna-se um problema, principalmente para produtores que estão iniciando o cultivo desta espécie em hidroponia e até mesmo pode ser um fator de redução do potencial produtivo àqueles que já fazem uso desta técnica.

No cultivo de rúcula no solo, o manejo da colheita ocorre, na maioria dos casos, por meio de cortes, conforme o rebrote da planta e, posteriormente, o produtor forma os molhos ou maços, que são a unidade de comercialização desta espécie de folhosa. Já na hidroponia, a semeadura e a produção são feitas em molhos, os quais são colhidos como tal, sendo que o molho é a unidade de produção e este é retirado por inteiro do canal de cultivo para sua comercialização. Em ambos os casos, a unidade de comercialização deve possuir aproximadamente 150 g após a colheita. Sendo assim, nos casos em que o produtor hidropônico precise agrupar dois maços (unidades de produção) para chegar ao peso desejado não possuirá eficiência econômica do seu sistema de cultivo. A quantidade de produto colhido e a otimização do espaço da estufa devem ser priorizados para o sucesso e eficiência deste sistema de produção hidropônico, visto que apresenta um investimento muito elevado quando comparado aos cultivos tradicionais e convencionais no solo. Sendo assim, para a rúcula hidropônica, cada unidade de produção, que é composta por um conjunto de plantas, crescendo em cada orifício do canal deve, ao término do ciclo de cultivo, ou seja, no momento da colheita, tornar-se uma unidade de comercialização, a fim de garantir o sucesso da produção neste sistema.

Contudo, não há recomendações mais específicas e detalhadas pela pesquisa sobre o efeito da densidade de plântulas para compor um molho comercial para sistema hidropônico para as condições de clima do Rio Grande do Sul (latitude 30°04'S e longitude 51°08'W) e conforme a época no ano, já que neste estado temos as quatro estações bem distintas quanto a disponibilidade térmica e de radiação solar. Na prática, o conhecimento que se tem, sobre as melhores densidades de plântulas por unidade de produção de rúcula (molho) e o melhor momento de colheita de rúcula, advêm da adaptação das técnicas utilizadas em cultivos a campo e no solo. Com isso, observa-se que a produção hidropônica de rúcula, no Brasil, é realizada a partir do conhecimento empírico desenvolvido, até o presente momento, pelos produtores e empresas especializadas.

Para a hidroponia, o cultivo em ambiente protegido é extremamente necessário, pois além de proteção proporcionado às plantas pelo efeito guarda-chuva, nos permite alterar as condições microclimáticas as quais as plantas são submetidas, e uma delas é a radiação solar que incidente. Dentre os fatores que permitem a variação desta incidência, está o tipo de plástico utilizado na construção dos ambientes de cultivo, sua capacidade de reflexão, absorção e transmissão, somados ao ângulo de incidência ou elevação do sol, ou seja, a hora e estação do ano (Rodrigues, 2002), pois a radiação solar que incide sobre as plantas afeta o seu crescimento e desenvolvimento de inúmeras formas (Larcher, 2000). A intensidade luminosa pode variar também ao nível da planta, pois a absorção de luz pode ser diferente pelo efeito do auto sombreamento, e essas radiações de diferentes comprimentos de onda, podem não ser igualmente eficientes na fotossíntese (Floss, 2006). Diversos estudos analisando diferentes densidades de semeadura e espaçamento entre linhas para cultivo da rúcula em solo, relatam influência negativa do adensamento de plantas, atribuindo a competição por luz e nutrientes (Pegado *et al.*, 2004), (Purquerio, 2004), (Purquerio, 2005), (Reghin; Otto; Olinik, 2004b), (Gonçalves, 2013). Em relação a competição por nutrientes, Resh, 1992 relata que o cultivo hidropônico proporciona maior controle das características nutricionais exigidas pelas plantas e o número de plantas por área pode ser maior neste cultivo quando comparado ao cultivo em solo. Sendo assim, em cultivos hidropônicos, com solução nutritiva bem manejada, as maiores limitações são por luz do que por nutrientes.

Em relação a solução nutritiva para sistemas hidropônicos, sabe-se que a maior eficiência do uso dos nutrientes depende da adequação da composição às diferentes

épocas do ano, devido aos ritmos diferenciados de absorção de água e de nutrientes associados às condições climáticas da estação. É necessária, em alguns casos, a utilização de soluções diferentes para cada uma das estações do ano (Martinez & Barbosa, 1999). Por isso, a importância de se estudar, a fim de adequar o sistema de produção para responder com maiores índices de produção aliado a maior eficiência do sistema, principalmente no Brasil, onde os cultivos protegidos, de maneira geral, não possuem tecnologias de controle do microclima no interior, a fim de manter as condições ideais de cultivo idênticas o ano inteiro.

Sendo assim, este estudo visa gerar informações técnicas-científicas sobre a produção de rúcula cultivada em sistema hidropônico tipo NFT, quando submetida a diferentes densidades de plântulas na composição do molho ou unidade de produção e sob duas concentrações de macronutrientes na solução nutritiva, em distintos períodos sazonais de produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura da rúcula

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) pertence à família das Brassicaceae que, tal como outras espécies desta família, contém glicosídeos, óleo da semente possui ácido erúrico e em vários países do mediterrâneo é cultivada para consumo como salada verde, é também cultivada na Ásia como uma oleaginosa (Morales & Janick, 2002). É uma hortaliça herbácea anual, com altura de 15 a 30 cm. Trata-se de uma folhosa com crescente incremento de consumo nos últimos anos, com quantidade anual de 733.566 kg comercializados na CEASA-RS (Centrais de abastecimento do Rio Grande do Sul) no ano de 2016.

A rúcula cultivada em ambiente expandiu-se praticamente em todas as regiões do Brasil (Goto, 1997). É uma das principais hortaliças folhosas produzidas, via hidroponia, por possuir ciclo curto, alta produção de parte aérea e ampla aceitabilidade pelo mercado consumidor, devido às suas diferenciadas características organolépticas e por apresentar rico conteúdo nutricional (K, S, Fe, proteínas, vitaminas A e C) (Amorim; Henz & Mattos, 2007). Com o intuito de avaliar as frações de fibra alimentar em rúcula e alface em diferentes estágios de maturação, sob sistema de hidroponia, Machado *et al.* (2011) concluíram em seus estudos que a rúcula em relação a alface (folhosa mais consumida no país) possui maior quantidade de fibras alimentares, recomendando o uso destas hortaliças para a prática clínica por nutricionistas.

A cultura da rúcula responde em produtividade conforme a densidade de semeadura e a época do ano. Freitas *et al.* (2009) analisando a influência de diferentes espaçamentos em duas épocas de plantio sobre o desempenho produtivo da rúcula encontrou valores de produtividade estimados em 1,6 kg m⁻² no cultivo de outo-inverno e 3,1 kg m⁻² no cultivo de verão, o que evidencia diferenças significativas na produtividade nas duas épocas distintas.

Para o cultivo da rúcula, os produtores buscam uniformidade de produção e aspecto comercial de suas plantas, com maiores rendimentos por área, assim como também, a garantia de obter 150 g na colheita da sua unidade de comercialização, segundo exigência dos mercados da região de Porto Alegre. Reghin; Otto & Vinne (2004a), analisando o efeito da densidade de semeadura e de tipos de bandejas de poliestireno expandido sobre a produtividade de rúcula cultivada no solo, para comercialização em maços, constataram que o aumento da densidade de semeadura contribuiu diretamente para o incremento na produtividade, independentemente do tamanho de bandeja, se 128 ou 288 células. No entanto, a densidade de semeadura mais alta testada pelos autores citados anteriormente foi de 4 sementes por célula, valor muito inferior ao recomendado para a produção de mudas de rúcula hidropônica, que segundo indicações de Barcelos (2009) seria de 10 a 40 sementes.

2.2 Sistema hidropônico de produção tipo NFT

O solo é o meio natural de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Funciona como um reservatório de nutrientes e água, dando, também, suporte e sustentação. Nos cultivos protegidos, é possível substituí-lo total ou parcialmente por outros componentes, como acontece no cultivo sem solo (Santos, 2009).

Uma das modalidades do cultivo sem solo é a hidroponia estrita, que consiste em cultivar plantas com as raízes imersas em uma solução nutritiva completa, devidamente oxigenada (Andriolo, 2002). Hidroponia foi um termo criado pelo pesquisador William F. Gericke, em 1935. Para Santos (2009), o conceito que melhor se aplica a hidroponia é de um sistema de produção de vegetais, onde as plantas são cultivadas sem contato com o solo, existindo vários tipos de sistemas hidropônicos, mas o mais utilizado, no Brasil, para folhosas é o sistema NFT (*Nutrient Film Technique* ou Técnica da Lâmina de Nutrientes), sistema criado por Allen Cooper, em 1965. Este sistema de produção é caracterizado pelas plantas mantidas em canais de cultivo específicos, chamados na maioria das vezes de perfis, por onde percorre uma fina lâmina de solução nutritiva, contendo todos os nutrientes minerais de que a planta necessita, através de uma rede de distribuição a solução nutritiva é bombeada por meio de um motor sendo depositada na extremidade de menor caimento. No ponto de cota mais baixa, da mesa de produção, a solução nutritiva é coletada e reconduzida ao reservatório. Desta forma, o sistema é “fechado”.

Na Europa, Austrália, Estados Unidos, Israel, Japão e em outros países asiáticos, a hidroponia apresenta-se altamente mecanizada, desde o processo de semeadura até a colheita, com várias empresas especializadas no fornecimento de equipamentos para este fim. Esta tecnificação é fruto das condições climáticas desfavoráveis, pouco espaço para cultivo, escassez de água potável, interesse de pesquisa e investimento na área nestas regiões naqueles países (Rodrigues, 2002), além da falta de mão de obra nos sistemas de cultivo.

Segundo Furlani (1997), no Brasil, a hidroponia foi introduzida na década de 80, com a técnica “NFT” e a alface foi a primeira hortaliça cultivada nesse sistema em nosso país. Atualmente cresce, principalmente, próxima a centros urbanos, onde há pouca disponibilidade de espaço para terras agricultáveis. Em sua maior parte, é realizada dentro de ambientes protegidos, mas não se dispõe de dados referentes ao percentual das áreas destinadas à hidroponia. Contudo, sabe-se que só no estado de São Paulo, em 2013, a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) comercializou 4442 t de alface, rúcula, agrião, escarola, e espinafre produzidas em hidroponia (Martinez, 2017).

A medida em que a hidroponia foi se difundindo no Brasil, foram aparecendo inúmeras modificações e inovações que requerem atenção e cuidados especiais (Douglas, 2004). Para Andriolo (2013), a hidroponia apresenta inúmeras vantagens sobre o cultivo no solo, como a limpeza do produto final, melhor regularidade de produção e maior conservação na pós-colheita. Porém, o autor destaca também algumas limitações, como o custo de instalação, equipamentos especiais e a mão de obra qualificada. Destaca ainda, que a hidroponia estrita é um dos métodos de cultivo fora do solo com os custos mais elevados e deve ser praticada por profissionais habilitados. Santos (2009) destaca a importância da energia elétrica para este sistema produtivo, que é totalmente dependente da mesma e recomenda que, sempre que possível, o hidroponista adquira um conjunto gerador para superar períodos de falta de energia.

A hidroponia é um ótimo meio para o cultivo de hortaliças, não só para lugares onde há pouca disponibilidade de terras agricultáveis, mas também para pequenas propriedades, que possuem pouca superfície, proporcionando maior sanidade às plantas e resultados produtivos maiores quando comparados aos cultivos em solo. Em regiões áridas do mundo, os complexos hidropônicos combinados com unidades de

dessalinização para usar água do mar como fonte de água para a solução nutritiva foram iniciados (Resh, 1996).

Para Santos (2009) a principal vantagem do sistema hidropônico no cultivo de hortaliças se dá pela maior competitividade de mercado e necessidade de maximização da produção obtidas com a produção hidropônica. O autor relata que com este meio de cultivo é possível diminuir o efeito ambiental (por meio de cultivo em ambiente protegido), encurtar o ciclo das culturas, controlar eficientemente os fatores nutricionais, assim como também a redução da incidência de pragas e doenças, produzindo plantas mais uniformes, com maior aproveitamento e durabilidade, com maior eficiência de mão de obra e redução de contaminantes ambientais.

2.2.1 Soluções nutritivas para hidroponia

Uma solução nutritiva é o meio pelo qual os nutrientes minerais, previamente dissolvidos na água, são colocados à disposição das plantas (Andriolo, 1999). No cultivo sem solo, os nutrientes devem ser oferecidos na forma prontamente disponível, ou seja, na forma iônica em que as plantas os absorvem, uma vez que não há participação do solo para mineralizá-los. Segundo Castro (1999), os íons dissolvidos na solução nutritiva possuem entre si uma relação determinada por fatores químicos e fisiológicos, em função das necessidades nutricionais de uma determinada cultura. A relação entre os nutrientes, a concentração total desses, a condutividade elétrica da solução e o pH determinarão a solução final.

A manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada à cultura, mas também, um monitoramento contínuo dessa. O ajuste de uma solução nutritiva compreende o monitoramento da concentração de nutrientes por meio da leitura da condutividade elétrica e do pH, a fim de proporcionar às plantas uma nutrição adequada para seu completo desenvolvimento (Castellane & Araújo, 1995; Londero, 2000).

No preparo da solução nutritiva, Resh (1996) destaca que, após a pesagem individual de cada nutriente, os mesmos sejam diluídos separadamente e misturados ao tanque já completo com água no nível desejado, para tanto é necessário que se faça previamente a correção do pH. Para Jones (1982), o pH tem influência direta no desenvolvimento e produtividade das culturas, afetando a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Para aumentar ou reduzir o pH, basta adicionar à solução nutritiva um

ácido ou uma base até que se atinja o valor recomendado para a mesma. Santos (2009), recomenda valores na faixa de 5,5 a 6,5 para folhosas.

A medida em que as plantas vão se desenvolvendo, e maneira geral, a composição de nutrientes na solução nutritiva vai reduzindo, para tanto é necessário repor periodicamente os mesmos (Santos, 2009a). Nos primeiros cultivos hidropônicos não havia reposição de nutrientes, e a solução era constantemente renovada, isso gerava um grande desperdício e uma enorme poluição ambiental. Atualmente isso mudou, com o uso da medida de condutividade elétrica (Resh, 1996). Uma metodologia bem eficiente e muito aceita entre os produtores é a reposição dos nutrientes quando a CE atinge metade de seu valor original, ou seja, faz-se a reposição de 50% da formulação inicial quando a CE atinge metade de seu valor (Santos, 2009a). Alguns produtores já realizam reposição quando a CE reduz a 25% doseu valor original, obtendo bons resultados.

O manejo da solução nutritiva por meio de medição da CE é realizado com instrumento que gera um pulso elétrico, medindo a capacidade da solução em transmitir eletricidade, aumentando ou diminuindo seus valores de acordo com a concentração de nutrientes dissolvidos na água. A medida por condutividade não é capaz de distinguir qual elemento químico está em maior ou menor quantidade, apenas permite observar os valores ótimos de concentração de sais para determinada cultura (Resh, 1996). Podendo variar de 1,5 a 4,0 mS cm⁻¹ nas soluções em função da espécie (Santos, 2009).

Em sistemas hidropônicos, como no NFT, para o cultivo de plantas, a solução nutritiva tem um papel fundamental no êxito da produção vegetal (Junior *et al.*, 2007). A formulação ideal da solução não depende apenas da correta concentração de nutrientes nesta, mas também de outros fatores, como a época de cultivo, intensidade luminosa, umidade relativa, temperatura do ar, estágio fenológico das plantas, época do ano, e a espécie vegetal (Resh, 1996; Furlani, 1999; Silveira e Faquin, 2009a).

No Rio Grande do Sul, durante o ano, há variação na intensidade radiativa conforme a estação do ano, a qual influencia as demais variáveis climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar, afetando diretamente a evapotranspiração das plantas. Sabendo que a demanda hídrica das plantas por absorção de água e nutrientes pode alterar de acordo com essas condições atmosféricas, e estas por sua vez são mutáveis de acordo com as épocas, anos e locais, espera-se que a evapotranspiração, de uma cultura de primavera – verão seja maior que uma de outono – inverno (Bergamashi & Bergonci, 2017). Deste modo, sabe-se que a maior eficiência do uso dos nutrientes depende da

adequação da composição às diferentes épocas do ano, devido aos ritmos diferenciados de absorção de água e de nutrientes associadas às condições climáticas da estação. Portanto é necessário, em alguns casos, a utilização de soluções diferentes para cada uma das estações do ano (Martinez & Barbosa, 1999). Por isso, a escolha da solução nutritiva e a concentração desta conforme a época do ano é de fundamental importância para o sucesso da produção neste sistema. Ainda mais no Brasil, onde o controle do clima dentro dos cultivos em ambiente protegido, como estufas agrícolas, não é automatizado.

Tendo em vista a economia e o melhor aproveitamento dos nutrientes utilizados na produção hidropônica de rúcula, Guerra *et al.* (2011) objetivou, em seu estudo, avaliar a resposta produtiva da rúcula hidropônica cultivada sob diferentes concentrações da mesma solução nutritiva, recomendada por Furlani *et al.* (1999) para o cultivo de hortaliças folhosas, e concluiu que, com o uso de 50% da formulação original recomendada é possível obter os mesmos resultados da concentração total, evidenciando economia significativa para cultivo desta folhosa. Contudo, as diferentes concentrações de nutrientes, acima ou abaixo do recomendado para a cultura e para época, podem também ocasionar a redução da capacidade fotossintética e, conseqüentemente, menor desenvolvimento e ganho de massa fresca (Epstein & Bloom, 2006).

Cometti *et al.* (2008) analisando as concentrações de 100, 50, 25 e 12,5% da mesma solução nutritiva para o cultivo de alface no verão, constataram que as concentrações de 100 e 50% (CE 1,8 e 1,3 mS cm⁻¹ respectivamente) não apresentam diferenças significativas entre si quanto a massa seca por planta, evidenciando uma possibilidade de redução no custo de produção e de racionamento no uso de fertilizantes. Resultados diferentes foram obtidos por Helbel Junior *et al.* (2008), quando realizaram cultivo de alface no inverno, avaliando, além da concentração de solução nutritiva, a influência da vazão da mesma, onde encontraram valores significativos apenas para a concentração de solução nutritiva. Ao contrário dos resultados de Cometti *et al.* (2008), os pesquisadores concluíram que valores de condutividade elétrica superiores no cultivo de inverno promovem maiores rendimentos produtivos para cultura, porém quando extrapolam as doses recomendadas para a época, a maior concentração de nutrientes pode restringir a absorção de água, reduzindo a massa fresca e o desenvolvimento do sistema radicular, mesmo nos cultivos de inverno, evidenciando assim, a necessidade de se conhecer os valores máximos e mínimos de concentração de solução nutritivas para os distintos períodos sazonais.

Para rúcula hidropônica, Guerra *et al.* (2011), no período de verão, analisando quatro concentrações de solução nutritiva, sendo que uma delas extrapolava o valor recomendado para cultura, encontraram respostas semelhantes às de Cometti *et al.* (2008), concluindo que para este período a concentração ideal para o cultivo de rúcula seria de 50% da formulação (CE 1,3 mS cm⁻¹) recomendada por Furlani *et al.* (1999). Portanto observa-se que a redução da concentração da solução nutritiva pode apresentar diminuição dos custos de produção e aumento da eficiência do uso dos nutrientes (Siddiqi *et al.*, 1998). Vale salientar que o uso de concentrações excessivas nas soluções nutritivas pode reduzir a absorção de água e conseqüentemente o transporte de nutrientes, como conseqüência, ocorre menor desenvolvimento e ganho de massa fresca, ou seja, redução da produtividade (Epstein, 1975).

2.3 Produção de rúcula hidropônica

A Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM) registrou um aumento de 58,3% na comercialização de sementes desta hortaliça entre os anos de 2000 a 2009. A área plantada correspondia a 24.780,63 ha, gerando um faturamento no mercado de sementes de US\$ 206.238, só no ano de 2009 (Udsen, 2016). A Companhia de Entrepostos e Armazéns Geral do Estado de São Paulo (CEAGESP) registrou a entrada de 2126 toneladas de rúcula no ano de 2016 (CEAGESP, 2020).

Em hidroponia, Santos *et al.* (2011) encontraram valores de produtividade estimados em 2,271 kg m⁻², ao avaliar o desempenho de cinco genótipos de rúcula em duas soluções nutritivas diferentes, no período de outono-inverno. Já Cavariani (2005), avaliando a influência de distintas concentrações de solução nutritiva para rúcula sobre a produtividade, encontrou valores de 3,3 kg m⁻². Ambos autores encontraram valores superiores aos obtidos em condições de campo por Purquerio *et al.* (2007) (1,3 kg m⁻²) e por Freitas (2009) que obteve o máximo de 1,6 kg m⁻² no cultivo de outono-inverno e 3,1 kg m⁻² no cultivo de verão.

Freitas (2009), avaliando duas épocas de plantio de rúcula em diferentes espaçamentos, encontrou interação entre as variáveis estudadas para o rendimento de massa fresca e maior produtividade no período de setembro a outubro. Portanto a maior produtividade, obtida no cultivo próximo ao período de primavera dos trabalhos citados anteriormente, deve-se ao fato de que a radiação solar se intensifica neste período, pois os fatores ambientais que mais influenciam no processo fotossintético das plantas podem

ser externos (ambientais) ou internos (genéticos e fisiológicos). Dentre os fatores externos com efeito direto na fotossíntese, está a luz solar, que neste processo é utilizada na transformação de energia luminosa em energia química e este é influenciado, dentre outros fatores, pela intensidade, duração e qualidade da luz solar. E a intensidade de radiação solar varia conforme a latitude, estação do ano, horas do dia e a exposição topográfica (Floss, 2000). Assim, observa-se efeito de sazonalidade, nos trabalhos supracitados para a produção de rúcula, tanto em cultivo no campo como e em hidroponia, e que a produção da mesma em sistema hidropônico proporciona maiores rendimentos por m².

A rúcula cultivada em sistema hidropônico é vendida em molhos, estes são compostos por conjuntos de plantas produzidas em um orifício de canal de cultivo, ou de dois quando o molho não atinge o padrão comercial em volume, no momento da colheita. No entanto, nesta última situação, há redução da metade do potencial produtivo do sistema, sendo, portanto, necessário evitar esta situação. Entretanto, não há recomendações na literatura sobre qual a população mais adequada e para cada época do ano, a fim de que cada orifício no sistema produza uma unidade de comercialização de rúcula.

Esta unidade de comercialização depende da produção de biomassa pelas plantas a partir da radiação interceptada por elas, e isso depende de processos fisiológicos, que ocorrem à escala de aparato fotossintético e resultam na chamada eficiência do uso da radiação solar (Bergamashi & Bergonci, 2017). A distribuição desta radiação que chega até as plantas é reduzida gradualmente em cada profundidade de cobertura vegetal, sendo o interior da cobertura o local com menor incidência de luz (Larcher, 2000). A rúcula é uma planta de porte baixo, folhas com pecíolo mediano, limbo recortado e de forma esticada, distribuídas em forma de rosetas (Filgueira, 2008) e na maioria dos casos semeada com mais de uma semente por cova (Furlani *et al*, 2009b) ou por cubo de espuma fenólica na hidroponia, seu crescimento, de forma geral, apresenta-se em formato alongado, característico da competição por luz pelas plantas que compõe o molho, sendo que as folhas mais baixas, normalmente, recebem menos luz, e deste modo, ocorre uma redução da eficiência fotossintética. Para Larcher (2000), a forma e a estrutura da planta condicionam a luminosidade interceptada, sendo assim, o posicionamento ereto das folhas das plantas pode reduzir a interceptação de luz pelas folhas do baixeiro em altos adensamentos.

A disponibilidade da radiação que chega as folhas é primeiramente condicionada à radiação global incidente, e esta varia conforme as estações do ano (Larcher, 2000), do mesmo modo o aumento no adensamento de plantas por molho, pode influenciar nesta distribuição da radiação, portanto é necessário conhecer o comportamento do conjunto de plantas que compõem o molho nestas diferentes estações.

Apesar de que a recomendação para o cultivo da rúcula seja de temperaturas amenas, ela tem sido produzida o ano todo, sendo que, em temperaturas elevadas pode ocorrer emissão prematura do pendão floral, e as folhas tornam-se menores e rijas (Maia; Medeiros; Filho, 2006). Demonstrando a importância de se verificar as variações sazonais para o cultivo de rúcula em solo, Reghin *et al.* (2005) analisaram as respostas produtivas em função do espaçamento entre plantas, com diferentes densidades de plântulas por cova, durante as estações de outono e inverno, e constataram que os tratamentos que promoveram maiores rendimentos foram o menor espaçamento entre molhos no outono, e tanto o menor espaçamento quanto a maior densidade de mudas por cova no inverno. Os resultados evidenciaram que maiores densidades, no período de inverno, promovem maior rendimento produtivo para esta cultura a campo.

2.3.1 Produção de mudas de rúcula hidropônica

Em hidroponia, a produção de mudas ocorre de maneira diferente aos cultivos no solo. As mudas destinadas ao cultivo em sistema NFT, os substratos granulares utilizados para produção de mudas para cultivos no solo ou em substratos podem causar problemas de entupimento do sistema. Neste caso, há a necessidade de retirar os grânulos aderidos às raízes antes do transplante, fato que aumenta a mão de obra e facilita a entrada de patógenos por ocasião de rompimento do sistema radicular (Santos, 2009). Deste modo, a espuma fenólica tem se mostrado um bom substrato para a produção de mudas em hidroponia, por ser um material inerte e com boa retenção de água, bem como proporciona boa sustentação para as plantas e evita danos ao sistema radicular das mesmas (Bezerra Neto *et al.*, 2010).

A espuma fenólica é constituída à base de resina fenólica, fabricada em cubos nos mais diversos tamanhos, dispensando a necessidade de recipientes. Por se tratar de um material inerte é ótimo para hidroponia estrita, como o NFT. Para isso basta umedecer a mesma, realizar a perfuração no tamanho desejado e semear (Santos, 2009). Não são encontrados na literatura, recomendações sobre o tamanho de espuma fenólica adequado

para o cultivo de rúcula, assim como o tamanho da perfuração da espuma ou mesmo pouca informação sobre a quantidade de sementes a ser colocada por cubo, que embora seja recomendada de 5 a 10 sementes por Furlani *et al.* (2009b), é bem inferior a quantidade praticada pelos produtores da região, de 10 a 40 sementes.

Para a produção de mudas de rúcula para sistemas de cultivo no solo há inúmeros estudos sobre a densidade de sementes por célula de bandeja (Reghim; Otto & Vinne, 2004a; Reghin; Otto & Olinik, 2005; Freitas *et al.*, 2009; Gonçalves, 2013). Reghin; Otto & Vinne (2004a) concluíram que a densidade de quatro mudas por célula de bandeja, transplantadas em espaçamento de 0,20 x 0,10 m, é a alternativa mais adequada para aumentar o rendimento de rúcula em maços. Já Reghin; Otto & Vinne (2005) concluíram que a densidade de duas sementes por célula é mais vantajosa para se obter alta qualidade e altos valores de massa fresca da planta.

Pereira *et al.* (2014) relatam desempenho negativo na produtividade da rúcula quando submetida a diferentes espaçamentos entre fileiras e entre plantas, nos maiores adensamentos, atribuindo-se à alta densidade populacional, competição interespecífica e destacando-se a competição pela luz entre as plantas.

Embora os espaçamentos sejam bastante discutidos, e já se tenham obtido as recomendações para o plantio ou transplante de rúcula em solo, estas são específicas para produção neste sistema, onde a competição entre molhos por nutrientes e água no canteiro se dá entre linhas e na linha, enquanto que na hidroponia em NFT, a competição por nutrientes e água ocorre entre plantas ou molhos somente na linha, conforme observado nos estudos de Luz *et al.* (2012), que constataram interferência no desempenho de coentro e salsa em diferentes posições do perfil hidropônico, através da interação do sistema radicular das plantas, ao longo do canal, e que estas interações variam de espécie para espécie.

2.3.2 – Solução nutritiva para rúcula hidropônica

Para rúcula a CE deve ser baixa, ficando em torno de 1,50 mS cm⁻¹, entretanto deve-se levar em conta a demanda evaporativa em que as plantas estão sendo submetidas. Para o estágio de produção de mudas, o valor do CE deve ser a metade do praticado na bancada de crescimento final não devendo ultrapassar 1,00 mS cm⁻¹. Já o pH da solução nutritiva, em ambos estágios de desenvolvimento, deve ser mantido entre 5,5 a 6,5, sendo que para a rúcula quanto mais perto do 5,8 melhor (Barcelos, 2009).

A formulação da solução nutritiva adequada depende principalmente, espécie, cultivar, estágio fenológico, dos fatores ambientais, época do ano, parte da planta a ser colhida e o tipo de sistema hidropônico (Rodrigues, 2002). Em vista disso, Santos *et al.* (2005) elaboraram uma formulação de solução nutritiva específica para rúcula hidropônica para as condições climatológicas de Santa Maria – RS. Anos depois, o mesmo autor compara a solução proposta em 2005 com uma nova com o objetivo de identificar qual a solução nutritiva com melhor relação custo benefício para o cultivo de cinco cultivares de rúcula hidropônica. Santos *et al.*, (2011) concluíram que a formulação de Santos *et al.*, (2010), além de obter o menor custo, conferiu maior produtividade às plantas em massa fresca e seca da parte aérea quando comparada a formulação de Santos *et al.* (2005). Por esta razão, o presente estudo utilizará esta formulação como base para as concentrações de macronutrientes a serem testadas nas diferentes épocas. Segundo Rodrigues (2002) como a absorção de nutrientes é menor no inverno que no verão, as concentrações nas diferentes épocas devem ser aumentadas ou diminuídas, para otimizar a produção e até mesmo diminuir os custos.

2.4 Referências

- AMORIM, H. C.; HENZ, G. P.; MATTOS, L. M. **Identificação dos tipos de rúcula comercializados no varejo do Distrito Federal**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 34).
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2013.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999.
- ANUÁRIO BRASIL HIDROPONIA. Novo Hamburgo: Editora Comunicação Equilíbrio Sustentável, 2018.
- BARCELOS, J. Cultivo hidropônico de rúcula. *In*: SANTOS, O. S. **Hidroponia**. Santa Maria: UFSM, 2009. cap. 15, p. 209-221.
- BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima – princípios e aplicações**. Guaíba: Agro Livros, 2017.
- BEZERRA NETO, E. *et al.* Tratamento de espuma fenólica para produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 418–422, 2010.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo – hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.

CASTRO, A. C. Formulaci3n de la soluci3n nutritiva. Par3metros de ajuste. *In*: MILAGROS, M. F.; G3MEZ, I. M. C. (ed.). **Cultivos sin suelo II. Curso Superior de Especializaci3n**. 2. ed. Almer3a: DGIFA-FIAPA – Caja Rural de Almer3a, 1999. p. 257-266.

CAVARIANNI, R. L. *et al.* Produtividade de cultivares de r3cula em fun33o da dilui33o da solu33o nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Bras3lia, DF, v. 23, p. 406-410, 2005.

COMETTI, N. N. *et al.* Efeito da concentra33o da solu33o nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidrop3nico-sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Bras3lia, DF, v. 26, n. 2, p. 262–267, 2008.

CRUZ, A. L. M. *et al.* Caracteriza33o morfol3gica de variedades comerciais de r3cula (*Eruca sativa*). **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 26, n. 2, p. S4071-S4074, jul./ago. 2008. Suplemento CD ROM.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia**: cultura sem terra. S3o Paulo: Nobel, 1987.

EPSTEIM, E.; BLOOM, A. J. **Nutri33o mineral de plantas**: princ3pios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Planta, 2006.

EPSTEIN, E. **Nutri33o mineral das plantas**: princ3pios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros T3cnicos e Cient3ficos, 1975. 344 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produ33o e comercializa33o de hortali33as. 2. ed. Vi3osa, MG: UFV, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produ33o e comercializa33o de hortali33as. 3. ed. Vi3osa, MG: UFV, 2008.

FLOSS, E. L. **Fisiologia de plantas cultivadas**: o estudo que est3 por tr3s de tudo que se v3. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

FREITAS, K. K. C. *et al.* Desempenho agron3mico de r3cula sob diferentes espa3amentos e 3pocas de plantio. **Revista Ci3ncia Agron3mica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 449–454, 2009.

FURLANI, P. R. *et al.* Cultivo hidrop3nico de plantas: parte 3 - produ33o de mudas para hidroponia. **Infobios – Informa33es Tecnol3gicas**, [s. l.], 2009b. Artigo em hipertexto. Dispon3vel em:
http://www.infobios.com/artigos/2009_2/hidroponiap3/index.htm#:~:text=Quatro%20principais%20tipos%20de%20mudas,rocha%2C%20argila%20expandida%20e%20areia. Acesso em: 2 fev. 2020.

FURLANI, P. R. *et al.* Nutri33o mineral de hortali33as, preparo e manejo de solu33es nutritivas. **Informe Agropecu3rio**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, 1999.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GROWING MEDIA AND HYDROPONICS, Kassandra, Macedonia, Greece, 1999. **Proceedings** [...]. [Leuven]: ISHS, 1999b. 7. p. 777.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. (Boletim técnico, 168).

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 481, p. 777-778, 1999a.

FURLANI, P. R. *et al.* Cultivo hidropônico de plantas: parte 2 - solução nutritiva. **Infobios – Informações Tecnológicas**, [s.l.], 2009. Artigo em hipertexto. Disponível em: http://www.infobios.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm. Acesso em: 2 fev. 2020.

GONÇALVES, E. D. V. **Crescimento e produção de rúcula (*Eruca Sativa L.*) em função dos espaçamentos e da época de cultivo**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2013.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, p. 163–165, 1997. Suplemento. Trabalho apresentado no 37º Congresso Brasileiro de Olericultura, Manaus, 1997.

GUERRA, G. M. P. *et al.* **Cultivo hidropônico de rúcula em diferentes concentrações de solução nutritiva, em NFT**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

HELBEL JUNIOR, C. *et al.* Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1142–1147, 2008.

HELBEL JUNIOR, C. *et al.* Soluções nutritivas, vazões e qualidade da alface hidropônica. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 292, 2007.

JONES, J. Benton Jr. **Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies**. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 5, n. 8, p. 1003-1030, 1982.

LARCHER, W. **Ecologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 550 p.

LONDERO, F. A. A. **Reposição de nutrientes em soluções nutritivas no cultivo hidropônico de alface**. 2000. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

LUZ, J. M. Q. *et al.* Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 589–597, 2012.

MACHADO, F. F. *et al.* Análise de frações de fibra alimentar em rúcula e alface em diferentes estágios de maturação, sob sistema hidropônico. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 3, n. 2, p. 401-406, 2011.

MAIA, A. F. C. A.; MEDEIROS, D. C.; LIBERALINO FILHO, J. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 89-95, 2006.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. 3. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2017.

MARTINEZ, H. E. P.; BARBOSA, J. G. Substratos para hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 200, n. 200/201, p. 81 – 89, 1999.

MORALES, M.; JANICK, J. Arugula: a promising specialty leaf vegetable. *In*: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (ed.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria, VA: ASHS Press, 2002. p. 418-423.

PADULOSI, S.; PIGNONE, D. (ed.). **Rocket: a Mediterranean crop for the world: report of a workshop 13–14 Dec. 1996**, Legnaro (Padova), Italy. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. 101 p.

PEGADO, D. S. *et al.* Densidade de plantio de rúcula, em sistemas de cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 405, 2004.

PEREIRA, Edilaine R. *et al.* Desempenho da cultura da rúcula cultivada em época de verão em túneis baixos de polietileno perfurado. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 285-290, 2004.

PEREIRA, J. C. M. *et al.* **Interferência do espaçamento no crescimento da rúcula**. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 2, p. 1418–1425, 2014.

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 119 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/103253>. Acesso em: 20 fev. 2020.

PURQUERIO, L. F. V. *et al.* Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 464-470, 2007.

PURQUERIO, L. F.; CARNEIRO JÚNIOR, A. G.; GOTO, R. Tipos de bandejas e número de sementes por célula sobre o desenvolvimento e produtividade de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, [p. 1-5], 2004.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência Agrotécnica**, Ponta Grossa, v. 28, n. 2, p. 287-295, 2004a.

REGHIN, M. Y. *et al.* Efeito do espaçamento e do número de mudas por cova na produção de rúcula nas estações de outono e inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, [p. 953-959], 2005.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R. Respostas produtivas de rúcula em função do espaçamento e tipo de muda produzida em bandejas contendo duas ou quatro plântulas por célula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, [p. 1-6], jul. 2004b. Supl. 2.

RESH, Howard M. **Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción**. 3. ed. Madrid: Edicione Mundi-Prensa, 1996. 509 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

SANTOS, O. *et al.* Produção de cinco cultivares de rúcula em duas soluções hidropônicas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 4, p. 468–472, 2011.

SANTOS, O. S. **Hidroponia**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, 2009. 392 p.

SANTOS, O. S. **Elaboração de solução hidropônica para rúculas**. Santa Maria: UFSM, Colégio Politécnico, 2010. 8 p.

SIDDIQI, M. Y. *et al.* Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 21, n. 9, p. 1879–1895, 1998.

UDSEN, S. O mercado de folhosas: números e tendências. *In*: FOLHOSAS: SEMINÁRIO NACIONAL, 2016, Campinas, SP. [**Trabalhos apresentados...**]. Campinas, SP: ABCSEM, WIN, 2016. Disponível em: https://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/O_mercado_de_folhosas__Numerencias_-_Steven.pdf. Acesso em: 11 fev. 2020.

3. ARTIGO 1

Rúcula hidropônica sob diferentes densidades e concentrações de solução no período de verão e primavera *

* Artigo formatado segundo as normas da Revista Caatinga.

DENSIDADE DE PLÂNTULAS E CONCENTRAÇÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA RÚCULA HIDROPÔNICA NO PERÍODO DE VERÃO E PRIMAVERA

RESUMO – Atualmente as informações sobre a densidade de semeadura para o cultivo de rúcula (*Eruca sativa* Miller) advém das técnicas utilizadas no cultivo em solo. No entanto, o sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) possui outras características, para as quais a densidades de plântulas por molho também precisa ser adaptada, assim como a concentração da solução nutritiva. Realizaram-se dois experimentos (primavera e verão) em delineamento experimental de blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, testaram-se diferentes concentrações da solução nutritiva de Santos (2010) (100% CE 2.28 dS m⁻¹ e 75% CE 1.85 dS m⁻¹) e diferentes densidades (5, 10, 15, 20 e 25 plântulas molho⁻¹), com 3 repetições. Foram avaliadas: altura da maior folha (AMF), número de folhas por molho (NF), número médio de folhas por planta do molho (NFP), área médias das folhas do molho (SMF), massa fresca e seca da parte aérea do molho (MFPA e MSPA) e das plantas que o compõe (MFPAP e MSPAP), conteúdo de massa seca do molho (CMS) e produtividade. Concluiu-se que as maiores densidades promovem maiores ganhos em massa fresca. O conteúdo de massa seca decresceu devido à competição entre as plantas na unidade de produção. Este efeito foi mais expressivo a partir de 20 plântulas/molho. A produtividade apresentou crescimento conforme a adição de plântulas, o mesmo não foi observado na qualidade das plantas que compuseram o molho. A solução nutritiva com 100% da concentração apresentou os maiores valores para todas as variáveis em ambas as épocas exceto pelo conteúdo de massa seca.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Miller, autossombreamento, NFT, condutividade elétrica, cultivos sem solo

SEEDLING DENSITIES AND CONCENTRATIONS OF NUTRIENT SOLUTION FOR HYDROPONIC ARUGULA IN THE SUMMER AND SPRING

Author: Wagner Dutra Pinheiro

Advisor: Prof. Tatiana da Silva Duarte, Ph.D

ABSTRACT

Currently the information regarding the seeding density of arugula (*Eruca sativa* Miller) comes from techniques used in soil culture. However, the Nutrient Film Technique (NFT) requires specific seedling densities per bunch and nutrient solution concentrations. Two experiments were conducted (summer and spring) in a split-plot completely randomized design. Different concentrations of Santos hydroponic solution (2010) (100% EC 2.28 dS m⁻¹ and 75% EC 1.85 dS m⁻¹) and different densities (5, 10, 15, 20 and 25 plants bunch⁻¹) were tested, with three repetitions. Height of the biggest leaf, number of leaves per bunch, average number of leaves per bunch, average area of leaves per bunch, wet and dry biomass of the shoot and of the plants that compose the bunch, dry biomass of the bunch and leaf yield were evaluated. Results demonstrated that greater densities promoted higher gains of fresh biomass. The dry biomass decreased due to competition between plants in the production unit. This effect was more significant from 20 plants per bunch. Even though leaf yield was higher with the increase of seedlings, the quality of plants did not exhibit the same results. Excluding dry biomass, the 100% EC solution presented greater values for all the variables in both summer and spring.

Key words: *Eruca sativa* Miller, self-shading, NFT, electric conductivity, soilless cultivation.

3.1 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma das hortaliças que vem ganhando espaço no mercado brasileiro, principalmente em função da mudança de hábitos alimentares da população. Além disso, é considerada uma planta medicinal com propriedades digestivas, diuréticas, estimulantes, laxativas e antiinflamatórias, além de ser fonte de vitamina C e ferro (PORTO et al., 2013).

Com o crescimento dos cultivos sem solo, em especial do sistema hidropônico em NFT (*Nutrient Film Technique*), a rúcula é a segunda hortaliça folhosa mais produzida neste sistema (ANUÁRIO BRASIL HIDROPONIA, 2018, p.5), pois este garante maior produtividade, maior qualidade, menor ciclo de cultivo e maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes. As mudas hidropônicas para sistema NFT são produzidas diretamente em cubos de esponja de derivado fenólico (MARTINEZ, 2017), servindo como recipiente e substrato simultaneamente. Entretanto, para este sistema as recomendações sobre densidade de semeadura são inexistentes, enquanto para produção de mudas de rúcula para sistemas de cultivo no solo há estudos indicando as densidades (LIMA et al., 2013; CECÍLIO FILHO, 2014).

Embora estes espaçamentos sejam bastante discutidos e já se tenha recomendações para produção de rúcula no solo, estas são específicas para produção neste sistema, onde a competição por nutrientes, água e radiação solar entre plantas no canteiro ocorre entre linhas assim como na linha, enquanto que na hidroponia em NFT, a competição por nutrientes e água ocorre entre plantas somente na linha, conforme observado nos estudos de Luz et al. (2012), que constataram interferência no desempenho de coentro e salsa, atribuindo estes resultados a não uniformidade da solução nutritiva ao longo do perfil (canais com mais de quatro metros de comprimento), através da interação com o sistema radicular das plantas ao longo do canal, variando de espécie para espécie.

Observa-se que a produção hidropônica de rúcula, no Brasil, é realizada a partir do conhecimento empírico desenvolvido, até o presente momento, pelos produtores e empresas especializadas, que em grande número utiliza densidades que variam de 10 a 40 sementes por cubo de espuma fenólica (BARCELOS, 2012). No entanto a competição pelos fatores de crescimento entre as plantas que compõem o molho, como radiação e nutrientes podem alterar a forma e a estrutura das plantas.

Outro aspecto fundamental no sistema hidropônico tipo NFT para o cultivo de plantas, é a solução nutritiva, pois tem papel essencial no crescimento das plantas. E a sua formulação e concentração de nutrientes dependem de vários fatores, tais como

estágio fenológico das plantas, época do ano (intensidade luminosa), temperatura do ar e a espécie vegetal. Tendo em vista as diferenças genotípicas, ambientais e das fases de desenvolvimento das culturas faz-se necessário conhecer as concentrações mínimas exigidas por elas, principalmente em estações do ano com alta demanda evaporativa como as que ocorrem no verão e primavera (RESH, 2012).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção em sistema NFT sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta para a cultura por Santos et al. (2010), no período de verão e primavera em clima subtropical úmido.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Faculdade de Agronomia do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre-RS (latitude 30°04'S e longitude 51°08'W). O ambiente de cultivo foi uma estufa tipo arco de 144 m² (24 x 6m) e 3,5 m no centro, coberta com filme difusor, com aditivo ultravioleta e densidade de 120 µm.

Foram realizados dois experimentos, no período de verão, de 23 de janeiro a 13 de fevereiro, completando ciclo de 21 dias e na primavera, de 19 de novembro a 13 de dezembro de 2019, apresentando ciclo de 24 dias. Para ambos os períodos se utilizou uma tela com 50% de sombreamento, sob o plástico de cobertura e acima da cultura, na altura do pé direito da estufa. Utilizou-se tela de sombreamento por 7 dias consecutivos, do primeiro ao sétimo dia após o transplante, no período de verão, e por 18 dias alternados no período de primavera, conforme a temperatura do ar e a nebulosidade do dia. As médias das temperaturas mínimas e máximas no interior do ambiente de cultivo foram de 17,8 e 28,7 °C, respectivamente, para o período de verão e de 17,8 e 34,1°C para o período de primavera durante o período experimental. Os dados foram obtidos por termohigrômetro digital modelo AK70.

Utilizou-se a cultivar de rúcula Astro Folha Larga da SAKATA® semeando manualmente de 20 a 30 sementes em cubos de espuma fenólica (2,0 x 1,9 x 1,9 cm), previamente lavadas em água corrente e hidratadas por 24 h. Após a semeadura, foram mantidas em temperatura ambiente e protegidas da luz solar por 48 h. Posteriormente, foram levadas para o interior da estufa de produção e alocadas em mesa de crescimento,

onde passaram a receber a solução nutritiva de Santos (2010) a 50% da concentração por 7 dias, em ambos os experimentos. Antecedendo o transplante, os cubos foram levados ao laboratório para realização do desbaste com a finalidade de manter o número de plântulas desejadas. Após, foram levadas a bancada de produção com espaçamento de 20 cm entre furos e 11 cm entre linhas.

Os fatores experimentais estudados foram densidades de plântulas por molho (5, 10, 15, 20 e 25 plântulas por molho) e concentrações de macronutrientes de solução nutritiva (100% e 75%, com CE de 2.28 e 1.85 dS m⁻¹, respectivamente) recomendada por Santos et al. (2010). Para o preparo da concentração de 100% macronutrientes na da solução nutritiva foi utilizado (mmol L⁻¹): 12.38 NO₃⁻; 1.27 H₂PO₄⁻; 3.33 SO₄⁻²; 1.96 NH₄⁺; 9.35 K⁺; 3.45 Ca⁺²; 1.05 Mg⁺², sendo que para a menor concentração reduziu-se em 25%. Para a formulação de micronutrientes, em ambas concentrações, utilizou-se formulação comercial ConMicros Standart[®] e Oligoferro Premium[®] EDDHA 6%, para o cultivo de folhosas em geral, conforme recomendações do fabricante. O fornecimento da solução nutritiva foi realizado de forma intermitente a cada 15 minutos entre 07:00 e 18:00 h e a cada 15 minutos com intervalo de uma hora das 19:00 as 06:00 h.

As soluções foram monitoradas diariamente através das medidas de condutividade elétrica (CE) e pH. O valor da condutividade elétrica foi mantido por meio da adição de água ou nutrientes no reservatório, permitindo no máximo a redução 20% do volume de solução no tanque. O pH das soluções foi mantido entre 5.5 e 6.5. Neste estudo, em ambas épocas, foi necessário somente a adição de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0.1M para redução do pH.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, onde a parcela corresponde à concentração da solução nutritiva e a subparcela às densidades de plântulas, com três repetições. Cada parcela foi composta por uma bancada com cinco canais ligados a um reservatório central de 380 litros para cada concentração de solução nutritiva.

Ao término dos experimentos, foram coletados seis molhos centrais de cada tratamento, sendo avaliado por molho: altura da maior folha (HMF), número de folhas total (NF), aparência de embalagem (AE), dada pelo diâmetro aproximado do molho, medido através de cilindros em seis diâmetros diferentes (de 12 a 17 cm) sendo convertidos para classes de 0 a 5, respectivamente, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade em g m⁻² e conteúdo de massa seca

(CMS), calculado pela expressão $CMS = \left(\frac{MSPA}{MFPAP}\right) * 100$. A partir dos dados coletados foram calculadas as variáveis: número médio de folhas por planta (NFP), dada por $NFP = \frac{NF}{NP}$ (onde NP corresponde ao número de plantas que compunham o molho), área média das folhas (AMF), dada por $AMF = \frac{AF}{NF}$ (onde AF corresponde a área foliar total do molho), massa fresca média da parte aérea das plantas do molho (MFPAP), dada por $MFPAP = \frac{MFPA}{NP}$, massa seca média da parte aérea das plantas do molho (MSPAP), dada por $MSPAP = \frac{MSPA}{NP}$.

Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F, as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do Software estatístico R, versão 3.3.1 (2016). As variáveis testadas, que demonstraram diferença significativa foram submetidas à análise de regressão polinomial, com o software Sigma Plot versão 12.0, de acordo com o modelo de maior ajuste (R^2).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores solução nutritiva e densidade de plântulas/molho ($p > 0,05$) somente para a variável conteúdo de massa seca (CMS) no período de primavera. Enquanto no período de verão a interação não foi significativa para nenhuma das variáveis.

O número de folhas (NF) total do molho foi influenciado pelo aumento do número de plântulas no mesmo, demonstrado através do comportamento polinomial da curva, que não atingiu o ponto de máxima, para ambas as concentrações de macronutrientes e em ambas as épocas estudadas (Figura 1A). No entanto, analisando a média do número de folhas em cada planta que compõe o molho (NFP), esta não respondeu da mesma forma, apresentando redução com o aumento da densidade de plantas (figura 1B).

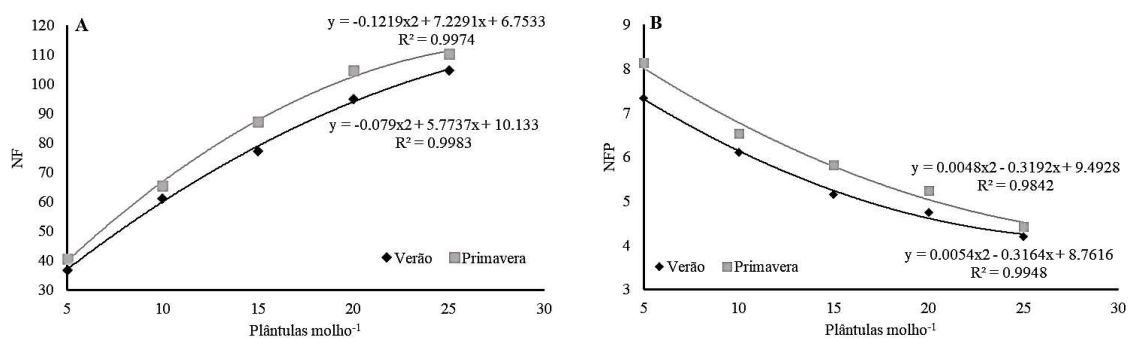


Figura 1. Número de folhas por molho (NF) (A) e número de folhas por planta (NFP) (B) de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob diferentes densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010) nos períodos de verão e primavera. Porto Alegre – RS, 2020.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cecílio-Filho et al. (2011), testando a influência do espaçamento sobre o crescimento e a produtividade de repolho roxo, quando foi constatado uma redução do número de folhas em decorrência do aumento da densidade populacional.

A competição entre as plantas no molho reduziu o número de folhas por planta, conforme observado na figura 1B, para ambas épocas de estudo, sinalizando a ocorrência de competição por luz com o aumento da densidade. Na agricultura, o controle da densidade populacional das plantas possibilita uniformidade na absorção da radiação. Além disso, a redução da absorção de luz pode promover a indução do encerramento do processo de desenvolvimento, como observado na redução da emissão de novas folhas por planta no molho (NFP) (Figura 1B); afetar a velocidade e extensão do crescimento quantitativamente conforme observado na AMF (Figura 2 A e B) e MFPAP (Figura 2 C e D); assim como a morfogênese e o tropismo, alterando a forma e a estrutura da planta, situação observada na AMF e HMF, nos dois períodos (Figura 2 A, B, C e D, respectivamente) (LARCHER, 2000).

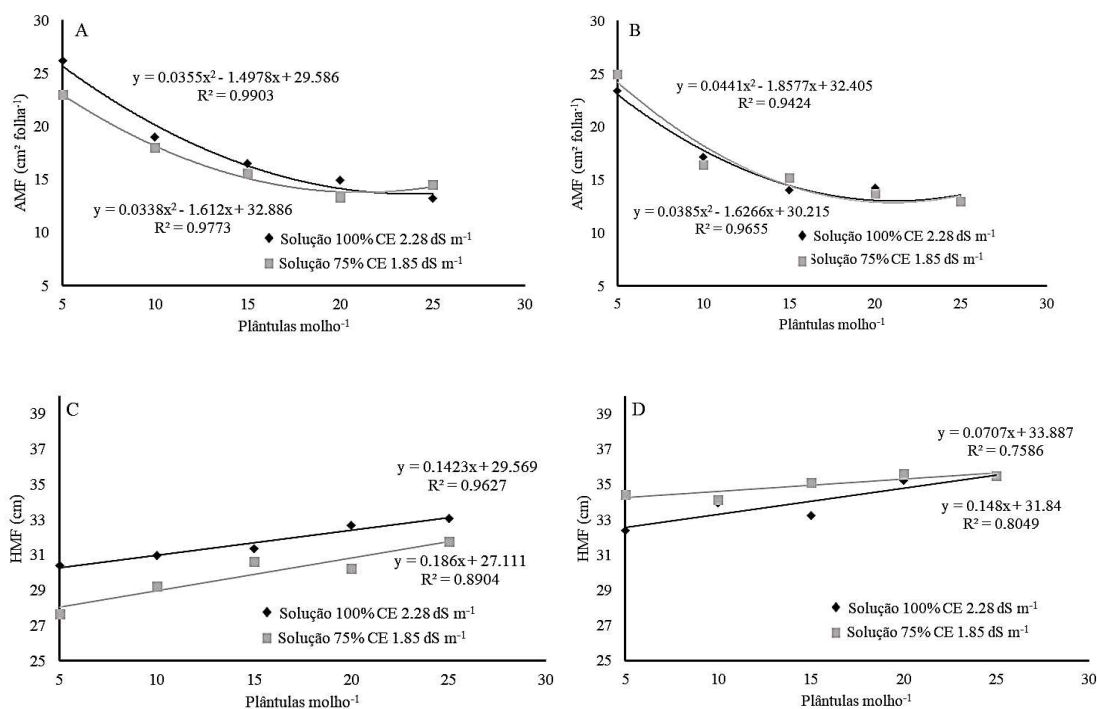


Figura 2. Área média de folhas (AMF) no verão (A) e na primavera (B), altura da maior folha (HMF) no verão (C) e na primavera (D) de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), Porto Alegre – RS, 2020.

A área média das folhas (AMF) (figura 2 A e B), em ambas épocas do estudo, diminuiu de forma quadrática até a densidade de 20 plantas por molho, levando conseqüentemente à redução dos padrões de folhas exigidos pelos atacadistas e mercados consumidores, que têm preferência por rúcula de folhas largas (SILVA, 2019). Ainda assim, a prática de aumento da densidade de semeadura, com o objetivo de atingir um volume maior de embalagem, é comum entre os hidroponistas. Observa-se que esta prática adiciona maior volume e aparência de embalagem, no entanto reduz a área média das folhas, característica indesejada pelos consumidores.

A HMF teve um comportamento crescente, em ambas as épocas, sendo que para o período de verão a concentração de 100% de macronutrientes propiciou as maiores alturas (figura 2 C). No entanto, na primavera os maiores valores foram obtidos pela solução de 75%, igualando-se a partir da densidade de 25 plântulas por molho (Figura 2 D). Considerando a diferença de valores obtidos de HMF em cada uma das épocas, onde as plantas do período de primavera apresentaram em média 2.4 e 5.1 cm a mais na solução

de 100% e 75%, respectivamente, em relação ao período de verão, pode-se atribuir esta diferença entre as épocas ao período de uso da tela de sombreamento em ambas, visto que na primavera a tela permaneceu sobre as plantas por 21 dias, enquanto no verão por 7 dias. As decorrências referentes ao uso da tela de sombreamento são semelhantes aos obtidos por Da Costa et al. (2011), que testando o efeito de diferentes intensidades de sombreamento por telas em rúcula cultivada no solo e a céu aberto, constataram que as maiores alturas de planta foram obtidas na tela de sombreamento de 50%. Os períodos de uso da tela de sombreamento são resultantes das condições climáticas registradas em cada época, que atingiu valores máximos médios de 28,7 °C no período de verão e 34,0 °C no período de primavera, valor inversamente ao esperado para os períodos, influenciando também o efeito nas plantas da concentração da solução nutritiva.

O aumento no número de plântulas por molho influenciou também no acúmulo de MFPA em ambos os períodos de estudo (figura 3 A e B), sendo crescente com o aumento da densidade de plântulas por molho para ambas as concentrações de macronutrientes, sendo que os molhos com maior densidade de plântulas obtiveram os melhores resultados, no entanto, não atingiram o ponto máximo da curva para nenhuma das concentrações.

A MFPAP foi decrescente com o aumento da densidade populacional no molho, tanto no verão quanto na primavera, reduzindo o acúmulo médio por planta que compõe o molho, dada possivelmente pela competição por luz.

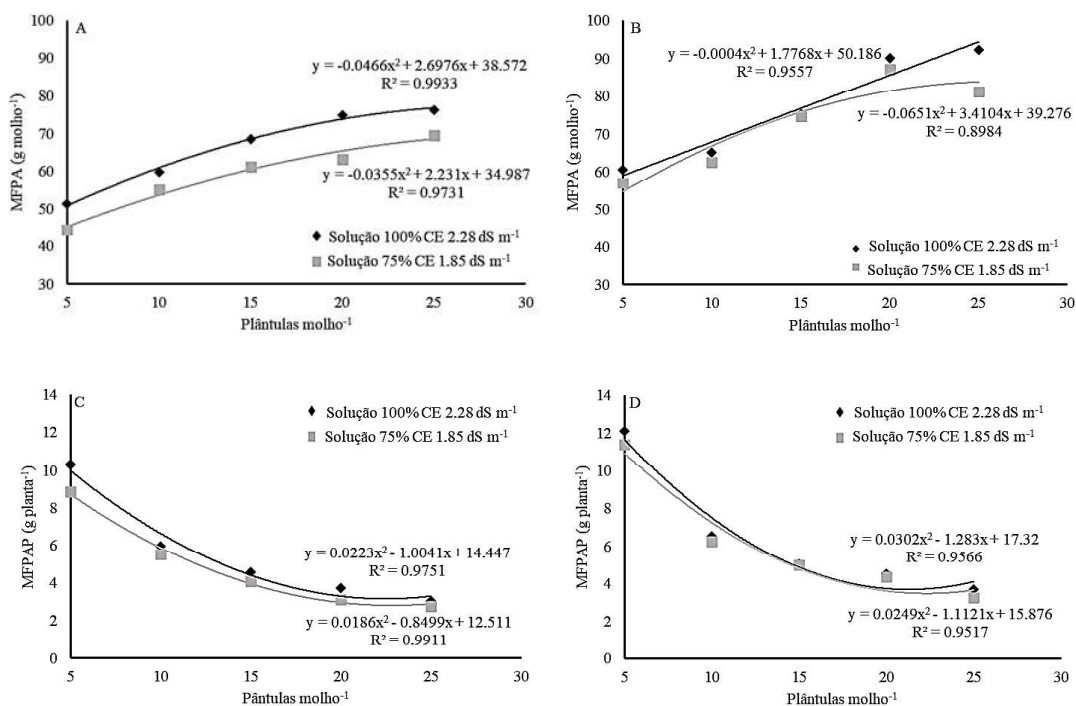


Figura 3. Massa fresca da parte aérea (MFPA) do molho no verão (A) e na primavera (B), massa fresca da parte aérea média das plantas (MFPAP) que compõem o molho no verão (C) e na primavera (D), de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010). Porto Alegre – RS, 2020.

O cultivo com a solução nutritiva de menor concentração de macronutrientes resultou em menor crescimento da massa fresca das plantas nas duas épocas, conforme indicado pelos resultados de MFPA e MFPAP. Resultados diferentes foram encontrados por Luz et al. (2011) testando concentrações de solução nutritiva, sendo a maior condutividade elétrica utilizada de 2.2 dS m^{-1} , concluiu que as concentrações não apresentaram diferença significativa entre si, entretanto os autores utilizaram a densidade de três plântulas por molho. Em outro estudo, de Luz et al. (2012), também no período de verão, avaliando o efeito das mesmas concentrações na produção de coentro e salsa crepsa, encontraram os melhores resultados na condutividade elétrica de 1.8 dS m^{-1} , sendo que, acima deste valor ocorreu efeito inverso, pois o excesso de nutrientes disponíveis passou a prejudicar o metabolismo das plantas.

A solução nutritiva de 75% de macronutrientes também apresentou os menores valores de produtividade quando comparada com a de 100% (Figura 4A e B). Entretanto, a maior produtividade obtida na maior densidade estudada foi de $3,82 \text{ Kg m}^{-2}$ no período de verão e $4,72 \text{ kg m}^{-2}$ no período de primavera, superior aos valores máximos registrados de $2,271 \text{ kg m}^{-2}$ por Santos et al. (2010), avaliando cinco cultivares de rúcula hidropônica, no período de outono-inverno, com densidade máxima de seis sementes por célula, na mesma composição de solução nutritiva.

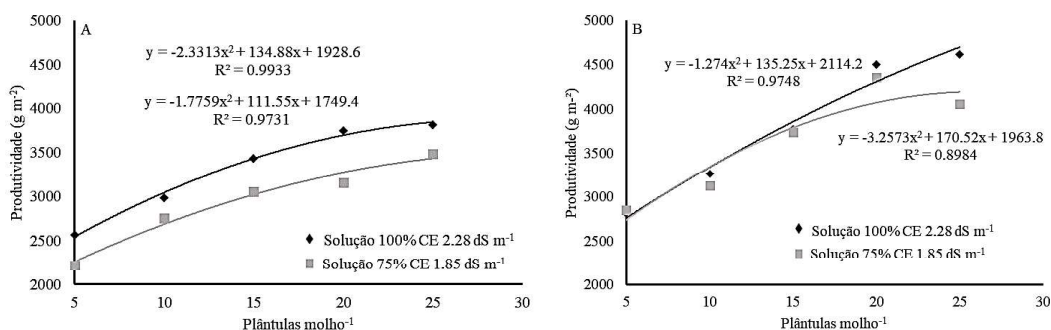


Figura 4. Produtividade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução

nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de verão (A) e primavera (B). Porto Alegre – RS, 2020.

Menores concentrações de nutrientes nas soluções nutritivas são as mais indicadas para o período de verão, em que normalmente ocorrem altas temperaturas, que elevam a transpiração das plantas, havendo um maior consumo de água e redução do potencial osmótico no meio radicular, influenciando negativamente na absorção de água pelas raízes e, conseqüentemente, no estado hídrico da planta (RESH, 2012). Contudo, os resultados encontrados neste experimento demonstram que os maiores valores foram obtidos na maior concentração salina, o que pode ser atribuído às condições climáticas ocorridas durante o período experimental, como a temperatura média máxima, que não ultrapassou 35C, e também não permitiu que a temperatura média da solução nutritiva ultrapassasse os 30 C ao ponto de prejudicar o desenvolvimento das plantas.

Historicamente, os produtores optam por adicionar um número maior de plântulas por molho na produção de rúcula, a fim de manter as características exigidas de mercado, além disso, busca-se a otimizar o espaço de produção, de modo que cada orifício do perfil forme uma unidade de comercialização (molho). A rúcula hidropônica é comercializada em embalagens cônicas de polietileno e cada molho deve preenchê-la completamente, por isso as maiores densidades (classes) atendem a esta exigência, conforme observado na figura 5.

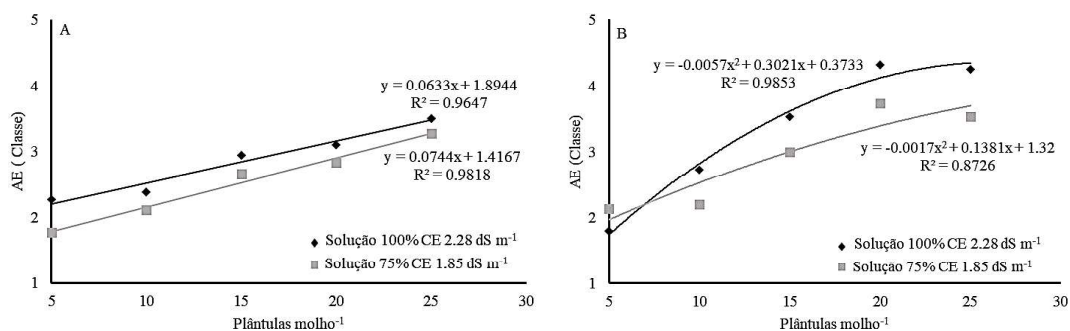


Figura 5. Aparência de embalagem (AE) do molho no verão (A) e na primavera (B) de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010). Porto Alegre – RS, 2020.

O conteúdo de massa seca (CMS) no período de verão (Figura 6A), para ambas concentrações de nutrientes estudadas, reduziu nos molhos com o aumento da densidade

e, conseqüentemente, aumentou a quantidade de água nos tecidos. Desta forma, observa-se que o aumento nas densidades por molho reduziu o acúmulo de carbono e outros minerais, deixando o mesmo com conteúdo maior de água, tanto para a concentração de 100%, quanto para a de 75%.

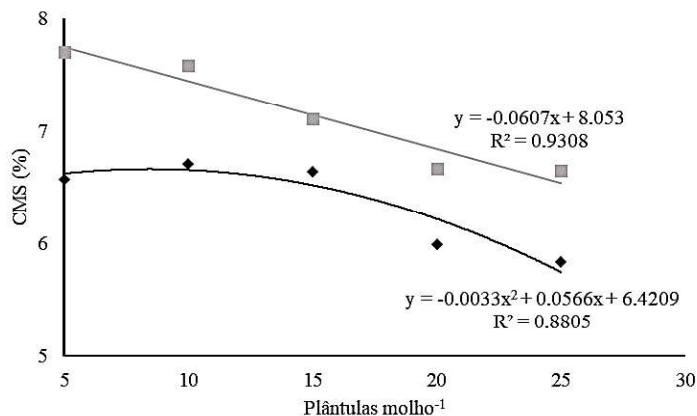


Figura 6. Conteúdo de massa seca (CMS) do molho de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob diferentes densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta por Santos *et al.* (2010), no período de verão. Porto Alegre – RS, 2020.

Na tabela 1, para o período de primavera, observa-se que o CMS dos molhos produzidos na solução de 100% não diferiu da solução de 75% nas densidades de 5, 20 e 25 plântulas/molho, sendo superior apenas nas densidades de 10 e 15 plântulas. Observa-se que, a partir de 20 plântulas/molho o efeito das densidades foi maior que a da concentração de macronutrientes na solução nutritiva, apontando que a solução nutritiva não é mais um fator limitante, e sim a densidade populacional, resposta idêntica ao observado na MSPA no período de verão e muito semelhante ao período de primavera (figura 6).

Tabela 1 Valores médios de conteúdo de massa seca (CMS) de molhos de rúcula hidropônica (*Eruca sativa* Miller), cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes da solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de primavera. Porto Alegre – RS, UFRGS, 2020.

Densidade	Conteúdo de massa seca	
	Solução 100%	Solução 75%
5	7.0aA	7.0aA
10	7.0aA	6.3abB
15	6.7aA	5.7bB
20	6.3abA	6.1bA
25	5.7bA	6.0bA

*Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Com base no que foi exposto, entende-se que as maiores densidades promoveram ganho de MFPA, e melhoria na aparência de embalagem, assim, quando o volume de produção é objetivo do produtor, a alternativa mais vantajosa é aumentar o número de plântulas por molho. Contudo deve-se levar em conta que este aumento na densidade também pode promover a redução da vida útil do produto em pós-colheita, já que ocorre a redução do conteúdo de massa seca e eleva o conteúdo de água nos tecidos, bem como, reduz a área média das folhas por planta do molho, pelo efeito da competição entre as plantas no mesmo sendo que este efeito é mais expressivo a partir de 20 plântulas/molho. A produtividade, embora aumente com o acréscimo de plântulas ao molho, não é acompanhada pela qualidade das plantas que o compõem. A solução nutritiva com 100% da concentração apresentou os maiores valores para todas as variáveis em ambas as épocas exceto pelo conteúdo de massa seca.

3.4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que os experimentos foram realizados, é possível concluir que, a solução de 100% de macronutrientes na solução nutritiva com uso da densidade de 15 a 20 plântulas por molho é recomendada para ambas as épocas estudadas.

3.5 REFERÊNCIAS

BARCELOS-OLIVEIRA, J.L. Cultivo hidropônico de rúcula. In: SANTOS, O.S. dos. (Ed). **Cultivo Hidropônico**. Santa Maria, RS: FACOS-UFSM, 2012. Vol. 2, cap. 15, p. 209-221.

ANUÁRIO BRASIL HIDROPONIA. Novo Hamburgo: Editora Comunicação Equilíbrio Sustentável, 2018.

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Crecimiento Y Producción De Repollo En Función De La Densidad De Población Y Nitrógeno. **Agrociencia**, México, v. 45, n. 5, p. 573–582, 2011.

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Épocas de cultivo e parcelamento da adubação nitrogenada para rúcula. **Comunicata Scientiae**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 252-258, 2014.

DA COSTA, C. M. F. et al. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Mato Grosso, v. 32, n. 1, p. 93–102, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2000. 45p.

LIMA, J. S. S. de et al. Produtividade da cenoura, coentro e rúcula em função de densidades populacionais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 1, p. 110-116, 2013.

LUZ, J. M. Q. et al. Efeito Da Variação Da Solução Nutritiva No Cultivo Hidropônico De Rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 3, p. 76-82. 2011.

LUZ, J. M. Q. et al. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, Ubertlândia, v. 28, n. 4, p. 589–597, 2012.

MARTINEZ, H. E. P. Produção de mudas. In: MARTINEZ, H. E. P.; MALVESTITI, A. L. (Ed.) **Manual Prático de Hidroponia**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2017

PORTO, R. de A. et al. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agrombiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.

RESH, H.M. **Hydroponic food production**: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the comercial hydroponic grower. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

SANTOS, O. et al. Produção de cinco cultivares de rúcula em duas soluções hidropônicas. **Revista brasileira de agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 4, p. 468-472, 2011.

SANTOS, O.S. Elaboração de solução hidropônica para rúculas. Santa Maria, RS: **UFSM / Colégio Politécnico**, 8p. 2010. (Informe técnico).

4 ARTIGO 2

Rúcula hidropônica sob diferentes densidades e concentrações de solução no período de outono e inverno *

* Artigo formatado segundo as normas da Revista *Czech academy of agricultural sciences*.

RÚCULA HIDROPÔNICA SOB DIFERENTES DENSIDADES E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NO PERÍODO DE OUTONO E INVERNO

RESUMO

No cultivo de rúcula em sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), a recomendação sobre as melhores densidades de plântulas por molho advém da adaptação das técnicas utilizadas nos cultivos em solo. Já para o preparo da solução nutritiva, são recomendadas diferentes concentrações de acordo com a época de cultivo. Neste sentido foram realizados dois experimentos (outono e inverno), em delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com o objetivo de avaliar diferentes densidades (5, 10, 15, 20 e 25 plântulas/molho) e diferentes concentrações de macronutrientes na solução nutritiva (100% e 75% correspondendo a condutividade de 2.28 e 1.85 mS/cm respectivamente). Foram avaliadas do molho: altura da maior folha, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea, conteúdo de massa seca e produtividade. Das plantas que compõe o molho calculou-se: número médio de folhas e área médias das folhas. Concluiu-se que a concentração de 100% foi superior em todas as variáveis analisadas com exceção do conteúdo de massa seca. O maior número de plântulas promoveu os maiores valores de massa fresca e produtividade, entretanto ocorre diminuição de características comerciais importantes exigidas pelo mercado, como redução da área média de folhas, molhos altos e com conteúdo reduzido de massa seca.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Miller; autossombreamento; NFT; condutividade elétrica; cultivos sem solo; adensamento de plantas.

HYDROPONIC ARUGULA UNDER DIFFERENT DENSITIES AND NUTRIENT SOLUTION CONCENTRATIONS IN THE AUTUMN AND WINTER

Author: Wagner Dutra Pinheiro

Advisor: Prof. Tatiana da Silva Duarte, Ph.D.

ABSTRACT

In the Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic system, information regarding arugula seedling densities comes from adapted soil-based cultivation techniques. Furthermore, different growing seasons require specific nutrient solution concentrations. Two experiments were conducted (autumn and winter) in a split-plot completely randomized design. The goal was to evaluate the behavior of hydroponic arugula grown in different densities (5, 10, 15, 20 and 25 plants bunch⁻¹) and macronutrients solution concentrations (100% and 75%, EC 2.28 mS/cm and EC 1.85 mS/cm, respectively). Height of the biggest leaf, number of leaves, wet and dry biomass of the shoot, dry biomass and leaf yield were evaluated. Also, average area of leaves and average number of leaves for the plants that compose the bunch. The findings demonstrated that except dry biomass, the 100% EC solution presented superior values for all the variables. The higher number of seedlings promoted greater values of wet biomass and leaf yield, however it diminished important commercial characteristics such as reduced average area of leaves, dry biomass of the bunch and etiolation of plants.

Key words: *Eruca sativa* Miller, self-shading, NFT, electric conductivity, soilless cultivation.

Densidades de plântulas e concentrações da solução nutritiva para rúcula hidropônica no período de outono e inverno

4.1 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma planta pertencente à família Brassicaceae conhecida pelo sabor peculiar de suas folhas, sendo que as regiões do Mediterrâneo e Ásia são o seu possível centro de domesticação (Padulosi e Pignone, 1996). No Brasil o comércio de sementes de rúcula cresceu 11%, chegando em área estimada de produção de 40.000 ha entre os anos de 2010 e 2015 (Udsen, 2016).

O cultivo em ambiente protegido tem se mostrado eficiente para a produção de hortaliças, pois reduz as injúrias causadas por condições climáticas adversas, aumenta a produtividade, proporciona melhor aproveitamento de insumos e possibilita a oferta de produtos de melhor qualidade durante todo o ano. Dentre os cultivos sem solo em ambiente protegido o sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) está entre os sistemas hidropônicos com maior aceitação, tendo como grande vantagem a sua versatilidade. Sendo este sistema melhor adaptado às hortaliças folhosas de pequeno porte (Andriolo, 2017), dentre estas, pode-se destacar a rúcula.

Para o sistema NFT, a produção de mudas é realizada principalmente em espuma de derivado fenólico, onde as sementes são depositadas em orifícios dispostos em cubos desta espuma, que variam para cada cultura, esta fase pode ser considerada como determinante na qualidade do produto final, pois plântulas de alta qualidade vão influenciar positivamente todo o ciclo de produção (Martinez, 2017). Normalmente, a rúcula é produzida e vendida em molhos, sendo que cada furo do canal de cultivo forma uma unidade de comercialização (molho), deste modo, a semeadura é realizada com mais de uma semente por cubo, de modo que cada cubo ao final gere um molho comercializável. No entanto, o conhecimento que se tem sobre as melhores densidades de plântulas por molho advém da adaptação das técnicas utilizadas pelos produtores dos cultivos a campo e no solo. Na literatura, são encontradas divergências sobre a densidade adequada para esta cultura em hidroponia, Furlani et al. (1999) recomenda a densidade de 5 a 10 sementes por cubo de espuma fenólica, entretanto Barcelos (2012) recomenda de 10 a 40 plântulas por cubo. Deste modo, tornam-se necessárias pesquisas, a fim de

conhecer o comportamento desta planta em diferentes densidades de plântulas neste sistema.

Outro fator fundamental no sistema hidropônico tipo NFT, é a solução nutritiva pois fornece todos elementos essenciais para o crescimento das plantas (Resh, 2013). Em relação a isso, sabe-se que a maior eficiência do uso dos nutrientes depende da adequação da composição às diferentes épocas do ano, devido aos ritmos diferenciados de absorção de água e de nutrientes associadas às condições climáticas da estação. É necessário, em alguns casos, a utilização de diferentes concentrações de solução nutritivas para cada uma das estações do ano, como por exemplo, no inverno em que as temperaturas muito baixas reduzem a transpiração das plantas, diminuindo a absorção de nutrientes (Andriolo, 2017). Por isso a importância de se estudar diferentes concentrações de solução nutritiva e densidades de semeadura, a fim de adequar o sistema de produção para responder com maiores índices, aliado à maior eficiência econômica do sistema.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de rúcula hidropônica cultivada em clima subtropical úmido com diferentes densidades de plântulas por molho em diferentes concentrações de macronutrientes na solução nutritiva, no período de outono e inverno. Utilizando como referência a solução proposta por Santos et al. (2010).

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Faculdade de Agronomia do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, Rio Grande do Sul - Brasil (latitude 30°04' S, longitude 51°08' W e altitude de 10 m). Sendo estes realizados em estufa do tipo arco de 144 m² (24 x 6 m), com 2.5 m de pé direito nas laterais e 3.5 m no centro, coberto com filme difusor, com aditivo ultravioleta e densidade de 120 µm.

Foram realizados dois experimentos em 2019, um no período de outono de 27 de março a 17 de abril, completando ciclo de 21 dias e o outro no inverno, de 02 de julho a 06 de agosto, apresentando ciclo de 35 dias. As temperaturas médias das mínimas e das máximas no interior do ambiente de cultivo foram de 19.0 e 30.8 °C, respectivamente, para o período de outono e de 9.5 e 21.4 °C para o período de inverno durante o período experimental, enquanto a umidade relativa manteve-se na média de 82.7 e 86.4% nos dois

períodos. No interior do ambiente de cultivo foi instalado um termohigrômetro digital modelo AK70 para registro dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, de hora em hora, durante todo o período de cultivo.

Na produção de mudas, semeou-se a cultivar de rúcula Astro Folha Larga da SAKATA[®] manualmente de 20 a 30 sementes em cubos de espuma fenólica nas dimensões de 1.9 x 1.9 x 2.0 cm, previamente lavadas em água corrente e mantidas para hidratar por 24 h. Após a semeadura, as placas foram mantidas em temperatura ambiente e protegidas da luz solar por 48 h. Posteriormente foram levadas para o interior da estufa de produção e alocadas em mesa de crescimento, onde as plântulas passaram a receber a solução nutritiva de Santos (2010) a 50% da concentração por 7 dias, em ambos os experimentos. Antecedendo o transplante, as mudas foram levadas ao laboratório para realização do desbaste e contagem das plântulas nas densidades desejadas e após foram levadas a bancada de produção final, em canais com orifícios de 5 cm de diâmetro. Com espaçamento de 20 cm entre furos e 11 cm entre linhas,

Estudou-se os fatores experimentais densidades de plântulas por molho (5, 10, 15, 20 e 25 plântulas por molho) e concentrações de macronutrientes de solução nutritiva (100% e 75%, com condutividade elétrica (CE) de 2.28 e 1.85 mS/cm respectivamente), recomendada por Santos et al. (2010). Para o preparo da concentração de 100% macronutrientes na da solução nutritiva foi utilizado (mmol/L): 12.38 NO³⁻; 1.27 H₂PO⁴⁻; 3.33 SO₄²⁻; 1.96 NH⁴⁺; 9.35 K⁺; 3.45 Ca⁺²; 1.05 Mg⁺², sendo que para a menor concentração reduziu-se em 25%. Em ambas concentrações se utilizou a formulação comercial de micronutrientes ConMicros Standart[®] e Oligoferro Premium[®] EDDHA 6%, para o cultivo de folhosas em geral, conforme recomendações do fabricante. O fornecimento da solução nutritiva foi realizado de forma intermitente a cada 15 minutos entre 07:00 e 18:00 h e a cada 15 minutos com intervalo de uma hora das 19:00 as 06:00 h.

As soluções foram monitoradas diariamente através das medidas de condutividade elétrica (CE) e pH. O valor da condutividade elétrica foi mantido por meio da adição de água ou nutrientes no reservatório, permitindo no máximo a redução 20% do volume de solução no tanque. O pH das soluções foi mantido entre 5.5 e 6.5. Neste estudo, em ambas épocas, foi necessário somente a adição de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0.1M para redução do pH.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, onde a parcela corresponde à concentração da solução nutritiva e a subparcela às densidades de plântulas, com três repetições. Cada parcela foi composta por uma bancada com cinco canais ligados a um reservatório central de 380 litros para cada concentração de solução nutritiva.

Ao término dos experimentos avaliou-se, por molho de rúcula, a altura da maior folha (HMF), número de folhas total (NF), aparência de embalagem (AE), dada pelo diâmetro aproximado do molho, medido através de cilindros em seis diâmetros diferentes de 12 a 17 cm (atribuiu-se nota de 0 a 5 conforme este diâmetro), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), e produtividade (dada em g/m²). Nas plantas que compunham o molho avaliou-se: o número médio de folhas por planta (NFP), dada por $NFP = \frac{NF}{NP}$ (onde NP corresponde ao número de plantas que compunha o molho), área média das folhas (AMF), dada por $AMF = \frac{AF}{NF}$ (onde AF corresponde a área foliar total do molho), massa fresca média da parte aérea das plantas do molho (MFPAP), dada por $MFPAP = \frac{MFPA}{NP}$, massa seca média da parte aérea das plantas do molho (MSPAP), dada por $MSPAP = \frac{MSPA}{NP}$. Os resultados foram submetidos a análise da variância pelo teste F comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do Software estatístico R, versão 3.3.1 (2016). Verificando-se as possíveis interações significativas entre as concentrações de solução nutritiva e as densidades testadas. As variáveis testadas, que demonstraram diferença significativa, foram submetidas à análise de regressão, com o software Sigma Plot versão 12.0, de acordo com o modelo de maior ajuste (R²).

4.3 RESULTADOS E DISCUÇÃO

Os resultados evidenciaram efeitos significativos independentes para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA) e produtividade, sendo que apenas a variável altura da maior folha (HMF) e o conteúdo de massa seca (CMS) apresentaram interação entre os fatores solução nutritiva e densidade de plântulas/molho (p<0,05) em ambos os períodos. No entanto, para o ciclo de outono, houve interação para as variáveis número de folhas (NF), aparência de embalagem (AE), massa seca da parte aérea (MSPA) e área média das folhas (SMF). O

O número total de folhas por molho foi estatisticamente igual nas duas concentrações de solução nutritiva até 15 plântulas por molho no outono, acima deste valor a solução menos concentrada apresentou maiores resultados. Enquanto no inverno, as soluções foram idênticas até 20 plântulas por molho, no entanto para a maior densidade testada a solução mais concentrada apresentou maiores valores (tabela 1). Sendo que em ambos períodos, o maior número de folhas foi encontrado na maior densidade, não diferindo da densidade de 20 plântulas na solução de 75 % nas duas épocas.

Entretanto, analisando o número médio de folhas por planta (NFP) que compõem o molho (Figura 1), observou-se redução linear com o aumento da densidade de plantas em ambos períodos para as duas concentrações, sendo que o tratamento com cinco plântulas foi o que apresentou maior valor para esta variável nas duas soluções para o período de outono e superior na concentração de 100% no período de inverno.

Luz et al. (2011) avaliando o efeito de diferentes concentrações de solução nutritiva no período de outono na cultura da rúcula, não observaram diferenças significativas entre as condutividades elétricas de 1.3 a 2.2 mS/cm, nas variáveis altura de planta, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea e das raízes. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo para o mesmo período, quanto ao NFP conforme observado na Figura 1A. Para o inverno a diferença observada nas duas concentrações pode ser atribuída ao maior concentração de macronutrientes na concentração de 100% (figura 1 B), pois em condições de baixa transpiração das plantas, como as que ocorrem no período de inverno, a solução com maior concentração de nutrientes contribui para maior desenvolvimento das plantas (Cometti et al., 2006).

A altura da maior folha foi influenciada pelo aumento do número de plântulas no molho no período de outono e inverno, em ambas concentrações (Figura 2 A e B). Estes resultados corroboram com os encontrados por Gonçalves-Trevisoli et al. (2017) que também encontraram as maiores alturas de planta nos tratamentos mais adensados, atribuindo este resultado a maior competição por espaço e luz nestes tratamentos dentro do molho.

No outono, na concentração de 100% de solução nutritiva a HMF não atingiu o ponto máximo da curva, enquanto para a concentração de 75% de deste ponto é observado próximo a valores de 20 plântulas por molho (Figura 2 A). Nesta mesma concentração, a densidade de 25 plântulas foi semelhante à de 15, pois nas altas densidades é provável que um percentual das folhas do estrato inferior dos molhos não estejam

fotossinteticamente eficientes, em virtude do auto sombreamento gerado pelo maior desenvolvimento das folhas superiores.

Já a HMF para o período de inverno, a formulação com 100% da concentração foi superior à de 75% a partir de 10 plântulas por molho (figura 2 B), atingindo o ponto máximo na curva da concentração próximo à densidade de 20 plântulas por molho. Enquanto que para o mesmo período na concentração de 75% a curva não atingiu o ponto de inflexão.

A área média de folhas (AMF) foi influenciada negativamente com o aumento da densidade nos molhos nos períodos de outono e inverno, onde os menores valores foram encontrados nas maiores densidades em ambas soluções testadas (Figura 3A e B), com exceção no outono (Figura 3 A), onde na concentração de 75% observa-se que próximo de 20 plântulas por molho ocorre a inversão da curva demonstrando que a competição dentro do molho por espaço e luz passa a ser maior que a competição por nutrientes da solução nutritiva.

Aparência de embalagem (AE), que trata do diâmetro aproximado ocupado pelo molho na embalagem é influenciada pelo aumento do número de plântulas por molho, pelo formato e estrutura das folhas, para ambos períodos estudados. No outono, a AE na solução nutritiva com 75% da concentração foi superior à de 100% nas densidades acima de 15 plântulas por molho (Figura 5 A). Para o período de inverno, a AE na concentração de 100% obteve os maiores valores para todas as densidades (Figura 4 B).

A massa fresca da parte aérea do molho, assim como a AE, aumentou com o acréscimo de plântulas por molho nas duas épocas, sendo que para a MFPA a solução de 100% foi superior à de 75% (Figura 5 A e B). No entanto, este incremento nestas variáveis, não resulta em área fotossinteticamente ativa, e sim é resultado do aumento do número de plântulas por molho, pois quando observado a massa fresca da parte aérea das plantas que compõem o molho (MFPAP), estas apresentam comportamento inverso, ou seja, reduzem à medida que se aumenta a densidade de plântulas (Figura 5 C e D). Estes resultados corroboram com os de Pereira et al. (2014), onde atribuiu os resultados encontrados nas maiores densidades, ao estímulo do crescimento caulinar, aumento da área foliar total e redução do número de folhas por planta como resultantes do efeito da alta densidade populacional.

Para a variável massa seca da parte aérea dos molhos, no período de outono, o ponto máximo da curva, na concentração de 100%, foi atingido próximo a densidade de 20

plântulas por molho (Figura 6 D). No entanto, na concentração de 75% não foi observado o mesmo comportamento. Nesta concentração, as densidades estudadas não atingiram o ponto de máxima e ainda se observa, que a partir da densidade de 20 plântulas esta solução apresentou valores superiores que a solução de 100%. O resultado na concentração de 100% pode ser atribuído à maior competição por luz entre as plantas nas maiores densidades, o que não ocorreu na menor concentração, conforme também observado na AMF (Figura 4A). O mesmo comportamento foi observado na massa seca da parte aérea das plantas que compõem o molho (MSPAP) (Figura 6 C), onde no período de outono, a partir de 20 plântulas houve aumento da MSPAP, resultante da eficiência fotossintética das folhas do estrato superior, que compensaram a ineficiência do estrato inferior.

Os maiores valores de MSPA encontrados no período de inverno na concentração de 100% ocorreram em função da menor taxa transpiratória, devido às menores temperaturas registradas neste período, bem como alta umidade relativa do ar, que se mantiveram na média de 21,4 °C e 86,4%, respectivamente.

O incremento proporcionado pelo aumento da densidade nas variáveis AE e MFPA, também foi observado no comportamento da produtividade, que atingiu, na densidade de 25 plântulas, o valor máximo de 3600 g/m², no período de outono, e de 2900 g/m², no período de inverno, ambos na concentração de 100% da solução nutritiva. Enquanto na solução de 75% para a mesma densidade, os valores máximos foram de 3400 g/m² e 2500 g/m², para os dois períodos respectivamente (Figura 7 A e B).

No período de outono, Santos et al. (2011) encontraram produtividade de 2300 g/m² utilizando seis plântulas por cubo de espuma fenólica em espaçamento entre molhos de 20 cm x 20 cm, mesmo resultado encontrado no presente trabalho na densidade de cinco plântulas, porém em espaçamento menor, de 11 cm x 20 cm (Figura 7 A). Do mesmo modo, para o período de inverno a produtividade encontrada no presente trabalho de 2500 g/m² na densidade de 15 plântulas, na concentração de 100% (Figura 7 B), foi semelhante à registrada por Genuncio et al. (2011), que encontraram valores próximos a 2600 g/m² na densidade 12 plântulas por célula de bandeja e espaçamento de 23 cm entre perfis e 15 cm entre furos. Logo, como a comercialização é realizada em molhos, pode-se inferir que em ambos períodos deste estudo ocorreu maior rendimento de molhos por área, sem prejuízo do volume de massa fresca para estas densidades.

A solução nutritiva de 100%, no período de inverno, promoveu maiores resultados em MFPA, AMF e produtividade, obtendo acréscimo médio em produtividade de 491

g/m² quando comparado a solução de 75% na maior densidade (Figura 7 B). Este resultado pode ser atribuído ao maior conteúdo de água nas folhas visto que ocorre redução do MSPAP com o aumento da densidade. Este aumento também promove alteração das características comerciais importantes para rúcula, como a redução da área média de folhas, aumento da altura da maior folha e provavelmente o estiolamento das plantas. Sendo que nos períodos de outono e inverno a concentração de 100% de solução nutritiva foi superior em todas as variáveis analisadas.

4.4 CONCLUSÃO

Não se atingiu o ponto máximo da densidade de plântulas por molho, em nenhuma das épocas estudadas, sendo assim, o maior número de plântulas promoveu os maiores valores de massa fresca e produtividade.

Quando o objetivo do produtor é buscar altos rendimentos por área, recomenda-se a utilização de 25 plântulas por molho, entretanto quando se busca parâmetros de qualidade aliado a aparência de embalagem satisfatória ao consumidor a densidade de 10 plântulas por molho torna-se a mais recomendada, ambas na concentração de 100% da solução nutritiva.

4.5 Referências bibliográficas

Udsen, S. (2016). O Mercado de Folhosas: Números e Tendências. Seminário nacional de folhosas. Disponível em <http://www.abcsem.com.br/>

Andriolo, J. L. (2017). Olericultura geral. Santa Maria. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia, Editora UFSM.

Barcelos-oliveira, J.L. (2012). Cultivo hidropônico de rúcula. capítulo 15. In: SANTOS, O.S. dos (Organizador). Cultivo Hidropônico. Santa Maria: FACOS-UFSM: 209-221.

Cometti N. N., Furlani P.R., Genuncio, G. C. (2018). capítulo 2. soluções nutritivas: composição, formulação, usos e atributos. In: Fernandes M. S., Souza, S., R. Asntos, L.

A. (ed.). *Nutrição Mineral de Plantas*. 2º edição. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 9-46.

Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., Faquin, V. (2009). Cultivo Hidropônico de Plantas: parte 3 - produção de mudas para hidroponia. p. 1-6. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm. Acesso em: 02 fev 2020. (em português)

Genuncio, G. D. C., Silva, r. A. C., Sá, n. M., Mary, w., Zonta, e. (2011). Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 29: 605-608. (em português)

Gonçalves-Trevisoli, E. D. V., Mendonça, H., Dildey, O. D. F., Dartora, J., Rissato, B. B., Coltro-Roncato, S., Echer, M. M. (2017). Ambiência e desempenho produtivo de rúcula cultivada em diferentes espaçamentos. *Scientia Agraria Paranaensis*, 16: 230-236. (em português)

Luz, J. M. Q., Costa, C. C., Guerra, G. M. P., da Silva, M. A. D., Haber, L. L. (2011). Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6: 76-82. (em português)

Martinez, H. E. P. (2012). *Manual Prático de Hidroponia*. 3º edição. Minas Gerais - Brasil. Aprenda Fácil. (em português)

Padulosi, S., Pignone, D. (1996). *Rocket: a Mediterranean crop for the world*. Itália. IPGRI.

Pereira, J. C. M., Silva, F. R., Veloso, G., Santos, N. (2014). Interferência do espaçamento no crescimento da rúcula, *Horticultura Brasileira*, 31: 418-425. (em português)

Resh, H.M. (2012) *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the comercial hydroponic grower*. 3º edição. Boca Raton, CRC Press.

Santos, O. S., Melo, E. F. Q., Basso, D. P., Menegaes, J. F., Cargnelutti Filho, A., Filippetto, J. E., da Costa L. R. (2011). Produção de cinco cultivares de rúcula em duas soluções hidropônicas. *Current Agricultural Science and Technology*, 17: 468-472. (em português)

SANTOS, O. S, dos. (Organizador) (2012). Cultivo hidropônico. Santa Maria, UFSM: Colégio Politécnico. (em português)

4.6 Tabelas

Tabela 1 Número de folhas por molho (NF) de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono e inverno. Porto Alegre – RS, 2019.

Densidade	NF outono		NF inverno	
	Solução 100%	Solução 75%	Solução 100%	Solução 75%
5	36,67 eA	36,44 dA	36,2dA	35,5dA
10	59,89 dA	58,17 cA	67,7cA	60,3cA
15	74,06 cA	78,33 bA	93,3bA	87,5bA
20	88,67 bB	97,00 aA	104,1bA	108,4abA
25	104,28 aB	98,39 aA	129,7aA	108,4aB

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna para cada época não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4.7 Figuras

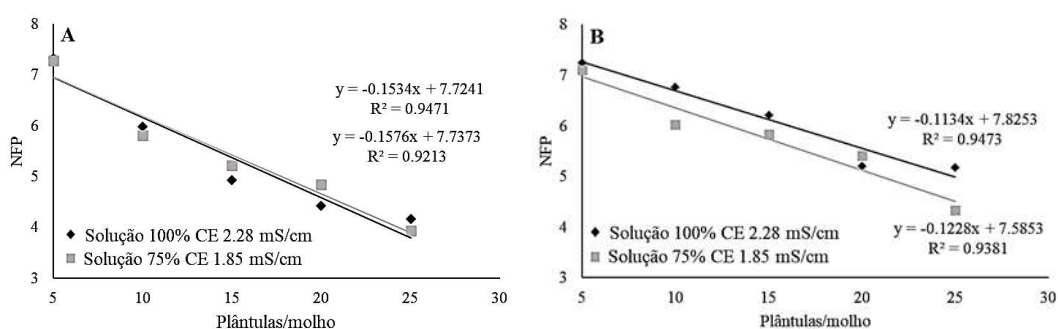


Figura 1. Número médio de folhas por planta (NFP) nos molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.

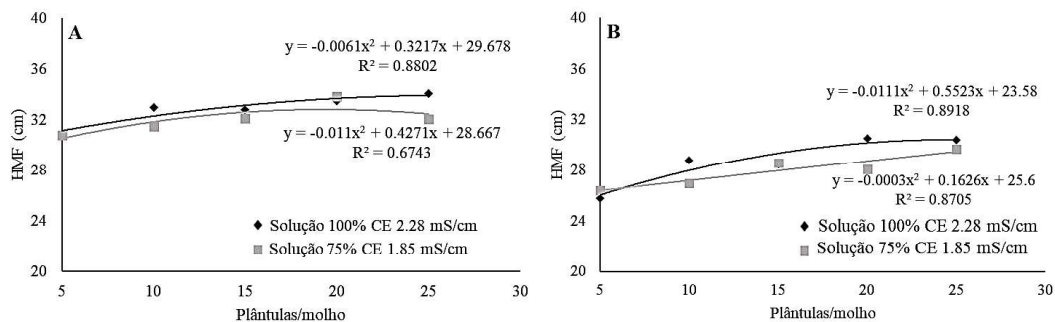


Figura 2. Altura da maior folha (HMF) de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.

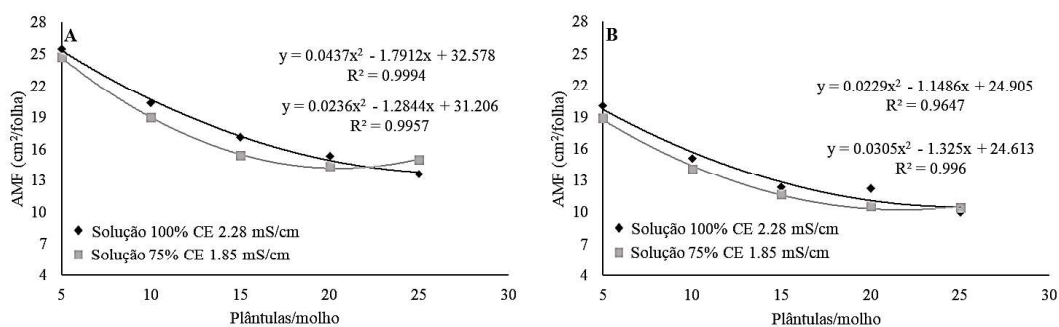


Figura 3. Área média de folhas (AMF) de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.

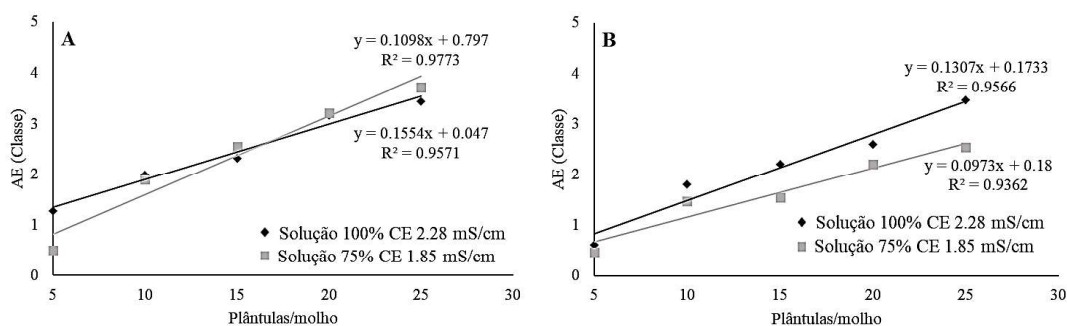


Figura 4. Aparência de embalagem (AE) de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2011), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.

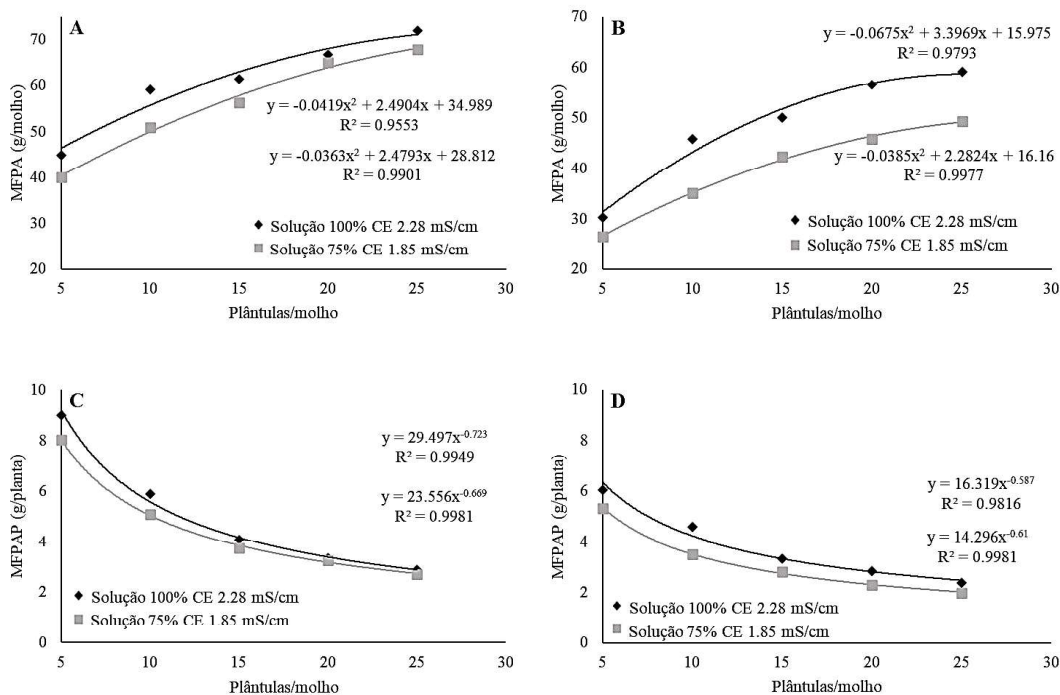
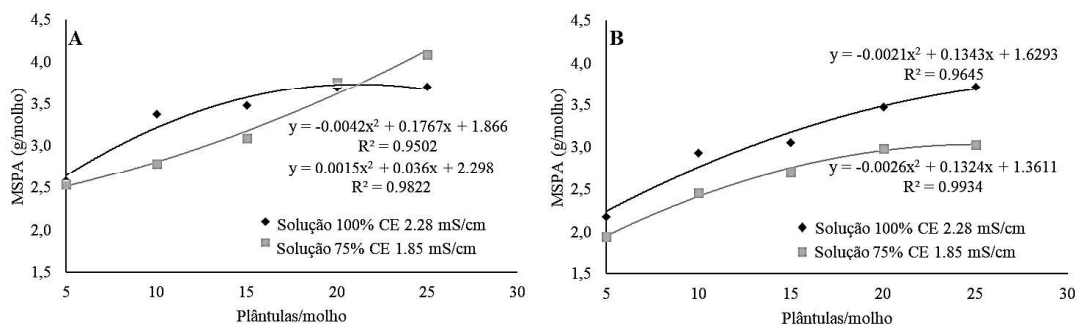


Figura 5. Massa fresca da parte aérea (MFPA) do molho no outono (A) e no inverno (B), massa fresca da parte aérea média das plantas (MFPAP) que compõem o molho no outono (C) e no inverno (D), de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada em densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.



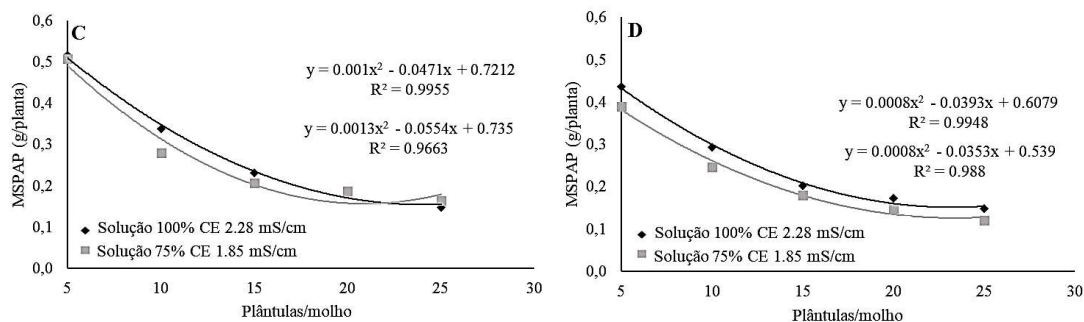


Figura 6. Massa seca da parte aérea (MSPA) do molho no outono (A) e no inverno (B), massa seca da parte aérea média das plantas (MSPAP) que compõem o molho no outono (C) e no inverno (D), de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada em densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2010), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.

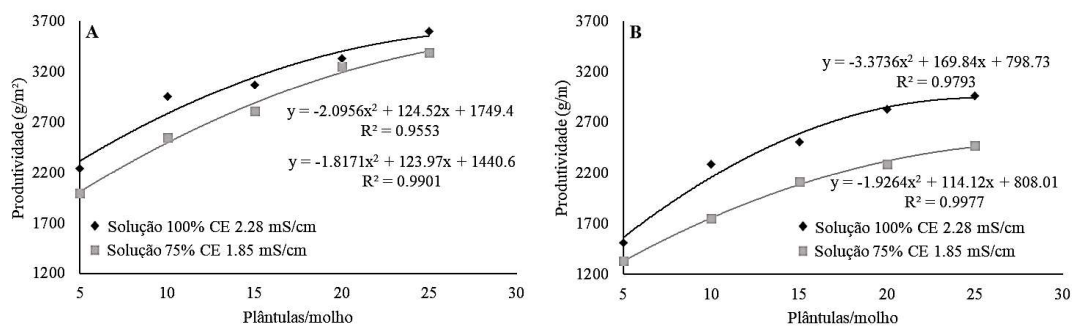


Figura 7. Produtividade de molhos de rúcula (*Eruca sativa* Miller) hidropônica cultivada sob densidades de plântulas por molho e concentrações de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Santos et al. (2011), no período de outono (A) e inverno (B). Porto Alegre – RS, 2019.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento do número de plântulas por molho pode ser uma boa alternativa para aumentar a produtividade de rúcula hidropônica, no entanto ocorre diminuição de características comerciais importantes, principalmente nos períodos de menor disponibilidade de radiação solar, como no inverno. As maiores densidades promovem maior competição por luz, desfavorecendo o crescimento de algumas plantas do molho, este efeito torna-se mais expressivo nas densidades acima de 20 plântulas. Enquanto isso, as menores densidades produzem molhos de maior qualidade, com menor altura, maior área média das folhas e conteúdo de massa seca elevado, características importantes para o mercado consumidor e que não são obtidas nas maiores densidades.

A maior concentração de nutrientes promoveu os maiores resultados para as variáveis analisadas, em todas as épocas, sendo esta diferença mais expressiva no período de menor temperatura. Entretanto nos períodos com temperaturas elevadas, as diferenças entre as soluções devem ser comparadas com a relação custo x benefício do uso da mesma, pois a concentração elevada requer manejo frequente do produtor, visto que pode facilmente atingir níveis não tolerados pelas plantas, além de aumentar os custos. Desta forma, recomenda-se que mais estudos sejam realizados para verificar a viabilidade da redução da concentração da formulação recomendada por Santos *et al.* (2010). Da mesma forma, sugere-se o desenvolvimento de métodos avaliativos referentes às características comerciais, de plantas cultivadas em sistema hidropônico, sob diferentes densidades.