

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

PRODUÇÃO DE MICROVERDES DE BRÁSSICAS: DENSIDADES DE  
SEMEADURA, CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E ÉPOCAS DE  
CULTIVO

Betina Luíza Lerner  
Engenheira Agrônoma/UFRGS

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  
Outubro de 2022

### CIP - Catalogação na Publicação

Lerner, Betina Luíza  
Produção de microverdes de brássicas: densidades de  
semeadura, concentrações de solução nutritiva e épocas  
de cultivo / Betina Luíza Lerner. -- 2022.  
66 f.  
Orientador: Gilmar Schafer.

Coorientador: André Samuel Strassburger.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2022.

1. Cultivo sem solo. 2. Condutividade elétrica. 3.  
Microgreens. 4. Hortaliças. I. Schafer, Gilmar,  
orient. II. Strassburger, André Samuel, coorient.  
III. Título.

BETINA LUIZA LERNER  
Engenheira Agrônoma - UFRGS

## **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:19/10/2022  
Pela Banca Examinadora

GILMAR SCHAFFER  
Orientador  
UFRGS

ANDRÉ SAMUEL STRASSBURGER  
Coorientador  
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

GABRIEL NACHTIGALL MARQUES  
IFRS - CAMPUS VACARIA

TATIANA DA SILVA DUARTE  
UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA  
SILVA  
UFRGS

## AGRADECIMENTOS

De acordo com dados da OCDE de 2021, somente 1% da população brasileira entre 25-64 anos possui o título de Mestre. Portanto, agradeço, primeiramente, a oportunidade de fazer parte desse privilegiado grupo. Tenho muita honra em cursar a Pós-Graduação em Fitotecnia.

O anseio pela educação e pelo conhecimento sempre imperou em minha família, da qual recebi todo incentivo necessário para seguir a caminhada acadêmica. Aprendi com meus pais a ter coragem, determinação e a ser resiliente, principalmente convivendo com uma professora há mais de 33 anos e um amante de livros. Sou grata à minha mãe, Ana Lúcia e ao meu pai, Célio Luis, por todo amor e carinho recebido ao longo da minha vida. Vocês dois formam a dupla que eu mais amo e admiro. Agradeço ao meu irmão, Arthur Frederico, colega de academia, pelas diferentes visões que sempre me ofereceu do mundo.

Agradeço aos meus amigos, minha segunda família, por serem meu porto seguro. Vocês, Mateus, Guilherme, Amanda e Ramon tornaram a vida mais leve em momentos difíceis. Obrigada pela escuta e por me distrair quando o peso da pandemia, da distância e do dia-a-dia parecia ser demasiado. Essencialmente, obrigada por terem permitido ser quem sou.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. André Samuel Strassburger por ter sido o meu maior companheiro nessa jornada. Ainda, por ter acreditado em mim desde a graduação e me incentivado a adentrar o mundo da Olericultura (talvez mudando o rumo da minha vida). Tu és um profissional exemplar, tenho muito orgulho de te ter como professor, consultor e, principalmente, amigo. Ainda, agradeço também ao prof. Dr. Gilmar Schafer pela parceria, pelo acolhimento e pela contribuição significativa ao longo do projeto

Agradeço às minhas colegas de mestrado, Fernanda, Nicole e Júlia por terem partilhado de todos os desesperos e conquistas ao longo desses anos pandêmicos e pelo auxílio no desenvolvimento das atividades práticas e de escrita. Vocês foram essenciais para que esse trabalho fosse desenvolvido. Tenho certeza do futuro brilhante de todas vocês.

Por fim, agradeço pela educação de qualidade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, fornecida de maneira pública e gratuita, bem como ao CNPq pela

concessão da bolsa. Reforço meu desejo de 2019: forças para que a mesma continue a enfrentar os tempos difíceis que nos rodeiam.

# PRODUÇÃO DE MICROVERDES DE BRÁSSICAS EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA, CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA E ÉPOCAS DE CULTIVO<sup>1</sup>

Autora: Betina Luíza Lerner

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Schafer

Coorientador: Prof. Dr. André Samual Strassburger

## RESUMO

Por ser novidade no Brasil, há, no cultivo de microverdes, lacunas de recomendações técnicas e de manejo adequadas as diferentes regiões e sistemas de produção do país. Em função da sementeira ser realizada a lanço e em densidades superiores ao de costume, é necessário definir a densidade de sementeira de acordo com cada espécie. O uso de fertilizantes pode impactar nos rendimentos, acelerando o crescimento e desenvolvimento dos microverdes, gerando um produto de maior qualidade. Portanto, o presente estudo teve como objetivo identificar e definir a densidade de sementeira (DS) e a concentração de nutrientes na solução nutritiva adequadas às características de produção em diferentes épocas do ano de microverdes de rúcula (*Eruca sativa* Miller) e mostarda (*Brassica juncea* (L.) Czern) em sistema hidropônico fechado. Foram realizados dois experimentos em ambiente protegido em Porto Alegre. Em ambos, o delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial (4x4), formado por quatro densidades de sementeira (50, 100, 150 e 200 g m<sup>-2</sup>) e quatro níveis de condutividade elétrica (CE; 0,15, 1,0, 2,0 e 3,0 mS cm<sup>-1</sup>). As variáveis avaliadas foram altura de parte aérea (APA), massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea e índice de sólidos solúveis totais. O sistema de fertirrigação foi via subirrigação. No cultivo de microverdes de rúcula, houve interação significativa entre os fatores DS e CE somente para as variáveis APA e MF no período de inverno. Durante a produção de microverdes de mostarda, as variáveis APA (primavera) e MF (inverno e primavera) obtiveram interações significativas entre os fatores. As demais variáveis apresentaram efeitos simples, sempre que houve ajustamento matemático. Em ambos experimentos, houve uma tendência de maiores DS resultarem em maiores APA e MF, em função do estímulo de crescimento do hipocótilo devido a competição entre plântulas e do ganho de massa por área. O cultivo de ambas espécies sem o uso de solução nutritiva não é recomendado. Maiores DS e CE promoveram resultados superiores de MS e índice de TTSS para rúcula e mostarda. Para a rúcula, recomenda-se o uso de 150 g m<sup>-2</sup> no inverno e de 175 g m<sup>-2</sup> na primavera, ambas na CE de 1 mS cm<sup>-1</sup>. O cultivo de mostarda no inverno não atingiu os padrões de comercialização. Na primavera, recomenda-se utilizar CE de 2,00 mS cm<sup>-1</sup> e DS de 200 g m<sup>-2</sup>.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (66f.) Outubro, 2022.

# CULTIVATION OF BRASSICA MICROGREENS IN DIFFERENT SEED DENSITIES, NUTRIENTS CONCENTRATIONS OF NUTRIENT SOLUTION IN TWO GROWING SEASONS<sup>1</sup>

Author: Betina Luíza Lerner  
Adviser: Prof. Dr. Gilmar Schafer  
Co-adviser: Prof. Dr. André Samuel Strassburger

## ABSTRACT

As it is new in Brazil, there are, in the cultivation of microgreens, gaps in technical recommendations and adequate management for the different regions and production systems of the country. Then, because seeding is usually done by broadcast and at higher densities than usual, it is necessary to define the seed density according to each species. The use of fertilizers can impact yields, accelerating the growth and development of microgreens, generating a higher quality product. Therefore, the present study aimed to identify and define seed density (SD) and the nutrient concentration in the nutrient solution suitable for the production characteristics at different growing seasons of arugula (*Eruca sativa* Miller) and mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern) microgreens, in a closed hydroponic system. Two experiments were carried out in a protected environment in Porto Alegre. In both, the experimental design adopted was in randomized blocks, with factorial arrangement (4x4), formed by four seed densities (50, 100, 150 and 200 g m<sup>-2</sup>) and four levels of electrical conductivity (EC), with 0.15, 1.0, 2.0 and 3.0 mS cm<sup>-1</sup>. The variables evaluated were shoot height at harvest (SHH), shoot fresh matter yield (SFMY) and shoot dry matter yield (SDMY) and total soluble solids index (TSS index). The fertigation system used was sub-irrigation. In the cultivation of arugula microgreens, there was a significant interaction between the SD and EC factors only for the variables SHH and SFMY in the winter period. During the production of mustard microgreens, the variables SHH (spring) and SFMY (winter and spring) had significant interactions between factors. The other variables showed simple effects, whenever there was a mathematical adjustment. In both experiments, there was a tendency for higher SE to result in higher SHH and SFMY as the hypocotyl growth was stimulated due to competition between seedlings and the mass gain per area. The cultivation of both species without the use of nutrient solution is not recommended. Higher SD and EC promoted superior results of SDMY and TSS index for arugula and mustard. For arugula, it is recommended to use 150 g m<sup>-2</sup> in winter and 175 g m<sup>-2</sup> in spring, both at an EC of 1 mS cm<sup>-1</sup>. Winter mustard cultivation has not reached commercialization standards. In spring, it's recommended to use an EC of 2.00 mS cm<sup>-1</sup> and SD of 200 g m<sup>-2</sup>.

---

<sup>1</sup>Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (66p.) October, 2022.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Histórico e caracterização de microverdes.....	3
2.2 Sistema de produção de microverdes.....	5
2.3 Densidades de semeadura.....	6
2.4 Soluções nutritivas.....	7
2.5 Referências.....	9
3 ARTIGO 1.....	14
3.1 Introdução.....	16
3.2 Material e Métodos.....	18
3.2.1 Cultivo de Microverdes e Desenho Experimental.....	18
3.2.2 Medições e Observações .....	19
3.2.3 Análise Estatística.....	20
3.3 Resultados.....	20
3.3.1 Altura de parte aérea (APA).....	20
3.3.2 Massa fresca de parte aérea (MF).....	22
3.3.3 Massa seca de parte aérea (MS).....	23
3.3.4 Índice de Teor Total de Sólidos Solúveis (TTSS).....	24
3.4 Discussão.....	25
3.4.1 Altura de parte aérea (APA).....	25
3.4.2 Massa fresca de parte aérea (MF).....	27
3.4.3 Massa seca de parte aérea (MS).....	28
3.4.4 Índice de Teor Total de Sólidos Solúveis (TTSS).....	29
3.5 Conclusão.....	29
3.6 Referências.....	31

	Página
4 ARTIGO 2.....	33
4.1 Introdução.....	35
4.2 Material e Métodos.....	37
4.3 Resultados e Discussão.....	40
4.4 Conclusão.....	48
4.5 Referências.....	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
6 APÊNDICES.....	54

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

### ARTIGO 1

1. (A) – Altura da parte aérea (APA) em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula em diferentes concentrações de nutrientes em solução nutritiva durante o inverno. (B) – APA em relação à concentração de nutrientes em solução nutritiva em diferentes densidades de semeadura durante o inverno. (C) – APA em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula produzidos na primavera ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021..... 21
2. (A) - Produção de massa fresca da parte aérea em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula em diferentes concentrações de nutrientes em solução nutritiva durante o inverno. (B) MF em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva em diferentes densidades de semeadura durante o inverno. (C) MF em relação à densidade de semeadura de microverdes produzidos na primavera. (D) MF em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva na primavera ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021..... 23
3. Produção de massa seca de parte aérea em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula produzidas no inverno e na primavera ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021..... 24
4. (A) - Índice de teor de sólidos solúveis totais (TTSS) em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula produzidos no inverno e na primavera. (B) Índice de TTSS em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva para microverdes de rúcula cultivados no inverno ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021..... 25

### ARTIGO 2

1. Altura da parte aérea de microverdes de mostarda produzidos no inverno (A e B) e na primavera (C e D) de acordo com a concentração de nutrientes da solução nutritiva (A e C) e a densidade de semeadura (B e D). Porto Alegre, 2021..... 41
2. Massa fresca de parte aérea de microverdes de mostarda produzidos no inverno (A e B) e na primavera (C e D) de acordo com a concentração de nutrientes da solução nutritiva (A e C) e a densidade de semeadura (B e D). Porto Alegre, 2021.. 43

	Página
3. Matéria seca da parte aérea em relação à densidade de semeadura de microverdes de mostarda produzidos no inverno e na primavera. Porto Alegre, 2021.....	46
4. Índice de teor total de sólidos solúveis (TTSS) em relação à densidade de semeadura de microverdes de mostarda produzidas no inverno e na primavera. Porto Alegre, 2021.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

O relatório “O Estado da Insegurança Alimentar e Nutrição no Mundo” (SOFI) de 2022 apontou que entre 702 e 828 milhões de pessoas foram afetadas pela fome em 2021 (World Health Organization, 2022). Somando-se à falta de ingestão de proteínas e carboidratos, há a fome oculta (má nutrição), a qual é descrita pela carência de absorção de micronutrientes, os quais estão presentes em frutas e hortaliças (Ebert, 2012).

Hortaliças e frutas são importantes componentes de uma alimentação saudável, em função de fornecer vitaminas e minerais, portanto seu consumo é altamente recomendado mundialmente por inúmeros órgãos governamentais relacionados a saúde (Graça *et al.*, 2015; Kim & Cheigh, 2021). Assim, houve aumento da demanda por alimentos frescos e minimamente processados, de consumo “rápido” e fácil, visto que estes reduzem o tempo de preparo das refeições, bem como mantem suas características nutricionais e sensoriais (Graça *et al.*, 2015; Choi *et al.*, 2020).

No Brasil, a produção de alimentos, como hortaliças, tende a estar atrelada à agricultura familiar, a qual é caracterizada pela produção em menor escala (área) e pela otimização de recursos internos (Brainer, 2021). Ainda, as hortaliças, apresentam-se, potencialmente, como o setor agrícola que expressa maior biodiversidade, variedade de produtos e formas de consumo (Di Gioia; Santamaria, 2015), o que viabiliza a inserção das famílias em mercados locais diversificados e de cadeias curtas com geração de renda, ocorrendo a manutenção dos agricultores na área rural (Andersson, 2011). Portanto, o cultivo de microverdes permite a combinação da produção local e de baixo impacto de uma “micro” hortaliça altamente nutritiva, cuja inserção na alimentação humana influencia tanto na dieta quanto em tendências gastronômicas (Kyriacou *et al.*, 2016), isto é, detém alto valor agregado.

Os microverdes, denominação dada a plântulas colhidas quando as folhas cotiledonares estão totalmente expandidas e o primeiro par de folhas verdadeiras está ou

não presente (Kopsell *et al.*, 2012; Xiao *et al.*, 2012), apresentam vantagens nutricionais quando comparadas a plantas adultas e até mesmo *baby leafs* (Xiao *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2015; Weber *et al.*, 2016; Bulgari *et al.*, 2017). Contudo, embora tenham se popularizado nos últimos anos (Treadwell *et al.*, 2010; Nolan, 2018), permanecem sem definições e recomendações técnicas de manejo (Bulgari *et al.*, 2017). Atualmente, a maior parte da literatura científica disponível a respeito de microverdes tem como foco a análise da concentração de nutrientes (compostos bioativos), bem como a sua segurança biológica (Ebert, 2012; Xiao *et al.*, 2012; Paradiso *et al.*, 2018; Freitas, 2020; Palmitessa *et al.*, 2020). Ainda, o emprego de iluminação artificial e sua interação com o acúmulo de compostos bioativos também é bastante estudado (Kopsell *et al.*, 2012; Samuolienė *et al.*, 2013; Gerovac *et al.*, 2016; Samuolienė *et al.*, 2017; Jones-Baumgardt *et al.*, 2020; Venderlin, 2020; Tantharapornrerk *et al.*, 2021).

Em função da semeadura ser realizada a lanço e requerer maior adensamento de sementes que o de costume (Treadwell *et al.*, 2010), é preciso definir a densidade de semeadura de acordo com cada espécie e técnica de cultivo. Apesar do curto ciclo de produção, o uso de fertilizantes pode impactar nos rendimentos, acelerando o crescimento e desenvolvimento das plantas, gerando maior qualidade de produto. Portanto, o presente estudo teve como objetivo gerar conhecimento técnico e aplicado a respeito do cultivo de microverdes de rúcula (*Eruca sativa* Miller) e mostarda (*Brassica juncea* (L.) Czern) em sistema hidropônico. Ainda, identificar e definir a densidade de semeadura e a concentração de nutrientes na solução nutritiva adequadas às características de produção em diferentes épocas do ano no Sul do Brasil.

## 2 REVISÃO BIBLOGRÁFICA

### 2.1 Histórico e caracterização de microverdes

No início dos anos 80, os microverdes passaram a compor pratos e menus de *chefs* em São Francisco, na Califórnia (EUA), tendo expandido sua participação na gastronomia local durante os anos 90 (Di Gioia; Santamaria, 2015). Nesta época, também surgiram iniciativas de mudanças nos padrões de consumo, visando alimentos mais saudáveis e formas de produção mais sustentáveis (Ebert, 2012).

À medida que alimentos funcionais, principalmente frutas e hortaliças com alto conteúdo de compostos bioativos, ganharam importância, os microverdes, igualmente, começaram a destacar-se no contexto mundial (Kyriacou *et al.* 2016; Di Gioia *et al.*, 2017; Verlinden, 2020). Ainda, somada às características nutricionais, a aparência visual de cores vibrantes, os sabores marcantes e o aroma, impulsionaram o uso dos microverdes na criação de pratos diferenciados, escalando a demanda por tais espécies (Ebert, 2012; Verlinden, 2020). Então, tanto ambientalistas, quanto agricultores, chefs e consumidores passaram a reconhecer o valor dos microverdes, devido, também, ao potencial de promoção da segurança alimentar e nutricional de centros urbanos e periurbanos (Ebert, 2014), através de alimentos locais, frescos e nutritivos (Nolan, 2018).

Embora haja reconhecimento consolidado a respeito dos microverdes, ainda não há uma definição legal para esta categoria (Treawell *et al.*, 2010). Estes podem ser amplamente definidos como um produto agrícola, produzido e comercializado como uma salada, similar à brotos e *baby leafs* (Nolan, 2018). Geralmente, os microverdes referem-se à plântulas de hortaliças, as quais são semeadas em alta densidade de sementes e cuja colheita ocorre quando as folhas cotiledonares estão presentes, expandidas e não senescentes e o aparecimento de folhas verdadeiras pode ou não estar acontecendo (Xiao *et al.*, 2012; Treadwell *et al.*, 2020; Verlinden, 2020).

O ciclo de produção dos microverdes pode variar de sete a 14 dias, eventualmente atingindo 21 dias, de acordo com a espécie (Kopsell *et al.*, 2012, Xiao *et al.*, 2012). O produto final, pronto para consumo, consiste no hipocótilo com as folhas cotiledonares aderidas, com uma altura variando de cinco a nove cm, sem as raízes (Treadwell *et al.*, 2010; Sun *et al.*, 2013; Di Gioia; Santamaria, 2015).

Dessa forma, os microverdes são produtos de ciclo curtos, com baixa necessidade de emprego de fertilizantes, uma vez que utilizam as reservas das sementes, e que ocupam um pequeno espaço no ambiente produtivo, seja ele um ambiente protegido ou *indoor* (Treadwell *et al.*, 2010; Kopsell *et al.*, 2012). Usualmente, são consumidos *in natura* e inteiros, o que permite a redução no descarte de comida e a manutenção de suas características nutricionais (Di Gioia; Santamaria, 2015).

As espécies e variedades mais utilizadas na produção de microverdes pertencem às famílias *Amaranthaceae* e *Brassicaceae*, entre as quais estão *Amaranthus spp.*, beterraba, brócolis, couve, mostarda, rabanete, repolho-roxo e rúcula (Kalal *et al.*, 2021). As brássicas tornaram-se populares como microverdes devido a sua fácil germinação, ciclos de produção curtos, diversidade de cores e sabores e alta concentração de compostos fitoquímicos (Xiao *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2013).

Ainda que os microverdes formem parte da categoria de plantas consumidas quando jovens (imaturas), eles se diferenciam tanto de brotos quanto de *baby leafs*. Brotos são classificados como as radículas e a parte aérea oriundas sementes total ou parcialmente germinadas, sem a presença de folhas verdadeiras (Treadwell *et al.*, 2010; Verlinden, 2020), sendo consumido por completo (semente, parte aérea e radículas). Estes são produzidos em ambientes de alta umidade e sem a presença de luz, sendo o ciclo de produção bastante curto (até sete dias), sem a necessidade de aplicação de fertilizantes (Di Gioia *et al.*, 2017; Ebert, 2022).

No caso das hortaliças cultivadas como *baby leafs*, estas são espécies folhosas cultivadas em sistemas com ou sem solo e colhidas quando as folhas verdadeiras estão presentes, porém antes do desenvolvimento das oito folhas verdadeiras (Di Gioia *et al.*, 2017; Verlinden, 2020). Portanto, o ciclo de produção destas plantas é maior, quando comparado à microverdes e brotos, variando de 20 a 40 dias, o que implica na necessidade do uso de fertilizantes. Assim como os microverdes, as *baby leafs* requerem a presença de luz durante o cultivo. O consumo de tais plantas é restrito somente as folhas (Di Gioia *et al.*, 2017).

## 2.2 Sistemas de produção de microverdes

O cultivo de microverdes pode ser realizado em diversos ambientes, como a céu aberto, ambiente protegido e *indoor*, a depender da escala e do objetivo da produção. Ainda, o uso do espaço, seja ele urbano ou não, também varia, podendo ser para consumo próprio em pequenos espaços ou ocupando determinada área em meio a outras culturas (Verlinden, 2020). Em escala comercial, há uma tendência à produção em ambiente *indoor* (condições climáticas controladas) ou em ambiente protegido (Di Gioia; Santamaria, 2015).

Embora possa ser utilizado solo, usualmente são empregados sistemas de cultivo sem solo (Kyriacou *et al.*, 2016), através do uso de substratos e solução nutritiva, a qual contém todos os elementos necessários à sobrevivência dos microverdes. Os recipientes variam de acordo com a disponibilidade, sendo preferencialmente bandejas plásticas, com altura de 3-5 cm e furos na parte inferior, a fim de permitir o escoamento do excesso de umidade (Di Gioia; Santamaria, 2015; Gerovac *et al.*, 2016; Di Gioia *et al.*, 2017).

Substratos utilizados de forma padrão em outros cultivos podem ser aplicados no cultivo de microverdes, com formulações contendo turfa, vermiculita, perlita, fibra de coco, etc. O meio de cultivo deve ser acondicionado dentro do recipiente de forma que sua altura varie entre 1,2 a 5 cm, dependendo do sistema de irrigação (Treadwell *et al.*, 2010). Ao cultivar microverdes de repolho-roxo em diferentes substratos, Wieth *et al.* (2020) concluíram que as variáveis altura da parte aérea, massa fresca e seca não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. A escolha do substrato deve ser baseada, também, pela disponibilidade de aquisição e pelo custo, além de características químicas, físicas e biológicas (ausência de contaminantes e patógenos) adequadas (Verlinden, 2020).

O fornecimento de água ou de solução nutritiva pode acontecer, tanto via parte aérea através de nebulizadores ou microaspersores quanto via raízes, por meio da capilaridade em sistemas de sub-irrigação, de forma manual ou automática (Di Gioia; Santamaria, 2015). Geralmente, a irrigação aérea, utilizando somente água, ocorre nos períodos de germinação, a fim de evitar o molhamento foliar prolongado dos microverdes quando em estágios mais avançados de desenvolvimento (Treadwell *et al.*, 2010).

O uso de iluminação artificial e a suplementação luminosa são amplamente estudados no cultivo de microverdes em ambiente protegido (Kopsell *et al.*, 2012; Samuolienė *et al.*, 2013; Gerovac *et al.*, 2016; Samuolienė *et al.*, 2017; Freitas, 2020; Jones-Baumgardt *et al.*, 2020; Tantharapornrerk *et al.*, 2021), em função de que a luz é um fator essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente em ambientes como indoor (Jones-Baumgardt *et al.*, 2020). Ressalta-se que a germinação das sementes de microverdes deve ser realizada em ambiente com ausência de luz, sendo esse período variável de acordo com a cultura. Após, os recipientes com as sementes germinadas são dispostas em ambientes que recebem luz direta e/ou indireta. Entretanto, ainda trata-se de uma tecnologia de alto custo de implementação (Morrow, 2008; Freitas, 2020), o que dificulta a sua adoção por agricultores familiares que desejam complementar sua renda.

### **2.3 Densidades de sementeira**

O cultivo de microverdes é caracterizado pelo requerimento de uma grande quantidade de sementes, representando, então, um dos principais custos de produção (Allred; Mattson, 2018; Nolan, 2018). As sementes destinadas à essa prática devem ser livres de tratamentos com agrotóxicos ou peletização (sementes nuas), bem como ser de qualidade a fim de promover uma germinação rápida e uniforme. O processo de germinação ocorre na ausência de luz, com alta umidade relativa do ar (80-90%) e temperatura adequada a espécie, possuindo duração entre dois e três dias (Di Gioia; Santamaria, 2015).

A sementeira é realizada a lanço, sendo que cada agricultor, geralmente, determina a densidade de sementeira com base em suas experiências. De maneira geral, os produtores tendem a semear os microverdes da forma mais adensada possível a fim de maximizar a produção e compensar o custos com sementes. Todavia, estes devem atentar ao fato de que o adensamento promove hipocótilos alongados e aumenta o risco de doenças, em função do aumento da umidade e menor circulação de ar no microclima, o que reduz a qualidade de pós-colheita (Treadwell *et al.*, 2010; Di Gioia; Santamaria, 2015; Kyriacou *et al.*, 2016; Nolan, 2018).

Portanto, o conhecimento da densidade de sementeira é fundamental para a obtenção de qualidade (alta produção de biomassa), com o menor número possível de sementes. Contudo, por ser um fator que varia de acordo com a espécie, tamanho e lote

da semente, a recomendação de uma densidade de semeadura única e sua expectativa de rendimento torna-se difícil (Nolan, 2018). Assim, é comum haver discrepância nas indicações de taxas de semeadura entre fabricantes e na literatura (Johnny's Selected Seeds, 2017; Allred; Mattson, 2018).

As densidades de semeadura podem variar desde uma semente por cm<sup>2</sup>, para espécies como girassol e ervilha até quatro sementes por cm<sup>2</sup>, para rúcula, mostarda, brócolis e demais brássicas que possuem sementes pequenas (Di Gioia; Santamaria, 2015). Para rúcula, as densidades de semeadura recomendadas variam de 39 a 100 g m<sup>-2</sup> (Bulgari *et al.*, 2017; Nolan, 2018; Wieth *et al.*, 2021) e para mostarda, 38,5 a 185 g m<sup>-2</sup> (Kopsell *et al.*, 2012; Samuolienė *et al.*, 2017; Nolan, 2018). Outro fator limitante é ausência de uma escala padrão de recomendação, visto que estas podem ser indicadas de acordo com o tamanho do recipiente (número de sementes/bandeja) ou gramas por recipiente, dificultando a interpretação de resultados.

Ao estudar densidades de semeadura para rúcula, Murphy & Pill (2010) observaram que a massa fresca por área tende a crescer linearmente conforme há o aumento do número de sementes utilizadas, contudo, gerando a diminuição da média de massa de cada plântula. Tais resultados também foram evidenciados por Allred & Mattson (2018) com microverdes de mostarda, nabo e rúcula. Nolan (2018) avaliando microverdes de brássicas, concluiu que a obtenção de massa fresca (produtividade) é influenciada pela época e disponibilidade de radiação, visto que mesmo com densidades de semeadura adequadas, as espécies não atingiram seu potencial produtivo.

#### **2.4 Soluções nutritivas**

Em sistemas de cultivo sem solo, técnicas são empregadas para que os nutrientes minerais essenciais sejam fornecidos às plantas por meio de uma solução nutritiva. Assim, a solução nutritiva é considerada a forma pela qual nutrientes previamente dissolvidos em água são disponibilizados para as plantas. Esta deve conter os macro e micronutrientes solubilizados em água em quantidade e proporções equilibradas de acordo com as necessidades da cultura desejada, bem como deve apresentar um pH adequado a fim de evitar problemas de indisponibilidade de nutrientes (Bezerra Neto; Barreto, 2011). Além disso, a absorção de nutrientes pelas plantas também é influenciada pelas condições ambientais, como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar, bem como pela espécie e estágio de desenvolvimento desta (Resh, 2012).

Apesar da sua importância no cultivo de plantas em sistemas sem solo, poucos estudos têm sido realizados com o intuito de avaliar de soluções nutritivas e sua concentração no crescimento e na qualidade nutricional dos microverdes (Palmitessa *et al.*, 2020; Keutgen *et al.*, 2021). Tal escassez implica no desconhecimento dos valores adequados da concentração e da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva que permitam a otimização da produtividade de microverdes, bem como de seus compostos bioativos e a redução do desperdício de fertilizantes (Palmitessa *et al.*, 2020). Ainda, no caso dos microverdes, a manipulação da solução nutritiva é importante tendo em vista seu potencial nutricional, uma vez que a ausência ou adição de dado nutriente pode influenciar no metabolismo secundário das plantas (Neugart *et al.*, 2018).

Embora a produção de microverdes possa ser realizada sem fertilizantes, a sua aplicação pode promover aumento de produção de biomassa e das taxas de crescimento de microverdes (Murphy; Pill, 2010). Em relação às espécies cultivadas, aquelas com crescimento mais lento, como cenoura, salsão e beterraba tendem a se beneficiar mais da utilização de fertirrigação ou aplicação de nutrientes diretamente no substrato. Da mesma forma, espécies de crescimento rápido, como agrião, brócolis, mostarda e rabanete, também são favorecidas pela fertirrigação, uma vez que as reservas de nutrientes presentes na semente são rapidamente esgotadas devido ao seu comportamento (Treadwell *et al.*, 2010; Di Gioia; Santamaria, 2015).

Devido à ausência de uma formulação de solução nutritiva específica para microverdes, muitos autores optam pelo emprego da formulação criada por Hoagland and Arnon (1950) (Di Gioia; Santamaria, 2015; Gerovac *et al.*, 2016; Bulgari *et al.*, 2017; Paradiso *et al.*, 2018; Kyriacou *et al.*, 2020; Palmitessa *et al.*, 2020) a qual é amplamente utilizada ao redor do mundo para diferentes culturas (Bezerra Neto; Barreto, 2012). Contudo, geralmente, a mesma não é aplicada com 100% de sua concentração de nutrientes, variando de 25% ( $0,4 \text{ mS cm}^{-1}$ ) (Kyriacou *et al.*, 2020) a 50% ( $1,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) (Bulgari *et al.*, 2017). Como recomendação para produção comercial, Di Gioia e Santamaria (2015) sugerem o uso de Hoagland com 50% de concentração de nutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ): N 105, P 15, K 117, Ca 100, Mg 24, B 0,25, Cu 0,01, Fe 2,5, Mn 0,25, Zn 0,025, Mo 0,005.

Ainda, é possível manipular a solução nutritiva de acordo com os objetivos desejados. Visando reduzir a presença de potássio em microverdes de chicória e alface destinados à pessoas com disfunções renais, Renna *et al.* (2018) utilizaram três doses de

potássio na solução nutritiva (0, 29,1 e 58,4 mg L<sup>-1</sup>), com CE de 1,8 mS cm<sup>-1</sup>. Os autores concluíram que mesmo na menor dose foi possível produzir microverdes com qualidade nutricional e assim, auxiliar evitando o consumo de alimentos ricos em potássio para pessoas específicas.

Em nível de Brasil, Wieth *et al.* (2020) optaram pelo uso da solução nutritiva proposta por Santos *et al.* (2004) para forragem hidropônica (mmol L<sup>-1</sup>) 13,89 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 1,41 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 1,09 de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 1,41 de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 6,41 de K<sup>+</sup>, 3,4 de Ca<sup>2+</sup> e 1,09 de Mg<sup>2+</sup> e micronutrientes (mg L<sup>-1</sup>) 5,0 de Fe, 0,05 de Mn, 0,09 de Zn, 0,10 de B, 0,04 de Cu e 0,02 de Mo, devido às similaridades de crescimento entre esta e os microverdes. Os autores testaram três concentrações 0, 50 (1,2 mS cm<sup>-1</sup>) e 100% (2,0 mS cm<sup>-1</sup>), concluindo que para microverdes de repolho-roxo a concentração de 100% é a mais indicada, pois resultou em valores superiores para as variáveis de massa fresca e seca e altura de parte aérea. Em outro estudo, para microverdes de manjeriço e repolho-roxo, Freitas (2020) utilizou a solução nutritiva proposta por Furlani (1998), recomendada para hortaliças folhosas, com a concentração de 40% (0,8 mS cm<sup>-1</sup>).

## 2.5 Referências

ALLRED, J.; MATTSON, N. Growing better greenhouse microgreens in under control: tips for controlled environment growing. **Greenhouse Product News, Vegetable Growers News**. Sparta, p. 10-13, 2018. Disponível em: <https://gpnmag.com/article/growing-better-greenhouse-microgreens/>. Acesso em: 02 set. 2022

ANDERSSON, F. da S. **O Processo de Certificação de Hortaliças na Cooperativa Sul Ecológica de Agricultores Familiares Ltda.**: Um estudo de caso. 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

BRAINER, M.S.C.P. Produção de hortaliças na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, Ano 6, n. 180, 2021. 14 p.

BULGARI, R. *et al.* Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 45, n. 2, p. 119–129, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1259642>. Acesso em: 21 jun. 2021

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 8, p. 107-137, 2011.

- CHOI, S.-Y. *et al.* Growth of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on radish microgreens washed with sodium hypochlorite during storage. **Korean Journal of Food Preservation**, Daegu, v. 27, n. 7, p. 850–858, 2020.
- DI GIOIA, F., SANTAMARIA, P. **Microgreens**. Eco-logica, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283426636\\_Microgreens](https://www.researchgate.net/publication/283426636_Microgreens). Acesso em: 10 jun. 2021
- DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Sprouts, microgreens and “baby leaf” vegetables. *In: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Boston: Springer, 2017. p. 403-432.
- EBERT, A. W. Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia. *In: High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand (SEAVEG 2012)*, Chiang Mai: The World Vegetable Center, 2012, p. 216–227, 2012.
- EBERT, A. W. Potential of Underutilized Traditional Vegetables and Legume Crops to Contribute to Food and Nutritional Security, Income and More Sustainable Production Systems. **Sustainability**, Basel, v. 6, n. 1, p. 319–335, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6010319>. Acesso em: 24 set. 2022.
- EBERT, A. W. Sprouts and Microgreens—Novel Food Sources for Healthy Diets. **Plants**, Basel, v. 11, n. 4, p. 571, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants11040571>. Acesso em: 28 set. 2022
- FREITAS, I. S. de. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED no cultivo de microverdes em ambiente protegido**. 2020. 53 p. Dissertação (Mestrado) - USP - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.11.2020.tde-12082020-173606>. Acesso em: 08 ago. 2021
- GEROVAC, J. R. *et al.* Light Intensity and Quality from Sole-source Light-emitting Diodes Impact Growth, Morphology, and Nutrient Content of Brassica Microgreens. **HortScience**, Alexandria, v. 51, n. 5, p. 497–503, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.5.497>. Acesso em: 28 set. 2022
- GRAÇA, A. *et al.* Evaluation of microbial quality and yeast diversity in fresh-cut apple. **Food Microbiology**, Amsterdam, v. 51, p. 179–185, 2015.
- JOHNNY’S SELECTED SEEDS. **Johnny’s 2017 microgreens yield data trial**. Winslow, ME, 2017. Disponível em: <https://www.johnnyseeds.com/growers-library/vegetables/microgreens/micro-greens-yield-data-trial-summary-discussion.html>. Acesso em: 05 jun. 2021
- JONES-BAUMGARDT, C.; LLEWELLYN, D.; ZHENG, Y. Different Microgreen Genotypes Have Unique Growth and Yield Responses to Intensity of Supplemental PAR from Light-emitting Diodes during Winter Greenhouse Production in Southern Ontario, Canada. **HortScience**, Alexandria, v. 55, n. 2, p. 156–163, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/hortsci14478-19>. Acesso em: 29 dez. 2021

KALAL, D.; VERMA, S.; SOLANKI, D. H. A. **Microgreen - as a potential food source: A Review**. 2021. Disponível em:

<https://www.semanticscholar.org/paper/Microgreen-as-a-potential-food-source%3A-A-Review-kalal-Verma/1e123a6237cd957a533fa1e75f130649da3a8374>. Acesso em: 01 set. 2022.

KEUTGEN, N. *et al.* Nutritional and Sensory Quality of Two Types of Cress Microgreens Depending on the Mineral Nutrition. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 6, p. 1110, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061110>. Acesso em: 01 out. 2022

KIM, M.-J.; CHEIGH, C.-I. Microbiological contamination of fresh-cut produce in Korea. **Food Science and Biotechnology**, Bethesda, v. 31, n. 1, p. 79–87, 2021.

KOPSELL, D. A. *et al.* Shoot tissue pigment levels increase in ‘Florida Broadleaf’ mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 140, p. 96–99, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.004>. Acesso em: 13 jul. 2021

KYRIACOU, M. C. *et al.* Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 57, p. 103–115, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>. Acesso em: 17 jul. 2021

KYRIACOU, M. C. *et al.* Phenolic Constitution, Phytochemical and Macronutrient Content in Three Species of Microgreens as Modulated by Natural Fiber and Synthetic Substrates. **Antioxidants**, Basel, v. 9, n. 252, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9030252>. Acesso em: 29 dez. 2021

MORROW, R. C. LED Lighting in Horticulture. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 7, p. 1947–1950, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1947>. Acesso em: 29 dez. 2021

MURPHY, C.; PILL, W. Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *Erica vesicaria* subsp. *Sativa*). **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, London, v. 85, p. 171–176, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512650>. Acesso em: 25 jan. 2022

NEUGART, S. *et al.* The intrinsic quality of brassicaceous vegetables: How secondary plant metabolites are affected by genetic, environmental, and agronomic factors. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 233, p. 460–478, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.038>. Acesso em: 01 out. 2022

NOLAN, D. A., 2018. **Effects of Seed Density and Other Factors on the Yield of Microgreens Grown Hydroponically on Burlap**. 2018. 44 f. Dissertation (Master of Agricultural and Life Sciences) - Virginia Tech, Fairfax, 2018.

PALMITESSA, O. D. *et al.* Yield and Quality Characteristics of Brassica Microgreens as Affected by the NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub> Molar Ratio and Strength of the Nutrient Solution. **Foods**, Basel, v. 9, n. 5, p. 677, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9050677>. Acesso em: 29 jan. 2022

PARADISO, V. *et al.* Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food & Function**, Cambridge v. 9, p. 5629–5640, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C8FO01182F>. Acesso em: 29 dez. 2021

PINTO, E. *et al.* Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. **Journal of Food Composition and Analysis**, Amsterdam, v. 37, p. 38–43, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>. Acesso em: 25 set. 2022

RENNA, M. *et al.* Microgreens Production with Low Potassium Content for Patients with Impaired Kidney Function. **Nutrients**, Basel, v. 10, n. 675, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu10060675>. Acesso em: 25 abr. 2022

RESH, H.M. **Hydroponic food production**: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. 7rd. ed. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2012.

SAMUOLIENĖ, G. *et al.* LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. **Open Life Sciences**, Basel, v. 8, n. 12, p. 1241–1249, 2013. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0246-1>. Acesso em: 25 dez. 2021

SAMUOLIENĖ, G. *et al.* Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 228, p. 50–56, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.144>. Acesso em: 13 jul. 2021

SUN, J. *et al.* Profiling Polyphenols in Five Brassica species Microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMSn. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 61, n. 46, p. 10960–10970, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf401802n>. Acesso em: 29 dez. 2021

TANTHARAPORNREK, N. *et al.* Growth and antioxidant system of Chinese kale microgreens in response to different illumination of light sources. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, London, v. 51, n. 1, p. 108-122, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01140671.2021.1958876>. Acesso em: 08 ago. 2021

TREADWELL, D. D. *et al.* Microgreens: A New Specialty Crop. **EDIS**, Gainesville, v. 2010, n. 3, p. 1-3, 2010. Disponível em: <https://journals.flvc.org/edis/article/view/118552>. Acesso em: 13 jul. 2021.

VERLINDEN, S. Microgreens: Definitions, Product Types, and Production Practices.: **Horticultural Reviews**, Nova Jersey, v. 47, p. 85-124, 2020.

WEBER, C. Nutrient content of cabbage and lettuce microgreens grown on compost and hydroponic growing pads. **Journal of Horticulture**, Brussels, v. 03, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000190>. Acesso em: 23 dez. 2021

WIETH, A. R.; PINHEIRO, W. D.; DUARTE, T. D. S. Purple cabbage microgreens grown in different substrates and nutritive solution concentrations. **Revista Caatinga**,

Mossoró, v. 32, p. 976–985, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n414rc>. Acesso em: 21 jun. 2021

WIETH, A. R.; PINHEIRO, W. D.; DUARTE, T. da S. Commercial substrates and nutrient concentrations in the production of arugula microgreens. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 39, n. 1, p. 5–11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.87290>. Acesso em: 27 dez. 2021

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all**. Food & Agriculture Org., 2021.

XIAO, Z. *et al.* Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 31, p. 7644–7651, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf300459b>. Acesso em: 21 dez. 2021

### **3 ARTIGO 1**

**Cultivo de microverdes de rúcula: densidades de semeadura e concentrações de nutrientes na solução nutritiva no inverno e na primavera\***

\*Artigo formatado segundo as normas da Agronomy (MDPI)

Article

# Cultivo de microverdes de rúcula: densidades de sementeira e concentrações de nutrientes na solução nutritiva no inverno e na primavera

Betina Luiza Lerner<sup>1</sup>, Andre Samuel Strassburger<sup>1</sup>, Nicole Naomi Okuhara<sup>1</sup> and Gilmar Schafer<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia – Ave. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, 91540-000, Brazil. betinalerner@hotmail.com; andre.strassburger@ufrgs.br; nicole.okuhara@gmail.com; schaffer@ufrgs.br

\* Correspondence: betinalerner@hotmail.com

**Citation:** Lerner, B. L.; Strassburger, A. S.; Okuhara, N. N.; Schafer, G. Cultivation of arugula microgreens: seed densities and nutrient concentrations in nutrient solution. *Agronomy* **2022**, *12*, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Academic Editor: Firstname  
Lastname

Received: date  
Accepted: date  
Published: date

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Microverdes são plantas jovens de espécies hortícolas que tem se destacado tanto pelo seu potencial de uso na culinária quanto por seu teor nutricional. Contudo, práticas culturais como densidade de sementeira e fertilização ainda não foram padronizadas. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a densidade de sementeira e a concentração de nutrientes na solução nutritiva no cultivo de microverdes de rúcula em sistema fechado sem solo em duas estações de cultivo. O experimento foi realizado em ambiente protegido no município de Porto Alegre (UFRGS) nas estações de inverno e primavera. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial (4x4), formado por quatro densidades de sementeira (50, 100, 150 e 200 g m<sup>-2</sup>) e quatro níveis de condutividade elétrica com base na solução nutritiva de Santos (2010), sendo 0,15, 1,0, 2,0 e 3,0 mS cm<sup>-1</sup>, com três repetições por tratamento. As variáveis avaliadas foram altura da parte aérea, massa fresca e massa seca da parte aérea e índice de teor total de sólidos solúveis. O cultivo de microverdes somente em água, sem solução nutritiva, não é recomendado. O aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva e da densidade de sementeira promovem valores superiores de massa seca e de acúmulo de sólidos solúveis (índice TTSS). No período de inverno, recomenda-se o uso de 150 g m<sup>-2</sup> de sementes com CE a partir de 1 mS cm<sup>-1</sup>. No período de primavera, é necessário utilizar 175 g m<sup>-2</sup> de sementes, com CE de 1,0 mS cm<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Eruca sativa*; microgreens; condutividade elétrica; cultivo sem solo

**Abstract:** Microgreens are young plants of vegetables crops that have stood out for their potential in culinary and their nutritional content. However, cultural practices such as seed density and fertilization methods haven't yet been standardized. The aim of this study was to evaluate the seed density and nutrient concentration in nutrient solution in a soilless system of arugula microgreens in two growing seasons. The experiment was carried out in Porto Alegre during winter and spring. The experimental design adopted was in randomized blocks, with a

factorial arrangement (4x4), formed by four sowing densities (50, 100, 150 and 200 g m<sup>-2</sup>) and four levels of electrical conductivity, being 0.15, 1.0, 2.0 and 3.0 mS cm<sup>-1</sup>. The variables evaluated were shoot height, shoot fresh and dry matter yield and total soluble solids index. Growing microgreens without a nutrient solution is not recommended. The increase of nutrient concentration in nutrient solution and seed density promoted higher values of shoot dry matter yield and TSS index. During winter, it is recommended to use 150 g m<sup>-2</sup> of seeds with an EC of 1 mS cm<sup>-1</sup>. During spring, it is necessary to use 175 g m<sup>-2</sup> of seeds, with a minimal EC of 1.0 mS cm<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Eruca sativa*; microverdes; electrical conductivity; soilless cultivation

---

## 1. Introdução

No Brasil, a agricultura familiar destaca-se na produção de hortaliças, uma vez que esta adequa-se em pequenas áreas de cultivo, complementa a dieta e permite a consorciação com outras espécies e atividades, além de proporcionar um retorno econômico rápido [1]. Assim, a produção de microverdes apresenta-se como uma potencial nova fonte de renda para as famílias, visto que possui características semelhantes à produção de hortaliças.

Microverdes são plantas jovens, geralmente de espécies de hortaliças, que tem se destacado tanto pelo seu potencial de uso na culinária quanto por seu teor nutricional. As cores vívidas (como roxo, amarelo ou rosa), diferentes texturas e sabores marcantes são alternativas para compor pratos e saladas [2]. Devido a sua composição, com alto conteúdo de compostos bioativos, como carotenoides e compostos fenólicos [3-4], somado a sua acessibilidade, os microverdes podem contribuir para a melhoria na qualidade da alimentação das populações, inclusive de baixa renda, promovendo, assim, maior segurança alimentar e nutricional [5].

A colheita destas plantas é realizada ao nível do substrato, quando os cotilédones estão plenamente desenvolvidos e o primeiro par de folhas verdadeiras está emergindo ou parcialmente expandido, cerca de sete a 14 dias após a germinação, a depender da espécie. As raízes são descartadas juntamente com o meio de cultivo, sendo comercializado somente o caule com os cotilédones anexados e, frequentemente, as primeiras folhas verdadeiras emergentes [2-3].

Em relação as formas de produção, os microverdes podem ser cultivados em pequenos espaços, em ambientes rurais ou urbanos, com manejos simples e de baixo custo, isto é, sem o uso de fertilizantes e agrotóxicos. Comumente, são utilizados sistemas de cultivo sem solo, com o uso de substratos, de preferência em sistema fechado [6]. Contudo, práticas culturais como densidade de semeadura e fertilização ainda não foram padronizadas, sendo as recomendações bastante amplas [7-8].

O cultivo de microverdes requer grandes quantidades de sementes, pois sua semeadura é realizada à “lanço”, sendo este um dos principais custos de produção. Ainda, há uma tendência, por grande parte dos produtores, em utilizar altas densidades de semeadura, a fim de maximizar a produção. Sobretudo, em produções comerciais é importante obter uma taxa de germinação alta, rápida e uniforme [5].

Todavia, ao avaliar microverdes de rúcula, autores observaram que houve um aumento linear no rendimento de massa fresca de parte aérea por área e número de plântulas por área com o aumento da densidade de semeadura, porém houve, também, redução na massa fresca por plântula [9]. Ainda, altas taxas de semeadura podem promover densidade excessiva de plântulas, acarretando em um alongamento indesejado do hipocótilo e circulação de ar limitada, os quais são fatores propícios ao desenvolvimento de doenças fúngicas [2,8].

O conhecimento da densidade de semeadura adequada é de interesse dos agricultores, uma vez que conhecê-la pode auxiliar a potencializar os lucros usando a menor quantidade possível de semente, em função do alto custo destas [8]. Porém, a densidade de semeadura varia conforme a espécie, sendo baseada no peso das sementes, na germinação e na população de plantas desejada [10].

O uso de solução nutritiva com concentração de nutrientes apropriada promove melhorias no rendimento e na qualidade de microverdes [7]. Todavia, a absorção de nutrientes pelas plantas é influenciada pelas condições ambientais, como temperatura, umidade e radiação solar, bem como pela espécie e pelo estágio de desenvolvimento do cultivo [6].

Ao longo do ano, há variação na radiação solar global, o que implica em alterações nas demais variáveis climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar, resultando em diferenças na evapotranspiração das plantas. No Rio Grande do Sul, conforme o inverno se aproxima, os valores médios da radiação solar global mostram-se insuficientes para culturas de verão, na maioria das regiões [11], atestando a variação da trajetória solar (insolação diária) devido a mudança das estações do ano [12], conseqüentemente, da demanda hídrica.

Em épocas de temperaturas mais elevadas, como o verão e a primavera, ocorre o aumento da transpiração das plantas, logo, o consumo de água tende a ser maior do que a absorção de nutrientes, elevando a condutividade elétrica da solução nutritiva [13-14]. Tal fato pode ocasionar estresse osmótico. Portanto, para que haja maior eficiência no uso dos nutrientes, é necessário adequar a concentração da solução nutritiva conforme a época do ano e o local de cultivo, em função das diferentes condições climáticas [15].

Dentre as hortaliças, as pertencentes a família Brassicaceae são algumas das mais consumidas no mundo, incluindo a rúcula (*Eruca sativa* Miller), a qual pode ser produzida no sistema de microverdes [4]. Os microverdes de rúcula, geralmente, detêm pequeno tamanho (4-5 cm), a espessura do seu caule é bastante fina e as folhas cotiledonares são verdes e em forma de coração, o que é típico da família Brassicaceae [5].

Todavia, por se tratar de uma prática recente e em expansão, os estudos a respeito de microverdes ainda são poucos, principalmente no Brasil, sendo necessário aprofundar os conhecimentos em relação ao seu cultivo em diferentes condições tecnológicas e climáticas. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a densidade de sementeira e a concentração de nutrientes na solução nutritiva no cultivo de microverdes de rúcula em sistema sem solo recirculante em duas estações de cultivo.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Cultivo de Microverdes e Desenho Experimental

O experimento foi realizado no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Departamento de Horticultura e Silvicultura (latitude 30°04'S e longitude 51°08'W), localizado no município de Porto Alegre – RS. O mesmo foi conduzido em duas estações do ano, sendo elas inverno e primavera

O substrato Carolina Soil® (formulado a partir de turfa, vermiculita e casca de arroz carbonizada) foi acondicionado em bandejas de poliestireno branco, perfuradas na base com seis furos (3 mm de diâmetro cada), sem compartimentações e com dimensões de 18,9 cm x 9,4 cm x 2 cm, formando uma camada de, aproximadamente, 1,5 cm de altura. A sementeira foi realizada manualmente, sendo as sementes de rúcula Roka (TopSeed®) depositadas sobre o substrato umedecido, sem posterior recobrimento. Para o cultivo de inverno, a sementeira ocorreu em 28/06/2021; para o período de primavera, em 03/11/2021.

Em seguida, as bandejas foram alojadas em uma câmara de germinação do tipo B.O.D, sob temperatura constante de 25°C e ausência de luz por 48 horas, visando facilitar e uniformizar a germinação das sementes. Quando necessário, as bandejas foram novamente umedecidas, sem o uso de nutrientes. A temperatura de 25°C foi utilizada com base nas recomendações de Ferreira et al. [16] para germinação de sementes de rúcula. O critério adotado para determinar a germinação foi o surgimento do hipocótilo.

Em 30/06/2021 (inverno) e 05/11/2021 (primavera), com as sementes já germinadas, as bandejas foram transferidas para piscinas retangulares, conforme estrutura proposta por Wieth [17]. para produção de microverdes, sob ambiente protegido, com dimensões de 5,0 m x 10,0 m e 3,0 m de pé direito, coberto com filme plástico (PEBD) de 150 µm e disposto no sentido leste-oeste. As piscinas (leito de cultivo) foram construídas em madeira e revestidas com filme plástico dupla face (branco/preto), resultando em 0,07 m de profundidade e 2% de declividade e suportadas a um metro de altura por bancadas de ferro galvanizado.

Para a fertirrigação, utilizou-se o sistema por subirrigação com fornecimento intermitente da solução nutritiva em ciclos de 15 min hora<sup>-1</sup>, das 9 às 17 h e um ciclo de irrigação a noite, também de 15 min de duração. O sistema baseou-se na presença de um dreno na extremidade da piscina, o qual permitiu a recondução da solução nutritiva drenada para o seu reservatório. Dessa forma, obteve-se um sistema fechado, com ausência perdas de volume de

solução através do lixiviado. O uso de fertirrigação iniciou na data da transferência das bandejas para os leitos de cultivo.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial (4x4), formado por quatro densidades de semeadura e quatro concentrações de nutrientes da solução nutritiva, com três repetições por tratamento. As densidades de semeadura (DS) utilizadas foram: 50 g m<sup>-2</sup>, 100 g m<sup>-2</sup>, 150 g m<sup>-2</sup> e 200 g m<sup>-2</sup>. As sementes de cada tratamento foram pesadas em balança de precisão. A solução nutritiva (SN) utilizada foi a proposta por Santos (2010) [18], a qual é indicada para o cultivo hidropônico de rúcula, com a seguinte composição (100% de concentração) de macronutrientes (em mmol L<sup>-1</sup>): 12,38 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 1,27 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 3,33 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; 1,96 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 9,35 K<sup>+</sup>; 3,45 Ca<sup>2+</sup>; 1,05 Mg<sup>2+</sup>; de micronutrientes (em mg L<sup>-1</sup>): 5,0 de Fe; 0,05 de Mn; 0,09 de Zn; 0,10 de B; 0,04 de Cu; 0,02 de Mo. Os micronutrientes foram mantidos em sua concentração padrão conforme recomendação do produto comercial utilizado, o ConMicros Light® da marca Conplant®. Este contém os micronutrientes B e Mo na forma de sais inorgânicos e Cu, Mn e Zn na forma de quelatos com EDTA. Para o ferro, fez-se uso do produto Oligo Ferro EDDHA 6% da Van Iperen®. Foram testadas quatro concentrações de nutrientes na solução nutritiva, sendo estas: 0%, 50%, 100% e 150% da solução nutritiva de referência, correspondendo à de condutividade elétrica inicial em 0,15, 1,0, 2,0 e 3,0 mS cm<sup>-1</sup>, respectivamente. A concentração de nutrientes na SN será representada por sua condutividade elétrica (CE).

A CE foi monitorada diariamente com o uso de condutímetro de bolso modelo AK51 (AKSO®), sendo corrigida se necessário com adição de água ou nutrientes no reservatório, permitindo um máximo de 10% de variação desta. O pH inicial variou entre 5,5 e 6,0.

## 2.2. Medições e Observações

Um termo-higrômetro digital modelo 7666 da marca Incoterm® foi instalado próximo ao leito de cultivo, dentro do ambiente protegido. O aparelho permitiu o monitoramento diário da temperatura máxima e mínima e a umidade relativa do ar (máxima e mínima).

No período de inverno, a temperatura do ar dentro do ambiente protegido variou de 3,1 a 32,7°C, sendo a média das temperaturas máximas 27,9°C e das mínimas, 9,4°C. Para umidade relativa do ar, no mesmo período, obteve-se a variação de 31 a 90%. No ambiente externo, obteve-se como média de temperaturas máximas, 18,0° e de mínimas, 7,1°C, com insolação diária média de 5,2 horas e precipitação média de 0,2 mm dia<sup>-1</sup> [19].

Durante o cultivo de primavera, por sua vez, a variação de temperatura do ar atingida foi de 11,7°C a 40,2°C, com média de temperaturas máximas de 38,8°C e mínimas, 13,3°C. Em relação a umidade relativa do ar esta alternou entre 15% e 88%. No ambiente externo, a média de máximas obtidas foi de 25,8°C e de mínimas, 16,7°C, com média de 9,0 horas de insolação diária e precipitação de 2,4 mm dia<sup>-1</sup> [19].

A colheita foi iniciada quando 80% dos microverdes apresentavam cotilédones totalmente expandidos, com início do desenvolvimento das folhas primárias. A mesma foi realizada em 06/07/2021 (inverno) e 09/11/2021 (primavera), totalizando nove dias de ciclo para o cultivo de inverno e sete para o de primavera. Com o auxílio de uma tesoura, o corte dos microverdes ocorreu na base da plântula ao nível do substrato. Após a colheita, as variáveis coletadas foram altura da parte aérea (cm), massa fresca e massa seca da parte aérea (g) e teor total de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix).

A altura da parte aérea (APA), medida do colo até o ápice das plantas, foi obtida pela média de quatro pontos por bandeja, com o uso de régua graduada em mm. A massa fresca da parte aérea foi contabilizada por unidade de bandeja (178 cm<sup>2</sup>), sendo pesada em balança de precisão e convertida para g m<sup>-2</sup>. Para a secagem da fitomassa da parte aérea foi utilizada estufa com ventilação de ar forçado a 65°C até peso constante (48-72 horas), seguido da pesagem em balança de precisão e convertida para g m<sup>-2</sup>. O teor total de sólidos solúveis (TTSS) foi quantificado com o uso de um refratômetro digital portátil modelo PAL-1 da marca Atago®. O extrato vegetal utilizado para essa avaliação foi produzido com o uso de 20 plântulas de microverdes em cadinho de porcelana. A massa fresca das 20 plântulas foi pesada separadamente e acrescido ao valor de massa fresca, obtendo-se a massa fresca total (MF). Para massa seca total (MS), o valor referente às 20 plântulas foi estimado e adicionado ao valor de massa seca (sem as 20 plântulas).

### 2.3. *Análise Estatística*

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar a normalidade e a homogeneidade da variância, respectivamente. A análise de variância foi realizada através do teste F ( $\alpha = 0,05$ ), utilizando o software livre R. As análises de regressão foram realizadas no software Sigmaplot 14.0 (Systat Software, Inc.) ( $\alpha = 0,05$ ) de acordo com a interação identificada.

## 3. Resultados

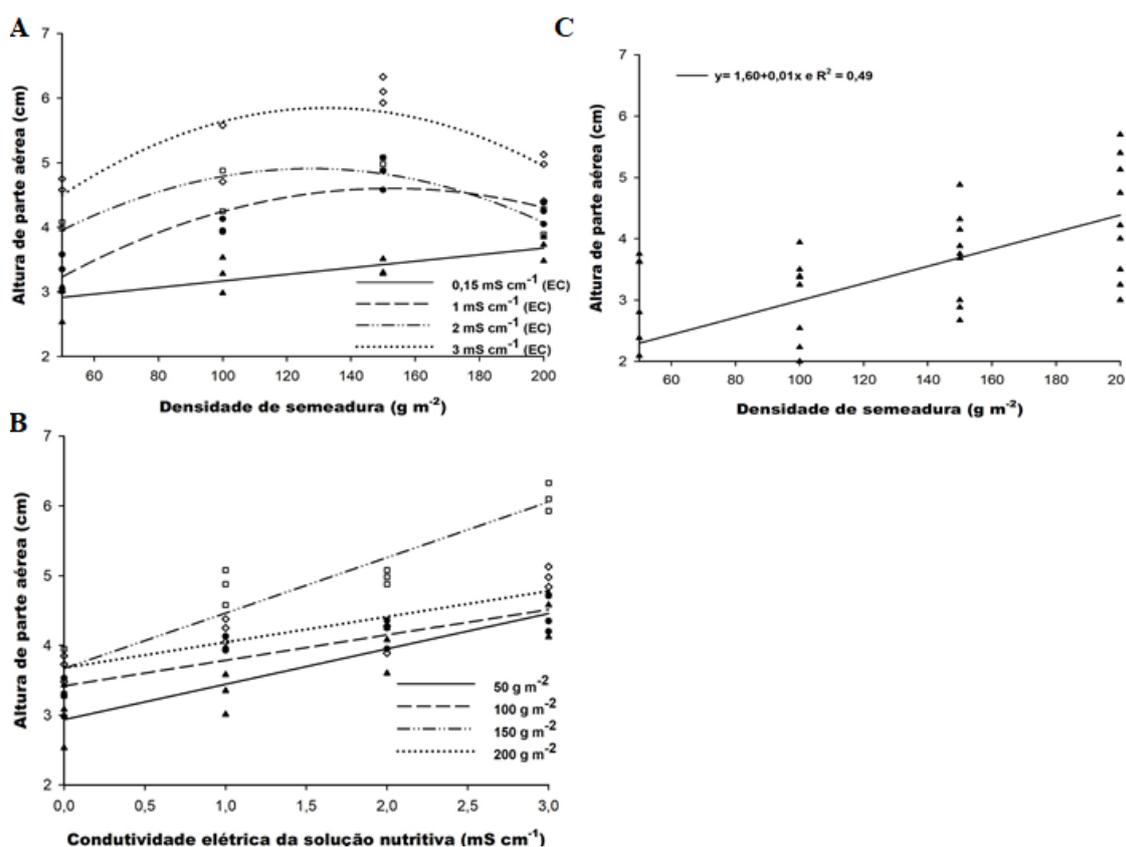
A análise de variância indicou que somente as variáveis APA e MF apresentaram interação significativa entre a densidade de sementeira e concentração de nutrientes da solução nutritiva para o período de inverno. As variáveis MS e índice de TTSS evidenciaram efeitos significativos independentes, bem como APA e MF no cultivo de primavera. Em ambos os períodos de cultivo, a densidade de sementeira e a concentração de nutrientes influenciaram todas as variáveis analisadas..

### 3.1. *Altura de parte aérea (APA)*

Analisando o desdobramento da interação de APA com diferentes densidades de sementeira em quatro níveis de CE durante o inverno, nota-se que apenas o tratamento com água, ou seja, sem solução nutritiva, apresentou comportamento linear (FIGURA 1A). Neste caso, resultando em uma altura inferior a 4 cm em todas as densidades de sementes avaliadas. As outras três concentrações de soluções nutritivas apresentaram

comportamento quadrático em relação à densidade de semeadura, com picos alcançados em  $155 \text{ g m}^{-2}$  ( $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ),  $130 \text{ g m}^{-2}$  ( $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ) e  $135 \text{ g m}^{-2}$  ( $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ) de sementes, correspondendo a alturas de 4,62 cm, 4,95 cm e 5,92 cm, respectivamente (dados calculados).

Para os microverdes produzidos durante o inverno, o aumento da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva implicou em aumento linear da AP para todas as densidades de semeadura avaliadas (FIGURA 1B). O tratamento com  $150 \text{ g m}^{-2}$  de sementes foi superior às demais densidades de semeadura a partir da CE  $0,15 \text{ mS cm}^{-1}$ , chegando a 6 cm na maior CE testada (dado observado). Os tratamentos com 50 e  $100 \text{ g m}^{-2}$  de sementes atingiram valores próximos a 4,5 cm de altura na CE máxima testada ( $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ), enquanto o DS de  $200 \text{ g m}^{-2}$  aproximou-se de 4,8 cm de AP na mesma CE. Na condutividade elétrica inicial ( $0,15 \text{ mS cm}^{-1}$ ), apenas o tratamento de  $50 \text{ g m}^{-2}$  não atingiu altura superior a 3 cm. Os ângulos de inclinação das linhas foram  $27^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $38,5^\circ$  e  $20,2^\circ$  para os tratamentos 50, 100, 150 e  $200 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente



**Figura 1.** (A) – Altura da parte aérea (APA) em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula em diferentes concentrações de nutrientes em solução nutritiva durante o inverno. (B) – APA em relação à concentração de nutrientes em solução nutritiva em diferentes densidades de semeadura durante o inverno. (C) – APA em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula produzidos na primavera ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021. (A)  $0,15 \text{ mS cm}^{-1} = 2,66 + 0,01x$ ,  $R^2 = 0,67$ ;  $1,00 \text{ mS cm}^{-1} = 1,56 + 0,04x - 0,0001x^2$ ;  $R^2 = 0,81$ ;  $2,00 \text{ mS cm}^{-1} =$

$2,32+0,04x+0,0002x^2$ ,  $R^2 = 0,75$ ;  $3,00 \text{ mS cm}^{-1} = 2,37+0,05x-0,00019x^2$ ,  $R^2 = 0,60$ . (B)  $50 \text{ g m}^{-2} = 2,94+0,51x$ ,  $R^2 = 0,78$ ;  $100 \text{ g m}^{-2} = 3,42+0,36x$ ,  $R^2 = 0,75$ ;  $150 \text{ g m}^{-2} = 3,67+0,80x$ ,  $R^2 = 0,88$ ;  $200 \text{ g m}^{-2} = 3,68+0,37x$ ,  $R^2 = 0,68$ .

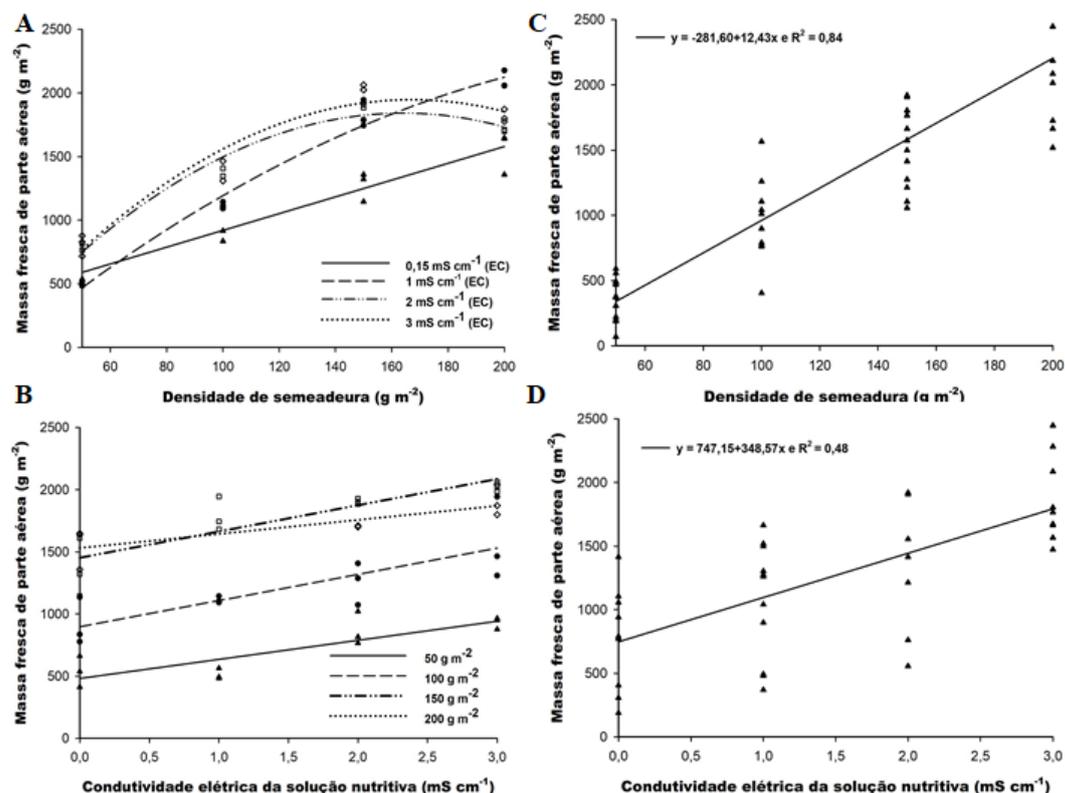
Durante a primavera, a variável APA não apresentou interação entre os fatores estudados. Analisando os efeitos simples, o aumento da densidade de semeadura promoveu um crescimento linear em altura (FIGURA 1C). Não houve ajuste matemático para a concentração de nutrientes como fator, portanto, a média de APA para todas as concentrações de nutrientes testadas foi de 3,38 cm.

### 3.2. Massa fresca de parte aérea (MF)

Para o nível inicial de CE da solução nutritiva ( $0,15 \text{ mS cm}^{-1}$ ), o aumento na densidade de semeadura resultou em um aumento linear na produção de massa fresca da parte aérea (MF) durante o inverno (FIGURA 2A). Para os demais níveis de CE ( $1,0$ ,  $2,0$  e  $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ), as interações promoveram relações quadráticas, e a CE de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$  não atingiu o ponto máximo da curva em nenhuma das densidades de semeadura testadas. Os tratamentos com CE de  $2,0$  e  $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$  atingiram o pico em  $165 \text{ g m}^{-2}$ .

A interação entre a concentração de nutrientes da solução nutritiva e os quatro níveis de densidade de semeadura para MF de microverdes de rúcula resultou em um aumento linear durante o inverno (FIGURA 2B). O maior valor MF ( $2.069,08 \text{ g m}^{-2}$ ) foi alcançado com  $150 \text{ g m}^{-2}$  de sementes. Este tratamento ( $150 \text{ g m}^{-2}$ ) apresentou valores superiores de MF, em números absolutos, do que os obtidos na densidade de  $200 \text{ g m}^{-2}$  a partir de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$  (CE).

Para cada aumento de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$  na concentração de nutrientes da solução nutritiva, houve um ganho médio, de aproximadamente, 25%, 19,5%, 13% e 6,9% para MF nos níveis de  $50 \text{ g m}^{-2}$ ,  $100 \text{ g m}^{-2}$ ,  $150 \text{ g m}^{-2}$  e  $200 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente, em relação à concentração de nutrientes anterior.

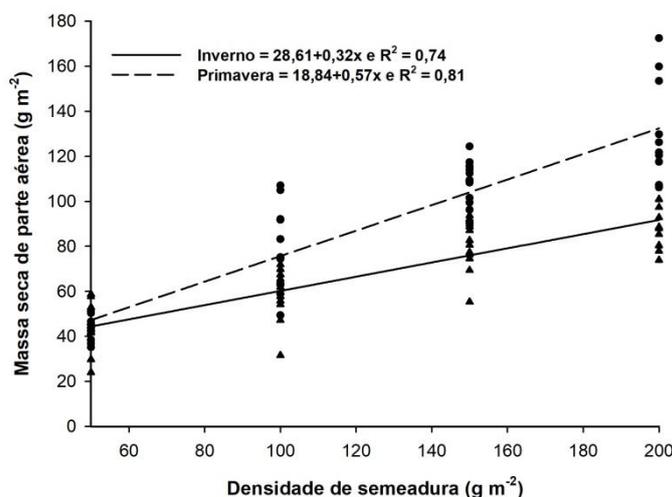


**Figura 2.** (A) - Produção de massa fresca da parte aérea em relação à densidade de sementeira de microverdes de rúcula em diferentes concentrações de nutrientes em solução nutritiva durante o inverno. (B) MF em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva em diferentes densidades de sementeira durante o inverno. (C) MF em relação à densidade de sementeira de microverdes produzidos na primavera. (D) MF em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva na primavera ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021. (A)  $0,15 \text{ mS cm}^{-1} = 259,90 + 6,60x$ ,  $R^2 = 0,91$ ;  $1,00 \text{ mS cm}^{-1} = -427,67 + 19,66x - 0,03x^2$ ,  $R^2 = 0,98$ ;  $2,00 \text{ mS cm}^{-1} = -478,94 + 27,58x - 0,08x^2$ ,  $R^2 = 0,96$ ;  $3,00 \text{ mS cm}^{-1} = -452,81 + 28,73x - 0,09x^2$ ,  $R^2 = 0,95$ . (B)  $50 \text{ g m}^{-2} = 481,68 + 153,30x$ ,  $R^2 = 0,70$ ;  $100 \text{ g m}^{-2} = 897,36 + 211,22x$ ,  $R^2 = 0,64$ ;  $150 \text{ g m}^{-2} = 1435,51 + 211,19x$ ,  $R^2 = 0,74$ ;  $200 \text{ g m}^{-2} = 1531,73 + 112,95x$ ,  $R^2 = 0,65$ .

A MF de microverdes produzidos durante a primavera apresentou crescimento linear para densidade de sementeira (FIGURA 2C). O ajuste matemático entre MF e concentração de nutrientes na solução nutritiva resultou em uma curva linear crescente (FIGURA 2D).

### 3.3. Massa seca de parte aérea (MS)

A análise de produtividade de massa seca de parte aérea (MS) apresentou ajuste matemático apenas para a densidade de sementeira, o que resultou em aumento linear durante o inverno e a primavera (FIGURA 3). Para a concentração de nutrientes, a média de MF para todos os tratamentos foi de  $68,1 \text{ g m}^{-2}$  e  $89,9 \text{ g m}^{-2}$ , durante o inverno e a primavera, respectivamente.



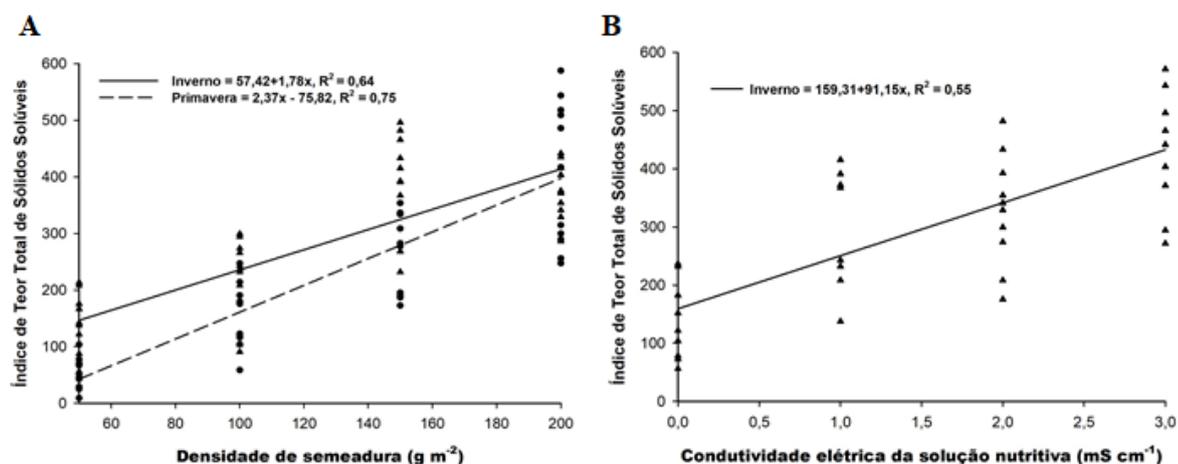
**Figure 3.** Produção de massa seca de parte aérea em relação à densidade de sementeira de microverdes de rúcula produzidas no inverno e na primavera ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021.

A produção de massa seca de parte aérea variou de 44,4 a 91,8  $\text{g m}^{-2}$  durante o inverno e na primavera, de 47,2 a 132,4  $\text{g m}^{-2}$ . De modo geral, o comportamento foi semelhante ao apresentado pela MF, em que, em valores de densidade de sementeira menores, os cultivos de inverno e primavera apresentam valores próximos e se distanciam à medida que a densidade de sementeira aumenta. Assim, ao final, o cultivo de primavera apresenta resultados superiores devido à inclinação do linear, cujo valor é de  $29,6^\circ$  para a primavera e  $17,5^\circ$  no inverno. Portanto, o aumento da densidade de sementeira promoveu maiores valores de MS em ambas as épocas de cultivo.

#### 3.4. Índice de Teor Total de Sólidos Solúveis (TTSS)

Para a melhor compreensão dos dados de TTSS, seus valores foram divididos pelo MF, resultando em um índice (índice de TTSS). O índice apresentou comportamento linear crescente à medida que houve aumento na densidade de sementes para microverdes cultivados tanto no inverno quanto na primavera (FIGURA 4A), indicando que em densidades mais altas, houve maior concentração total de sólidos solúveis. Em densidades de sementeira menores ( $50 \text{ g m}^{-2}$ ), a diferença entre inverno e primavera foi mais perceptível, sendo o inverno, aproximadamente, três vezes maior. Na densidade de sementes de  $200 \text{ g m}^{-2}$  as linhas se aproximaram, com menos de 5% de diferença.

O índice de TTSS obteve ajuste matemático para concentração de nutrientes na solução nutritiva durante o inverno, resultando em um aumento linear (FIGURA 4B). Para a primavera, não houve ajuste, sendo a média de 224,75.



**Figure 4.** (A) - Índice de teor de sólidos solúveis totais (TTSS) em relação à densidade de semeadura de microverdes de rúcula produzidos no inverno e na primavera. (B) Índice de TTSS em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva para microverdes de rúcula cultivados no inverno ( $\alpha = 0,01$ ). Porto Alegre, 2021

#### 4. Discussão

##### 4.1. Altura de parte aérea (APA)

A altura de parte aérea dos microverdes é uma variável determinante para a execução da colheita. Geralmente, esse processo é realizado manualmente, portanto, quanto maior em altura forem os microverdes, mais fácil será a colheita [20]. Embora a variação de altura para microverdes seja bastante ampla, alterando conforme a espécie, não há um valor estipulado como adequado, podendo atingir até 10 cm [5]. Em geral, a discussão em torno dessa variável ainda é pouco observada nos dados de pesquisa disponíveis.

Plantas com menos de 5 cm de altura têm sua colheita mecanizada inviabilizada, sabendo que a mecanização é uma tendência na produção em larga escala [21], isso pode ser um problema futuro. Em relação a colheita manual, a altura de 4 cm permite a realização adequada desta, para os microverdes de rúcula. Ainda, alguns autores estabelecem alturas máximas para o ponto de colheita, como 6 cm [22]. No presente trabalho, foi possível notar que a partir de 6 cm, visualmente, as plântulas tendiam a curvar-se devido ao crescimento excessivo de seus hipocótilos, sendo esse um comportamento não desejável no momento da comercialização.

Considerando a altura proposta pelos autores Di Gioia e Santamaria para microverdes de rúcula (4 – 5 cm) [5], durante o inverno, a densidade de semeadura de 50 g m<sup>-2</sup> atingiria uma altura mínima de 4 cm apenas a partir do CE de 2,2 mS cm<sup>-1</sup>, aproximadamente; o mesmo ocorre para densidade de semeadura de 100 g m<sup>-2</sup> na CE de 1,6 mS cm<sup>-1</sup>; para o tratamento de 150 g m<sup>-2</sup> de sementes, na CE de 0,5 mS cm<sup>-1</sup>; e para o tratamento de 200 g m<sup>-2</sup> de sementes, na CE de 1,0 mS cm<sup>-1</sup>. Tal fato demonstra que todos os tratamentos avaliados necessitaram do fornecimento de nutrientes por meio de solução nutritiva para atingir a altura considerada padrão.

Pode-se observar que o tratamento com  $150 \text{ g m}^{-2}$  de sementes foi mais responsivo ao aumento da CE da solução nutritiva, inclusive devido ao maior ângulo de inclinação da reta. Assim, o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva neste tratamento promoveu maior aumento proporcional da altura em comparação às demais densidades. Ainda, esta DS foi a que exigiu a menor concentração de nutrientes na SN para atingir 4 cm de altura, o mínimo desejável.

É possível que este comportamento esteja atrelado a maior competição entre plantas naqueles tratamentos com densidade de semeadura elevada, uma vez que o maior adensamento gera competição por espaço e luz, como verificado em molhos de plantas adultas de rúcula [23]. Tendo em vista que o adensamento de plantas não afetou a fitossanidade do dossel, pode-se inferir que o aumento da densidade populacional de microverdes, até determinados limites, favorece o vigor das plantas, sendo benéfico para variáveis como altura da parte aérea [24-25].

Os microverdes de rúcula cultivados em água durante o ciclo de inverno não atingiram o valor desejado em altura, independentemente da densidade de semeadura adotada. A altura máxima atingida pelos tratamentos com CE de  $1,0$  e  $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$  foi inferior a  $5 \text{ cm}$ , portanto, somente na CE de  $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$  esse valor foi atingido, sendo necessário cerca de  $67 \text{ g m}^{-2}$  de sementes para tal.

Ao analisar o comportamento das curvas dos tratamentos com CE de  $2,0$  e  $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ , nota-se que densidades de semeadura similares, como  $130$  e  $135 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente, promovem um ganho em quase um centímetro de altura da parte aérea (de  $4,95$  a  $5,92 \text{ cm}$ ), de acordo com a CE da SN utilizada. No entanto, o valor alcançado com o uso de solução nutritiva com CE de  $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$  ( $4,95 \text{ cm}$ ) atende aos requisitos de colheita, gerando economia na quantidade de nutrientes aplicados quando comparado ao tratamento de  $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ .

No período de primavera, para que os microverdes atingissem a altura mínima desejada de  $4 \text{ cm}$ , foi necessário o uso de aproximadamente  $175 \text{ g m}^{-2}$  de sementes, o qual é um valor bastante elevado. O menor crescimento em altura pode estar relacionado aos altos valores de temperatura do ar alcançados dentro do ambiente protegido neste período ( $>40^\circ\text{C}$ ), o que influencia diretamente na temperatura da solução nutritiva, podendo prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Avaliando os efeitos da qualidade e intensidade da luz em microverdes de brássicas, uma pesquisa concluiu que a maior intensidade de luz produziu microverdes menores (menor comprimento do hipocótilo), o que está relacionado à atividade das giberelinas, isto é, quanto maior a intensidade da luz, menor é a concentração endógena de giberelinas nas espécies de brássicas [26]. Da mesma forma, outro estudo concluiu que períodos de maior exposição à luz, produziram microverdes de rabanete mais curtos (altura inferior), devido ao menor crescimento de hipocótilo [8]. Assim, a maior disponibilidade de luz durante a primavera, quando comparada ao inverno, pode ter afetado negativamente o crescimento da parte aérea dos microverdes de rúcula.

#### 4.2. Massa fresca de parte aérea (MF)

A massa fresca da parte aérea é uma das principais variáveis estudadas quando se visa encontrar a densidade de semeadura adequada para o cultivo de determinada espécie de microverdes. Existem algumas divergências quanto à densidade de semeadura [7-8, 27], visto que o ambiente produtivo altera-se a depender do local de estudo, principalmente em relação às condições de luz (luminosidade) e temperatura do ar. Da mesma forma, a concentração de nutrientes influenciará na produção e produtividade dos microverdes, pois, embora sejam plântulas, a fertilização é essencial para a obtenção de valores de MF adequados [28].

Em relação à comercialização de microverdes, a qual geralmente é realizada com base em massa fresca, o valor de 30 g por embalagem pode ser considerado adequado para microverdes já colhidos. Portanto, valores MF superiores a 1800 g m<sup>-2</sup>, que equivalem a cerca de 32 g por bandeja de produção (178 cm<sup>2</sup>), podem ser vendidas individualmente por valores significativos (rentáveis) em mercados ou feiras locais.

Em condições muito semelhantes às apresentadas neste estudo, autores identificaram que a MF de microverdes de rúcula cultivadas no verão variou de 581,0 a 2013,9 g m<sup>-2</sup>, na densidade de semeadura de 100 g m<sup>-2</sup> em substratos da empresa Carolina Soil® [29]. As concentrações de nutrientes utilizadas pelos autores corresponderam as CE de 0,0, 1,2 e 2,0 mS cm<sup>-1</sup>. Tal variação de MF corrobora os dados encontrados no presente trabalho, em que a variação, considerando todos os tratamentos do período de inverno, foi de 481,68 a 2069,08 g m<sup>-2</sup> e no de primavera, de 339,9 a 2204,2 g m<sup>-2</sup>.

No entanto, por serem cultivados no inverno, os microverdes de rúcula na mesma densidade de semeadura (100 g m<sup>-2</sup>) necessitaram de uma CE de 3,0 mS cm<sup>-1</sup> para atingir 1531,01 g m<sup>-2</sup> de MF (FIGURA 3A), sendo o valor encontrado por outros autores cerca de 31% superior na CE de 2,0 mS cm<sup>-1</sup> [29]. Essa diferença pode estar atrelada às condições climáticas no interior do ambiente protegido e à estação climática em que os microverdes foram cultivados em ambos os estudos. Ainda, o período de exposição à SN ocorreu a partir da semeadura, diferentemente do presente trabalho, que ocorreu a partir do 3º dia após a semeadura. Ressalta-se que em ambos os trabalhos é possível apontar que o cultivo de microverdes feito apenas em água, sem solução nutritiva, não é recomendado.

Ainda, para os microverdes produzidos durante a primavera, o valor MF encontrado neste estudo com a densidade de sementes sugerida (100 g m<sup>-2</sup>) foi de 961,3 g m<sup>-2</sup>, cerca de 110% inferior à MF obtida pelos autores durante o verão. Para atingir valores acima de 2000 g m<sup>-2</sup> de MF neste período, foi necessário utilizar uma densidade de semeadura de, aproximadamente, 185 g m<sup>-2</sup> de sementes. Vale ressaltar que os microverdes do presente estudo, para o período de primavera, foram colhidos no 7º dia, enquanto os autores utilizaram entre oito e 11 dias para realizar a colheita. Tal redução no ciclo da cultura pode ser importante para otimizar o uso do ambiente protegido, permitindo maior produção por

área ao longo do ano, embora a produção individual de microverdes seja menor em teor de MF.

Avaliando a massa fresca de parte aérea molhos de plantas adultas de rúcula nas quatro estações do ano, um estudo concluiu que a maior concentração de nutrientes promoveu resultados superiores, em todas as estações [30]. No entanto, a diferença entre as concentrações de nutrientes testadas (1,85 e 2,28 mS cm<sup>-1</sup>) foi mais expressiva nos períodos de menor temperatura (outono e inverno). Portanto, os resultados superiores para MF de microverdes cultivados no inverno encontrados na maior CE testada (3 mS cm<sup>-1</sup>), em todos os níveis de densidade de sementeira estão de acordo com o esperado.

Da mesma forma, ao fornecer uma solução de 1,12 mS cm<sup>-1</sup> durante o outono, microverdes de rúcula atingiram valores de MF próximos a 1600 g m<sup>-2</sup>, utilizando 45 g m<sup>-2</sup> de sementes, porém foram necessários 17 dias para que estes atingissem o ponto de colheita [7]. Esses resultados não condizem com os encontrados no presente estudo, em que a densidade de sementeira recomendada para atingir valores acima de 1600 g m<sup>-2</sup> de MF durante o inverno seria de 140 g m<sup>-2</sup> com CE de 1,0 mS cm<sup>-1</sup>, em um período de nove dias de crescimento, e 152 g m<sup>-2</sup> na primavera, em sete dias. Portanto, em ciclos de cultivo mais curtos do que os utilizados em outras pesquisas [7].

Em valores absolutos, a MF do tratamento 150% (EC de 3,0 mS cm<sup>-1</sup>) é maior que a MF dos demais tratamentos até a densidade de sementeira de 175 g m<sup>-2</sup>, quando este é superado pelo tratamento 50% (EC de 1,0 mS cm<sup>-1</sup>). Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que em densidades maiores, há aumento de competição por luz entre as plantas, resultando em crescimento da altura da parte aérea em detrimento da massa fresca [31].

Considerando a maior densidade de sementeira utilizada (200 g m<sup>-2</sup>), a MF durante o cultivo de primavera foi superior ao de inverno, o qual atingiu 2105,30 g m<sup>-2</sup> em seu ponto máximo, com DS de 200 g m<sup>-2</sup>. Todavia, considerando a média dos valores das densidades de sementeira testadas (FIGURA 3B), independente da SN utilizada, o valor médio de MF no inverno foi de 1344,5 g m<sup>-2</sup> enquanto na primavera foi de 1272,0 g m<sup>-2</sup>. Esses resultados são corroborados por Nolan (2018), cujos estudos demonstraram que microverdes de rúcula produzidos durante o inverno apresentaram uma média de MF superior quando comparados aos cultivados no verão e na primavera.

#### 4.3. Massa seca de parte aérea (MS)

A produção de massa seca de parte aérea também é influenciada pela densidade das sementeira e pela concentração de nutrientes. A maior DS representa as maiores populações de plantas, o que afeta a disponibilidade de radiação solar que atinge o dossel, afetando a partição da matéria seca entre os órgãos da planta [32]. No entanto, como os microverdes são plantas em estágio inicial, a densidade populacional máxima não afetou o ganho de MS, pois permitiu a interceptação da radiação solar útil para a fotossíntese, maximizando a fração de massa seca alocada [31].

Considerando uma densidade de semeadura de  $100 \text{ g m}^{-2}$ , os autores obtiveram uma variação de  $43,9$  a  $67,0 \text{ g m}^{-2}$  para MS de microverdes de rúcula produzidos no verão [29]. Utilizando a mesma densidade de semeadura ( $100 \text{ g m}^{-2}$ ), os valores de MS encontrados no inverno ( $60,2 \text{ g m}^{-2}$ ) e na primavera ( $75,6 \text{ g m}^{-2}$ ) são semelhantes aos encontrados pelos autores [29].

Ao analisar o teor de MS em relação ao percentual de matéria fresca de microverdes, tem-se valores aproximados de  $5,1\%$  para o inverno e  $7,1\%$  para a primavera. Em um estudo com 30 diferentes cultivares de microverdes de brássicas, obteve-se o valor de  $6,4\%$  para rúcula [33].

#### 4.4. Índice de Teor Total de Sólidos Solúveis (TTSS)

O TTSS é um parâmetro que representa o teor de açúcares e ácidos presentes no tecido vegetal e muitas vezes está relacionado à doçura dos produtos. A resposta da variável TTSS apresentou comportamento semelhante às demais variáveis, como APA (exceto inverno), MF e MF. Assim, o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva e da densidade da semeadura resulta em maior acúmulo de açúcar e ácidos nos microverdes de rúcula, o que representa uma relação positiva com a segurança alimentar, pois pode significar que esses microverdes possuem mais compostos nutricionais.

Além disso, sabor e aroma são fatores relevantes para os consumidores de microverdes, sendo sua avaliação importante, visto que podem ser impactados pelo sistema de produção e manejo utilizado [17], como densidade de semeadura e fornecimento de nutrientes. Autores relatam que as propriedades sensoriais são influenciadas pelo teor de sólidos solúveis totais, com maiores valores de TTSS promovendo melhores aromas e sabores [34-35], portanto, o conhecimento dos valores de TTSS para microverdes é desejável.

Uma pesquisa encontrou um valor médio de  $3,9$  °Brix para TTSS de microverdes de beterraba [36]. Estudando o efeito de diferentes concentrações de nutrientes (CE) na solução nutritiva no cultivo de microverdes de repolho-roxo, outro estudo observou uma redução no valor de TTSS à medida que houve aumento da CE, sendo estes  $5,03$  °Brix ( $0,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ),  $3,57$  °Brix ( $1,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) e  $2,72$  °Brix ( $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ) [37]. Apesar de ser uma característica fundamental ao estudo de microverdes, são necessárias mais pesquisas para validar a relação do TTSS com características sensoriais dos mesmos.

## 5. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos nas condições em que a pesquisa foi realizada, é possível concluir que:

- No inverno, recomenda-se utilizar  $150 \text{ g m}^{-2}$  de sementes com solução nutritiva com CE de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ .
- Na primavera, é necessário utilizar  $175 \text{ g m}^{-2}$  de sementes e uma solução nutritiva com, no mínimo, CE de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ .

- O aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva resulta em maior acúmulo de TTSS na massa fresca de parte aérea.

- O aumento da densidade de semeadura resulta em valores superiores de MS e em maior acúmulo de TTSS na massa fresca de parte aérea.

**Contribuições do autor:** Conceptualization, Betina Luiza Lerner and Andre Samuel Strassburger; Formal analysis, Betina Luiza Lerner; Investigation, Betina Luiza Lerner and Nicole Naomi Okuhara; Methodology, Betina Luiza Lerner and Andre Samuel Strassburger; Project administration, Gilmar Schafer; Writing – review & editing, Betina Luiza Lerner, Andre Samuel Strassburger, Nicole Naomi Okuhara and Gilmar Schafer.

**Funding:** This research received no external funding.

**Data Availability Statement:** The datasets generated for this study are available on request to the corresponding author.

**Acknowledgments:** The authors are grateful to Tatiana Da Silva Duarte for providing the equipment of microgreens pool's and to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the master's scholarship.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Amaro, G. B., Silva, D. M. da., Marinho, A. G., Nascimento, W. M. Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. Circular Técnica 47. 2007. Available from: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/33346/1/ct\\_47.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/33346/1/ct_47.pdf) (accessed on 16.12.21)
2. Treadwell, D.D., Hochmuth, R., Landrum, L., Laughlin, W. Microgreens: A New Specialty Crop. EDIS 2010, University of Florida, Florida, 2010. Available from: <https://journals.flvc.org/edis/article/view/118552> (accessed on 05.06.21)
3. Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y., Wang, Q. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60, 7644–7651. <https://doi.org/10.1021/jf300459b>
4. Sun, J., Xiao, Z., Lin, L., Lester, G.E., Wang, Q., Harnly, J.M., Chen, P. Profiling Polyphenols in Five Brassica species Microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61, 10960–10970. <https://doi.org/10.1021/jf401802n>
5. Di Gioia, F., Santamaria, P. Microgreens. Eco-logica, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, 2015. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/283426636\\_Microgreens](https://www.researchgate.net/publication/283426636_Microgreens) (accessed on 10.06.21)
6. Resh, H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. 7rd. ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2012, 134-142.
7. Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A., Lenzi, A. Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2017, 45, 119–129. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1259642>
8. Nolan, D. A., 2018. Effects of Seed Density and Other Factors on the Yield of Microgreens Grown Hydroponically on Burlap. Virginia Tech, 2018, 44 p.
9. Murphy, C., Pill, W. Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *Erica vesicaria* subsp. *Sativa*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2010, 85, 171–176. <https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512650>
10. Kyriacou, M.C., Roupheal, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., De Pascale, S., Santamaria, P. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, 57, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>
11. Buriol, G. A., Estefanel, V., Andriolo, J.L., Matzenauer, R., Tazzo, I.F. Disponibilidade de radiação solar para o cultivo do tomateiro durante o inverno no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 2000, 6, 113-120.
12. Novais, G.T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática (Average distribution of Zonal Climates on the Globe: preliminary studies of a new climatic classification). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2017, 10, 1614–1623. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623>
13. Andriolo, J. L. Olericultura geral. 3rd ed. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia, Santa Maria, Brazil, 2017.
14. Bergamaschi, H., Bergonci, J. I. As plantas e o clima princípios e aplicações. 1º ed. Agro Livros, Guaíba Brazil 2017.
15. Pinheiro, W.D., Wieth, A.R., Carvalho, A.C., Duarte, T. da S., Silva, M.A.S. da. Rúcula hidropônica sob diferentes densidades e concentrações de solução no período de outono e inverno / Hydroponic rocket under different densities and solution concentrations in the autumn and winter period. *Brazilian Journal of Development*, 2021, 7, 23206–23220. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-165>
16. Ferreira, E. G.B.S.; Matos, V. P.; Sales, A. G. A.; Pacheco, M. V. Influência da temperatura e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2008, 3, 209-212.
17. Wieth, A.R. Produção de microgreens em substratos comerciais e concentrações de solução nutritiva (Dissertation). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019, 87 p.
18. Santos, O.S. Elaboração de solução hidropônica para rúculas. Santa Maria: UFSM /Colégio Politécnico, 2010., 8 p.
19. INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2022. Disponível em:< <https://portal.inmet.gov.br/>>.
20. Palmitessa, O.D., Renna, M., Crupi, P., Lovece, A., Corbo, F., Santamaria, P. Yield and Quality Characteristics of Brassica Microgreens as Affected by the NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub> Molar Ratio and Strength of the Nutrient Solution. *Foods*, 2020, 9, 677. <https://doi.org/10.3390/foods9050677>
21. Ying, Q., Kong, Y., Zheng, Y. Applying Blue Light Alone, or in Combination with Far-red Light, during Nighttime Increases Elongation without Compromising Yield and Quality of Indoor-grown Microgreens. *HortScience*, 2020, 55, 876–881. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14899-20>

22. Senevirathne, G., Gama-Arachchige, N., Karunaratne, A. Germination, harvesting stage, antioxidant activity and consumer acceptance of ten microgreens. *Ceylon Journal of Science*, **2019**, 48, 91. <https://doi.org/10.4038/cjs.v48i1.7593>
23. Gonçalves-Trevisoli, E. D. V., Mendonça, H., Dildey, O. D. F., Dartora, J., Rissato, B. B., Coltro-Roncato, S., Echer, M. M. Ambiência e desempenho produtivo de rúcula cultivada em diferentes espaçamentos. *Scientia Agraria Paranaensis*, **2017**, 16, 230-236. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p230-236>
24. Lima, Â.A. de, Miranda, E.G. de, Campos, L.Z. de O., Cuznato Junior, W.H., Mello, S. da C., Camargo, M.S. de. Competição das cultivares de alface Vera e Verônica em dois espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, **2004**, 22, 314–316. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000200030>
25. Lima, J.S.S. de, Neto, F.B., Negreiros, M.Z. de, Freitas, K.K.C. de, Júnior, A.P.B. Desempenho agroeconômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. *Revista Ciência Agronômica*, **2007**, 38, 407–413.
26. Gerovac, J.R., Craver, J.K., Boldt, J.K., Lopez, R.G. Light Intensity and Quality from Sole-source Light-emitting Diodes Impact Growth, Morphology, and Nutrient Content of Brassica Microgreens. *HortScience*, **2016**, 51, 497–503. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.5.497>
27. Johnny's Selected Seeds, 2017c. Johnny's microgreens yield data trial, **2017**, Winslow, ME. Available from: <http://www.johnnyseeds.com/growers-library/micro-greens-yield-data-trial-summarydiscussion.html?q=microgreen> (accessed 12.07.2021)
28. Murphy, C., Llort, K., Pill, W. Factors Affecting the Growth of Microgreen Table Beet. *International Journal of Vegetable Science*, **2010**, 16, 253–266. <https://doi.org/10.1080/19315261003648241>
29. Wieth, A.R., Pinheiro, W.D., Duarte, T. da S. Commercial substrates and nutrient concentrations in the production of arugula microgreens. *Agronomía Colombiana*, **2021**, 39, 5-11. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.87290>
30. Pinheiro, W.D. Produção de rúcula hidropônica sob densidades de plântulas por molho e concentrações de solução nutritiva em épocas de cultivo (Dissertation). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, **2020**, 51 p.
31. Tang, Y., Liesche, J. The molecular mechanism of shade avoidance in crops – How data from Arabidopsis can help to identify targets for increasing yield and biomass production. *Journal of Integrative Agriculture*, **2017**, 16, 1244–1255. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61434-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61434-X)
32. Resende, G.M. de, Costa, N.D. Características produtivas e conservação pós-colheita de cebola em diferentes espaçamentos de plantio. *Horticultura Brasileira*, **2005**, 23, 707–711. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000300003>
33. Xiao, Z., Codling, E., Luo, Y., Nou, X., Lester, G., Wang, Q. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, **2016**, 49, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.04.006>
34. Sobreira, Fábio, Sobreira, Fabrício, Almeida, G., Coelho, R., Rodrigues, R., Matta, F. Taste quality of salad and cherry tomatoes and their relationship with the morphoagronomic characteristics of the fruits. *Ciência e Agrotecnologia*, **2010**, 34, 1015–1023.
35. Maciel, G., Fernandes, M., Hillebrand, V., Azevedo, B. Influência da época de colheita no teor de sólidos solúveis em frutos de minitomate. *Scientia Plena*, **2015**, 11. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.120203>
36. Santos, F.L. dos, Costa, E.S. da, Lima, C.S.M. Diferentes substratos no desenvolvimento e na pós-colheita de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, **2020**, 21.
37. Wieth, A.R., Pinheiro, W.D., Duarte, T da. S. PURPLE CABBAGE MICROGREENS GROWN IN DIFFERENT SUBSTRATES AND NUTRITIVE SOLUTION CONCENTRATIONS. *Revista Caatinga*, **2020**, 32, 976–985. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n414rc>

## **4 ARTIGO 2**

### **Produção de microverdes de mostarda: densidades de semeadura e concentrações de nutrientes nas estações de inverno e primavera\***

\*Artigo formatado segundo as normas Revista Brasileira de Ciências Agrária

## **Produção de microverdes de mostarda: densidades de semeadura e concentrações de nutrientes nas estações de inverno e primavera**

Betina Luiza Lerner<sup>1</sup>, Andre Samuel Strassburger<sup>1</sup>, Nicole Naomi Okuhara<sup>1</sup> e Gilmar Schafer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grandedo Sul, Faculdade de Agronomia – Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, 91540-000, Brasil. betinalerner@hotmail.com; andre.strassburger@ufrgs.br; nicole.okuhara@gmail.com; schaffer@ufrgs.br

### **RESUMO**

Microverdes são plântulas de hortaliças colhidas ao nível de substrato quando apresentam os cotilédones totalmente expandido. Apesar da sua importância nutricional e comercial, não há definição de parâmetros técnicos para o cultivo de microverdes em diferentes condições climáticas. O objetivo deste trabalho foi avaliar densidades de semeadura de microverdes de mostarda em cultivo sem solo e sua interação com concentrações de nutrientes na solução nutritiva em sistema fechado. O experimento foi conduzido em Porto Alegre nos ciclos de inverno e primavera. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial (4x4), formado por quatro densidades de semeadura (50, 100, 150 e 200 g m<sup>-2</sup>) e quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (0,15, 1,0, 2,0 e 3,0 mS cm<sup>-1</sup>). As variáveis avaliadas foram altura, massa fresca e seca da parte aérea e índice de sólidos solúveis totais. O cultivo de inverno foi afetado principalmente pelo número de horas de sol e temperatura inferior do ambiente. Nas condições de inverno do RS, microverdes de mostarda não atingem padrões de comercialização. Na primavera, a condutividade elétrica recomendada é de 2,00 mS cm<sup>-1</sup> e a densidade de semeadura, é de 200 g m<sup>-2</sup>.

**Palavras-chave:** *Brassica juncea*, microgreens, condutividade elétrica, cultivo sem solo, ambiente protegido

### **ABSTRACT**

Microgreens are vegetable seedlings harvested at substrate level when cotyledons are fully expanded. Despite its nutritional and commercial importance, there is no definition of technical parameters for the cultivation of microgreens in different climatic conditions. The objective of this work was to evaluate seed densities of mustard microgreens in soilless cultivation and their interaction with nutrient concentrations in

nutrient solution in a closed system. The experiment took place in Porto Alegre during winter and spring. The experimental design adopted was in randomized blocks, with factorial arrangement (4x4), formed by four sowing densities (50, 100, 150 and 200 g m<sup>-2</sup>) and four levels of electrical conductivity of the nutrient solution (0.15, 1.0, 2.0 and 3.0 mS cm<sup>-1</sup>). The variables evaluated were height, fresh and dry mass of shoots and total soluble solids index. Winter cultivation was mainly affected by the lack of radiation and lower temperatures in the protected environment. In RS winter conditions, mustard microgreens do not reach the commercialization standards. During spring, the electrical conductivity recommended is 2.00 mS cm<sup>-1</sup> and the seed density is 200 g m<sup>-2</sup>.

**Keywords:** *Brassica juncea*, microverdes, electrical conductivity, soilless cultivation, protected environment

## INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a segurança alimentar e nutricional tem sido colocado em pauta. O contínuo crescimento populacional, principalmente nos países em desenvolvimento, manifesta-se como um desafio para produção de alimentos (Di Gioia & Santamaria, 2015). Nesse contexto, os microverdes apresentam-se como uma forma prática e rápida de ingestão de nutrientes, como vitaminas e carotenóides, uma vez que detém maiores concentrações desses compostos quando comparados a plantas adultas (Xiao et al., 2012; Kyriacou et al., 2016; Nolan, 2018).

Microverdes são plântulas de hortaliças, oleaginosas e demais espécies, colhidas ao nível de substrato quando apresentam os cotilédones totalmente expandidos e o primeiro par de folhas verdadeiras em expansão ou não (Xiao et al., 2012; Sun et al., 2013). Como característica, os microverdes detém altura de parte aérea variando entre 3-10 cm e período de produção entre sete e 14 dias (Junipaw et al., 2019). Ainda, estes são consumidos inteiros e *in natura*, reduzindo o descarte de alimentos e a perda ou degradação de nutrientes, uma vez que não há cozimento (Di Gioia & Santamaria, 2015)

Em relação às hortaliças, a família Brassicaceae é reconhecida por possuir espécies de relevância mundial, as quais são ricas em compostos fenólicos cuja função antioxidante pode ser responsável por prevenir doenças crônicas (Cartea et al., 2010). Tais espécies permitem a comercialização na forma de microverdes (Sun et al., 2013).

A mostarda [*Brassica juncea* (L.) Czern], quando colhida no estágio de plântula, possui como principal característica o sabor picante (típico da família). Tal sabor está relacionado com a presença de glucosinolatos, isto é, compostos de enxofre anticancerígenos por excelência. Ainda, essa espécie apresenta folhas cotiledonares verdes em forma de coração; as folhas verdadeiras, por sua vez, são mais finas e detém uma forma diferente das folhas cotiledonares (Di Gioia & Santamaria, 2015).

A produção de microverdes é realizada, geralmente, através de técnicas do cultivo sem solo, em sistemas fechados ou abertos com uso de substratos (Nolan, 2018; Wieth et al., 2020) e em diferentes ambientes, como céu aberto, ambiente protegido e *indoor*, e escalas, da caseira a comercial (Kyriacou et al., 2016). Contudo, para a obtenção de um produto comercial de qualidade é necessário o emprego de manejos assertivos (Treadwell et al., 2010). Assim, a densidade de sementeira e a nutrição, com destaque à fertirrigação, são parâmetros importantes a serem definidos.

O custo das sementes é um dos entraves para a produção em escala de microverdes, em função destas serem utilizadas em grandes quantidades (Freitas, 2020). Ao empregar altas densidade de sementeira, é possível favorecer o aumento da produtividade, porém pode-se provocar o alongamento do caule (curvatura das hastes) e favorecer o aparecimento de doenças (Treadwell et al., 2010; Nolan, 2018). Definir a densidade de sementeira adequada para cada espécie de microverdes visa a obtenção de rendimentos superiores, a partir da utilização do menor número de sementes possível.

Condições ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade influenciam na absorção de nutrientes pelas plantas (Resh, 2012). Portanto, as estações climáticas do ano implicam diretamente na composição da solução nutritiva e na concentração de nutrientes a ser utilizada (Pinheiro, 2020), sendo a influência de tais fatores pouco conhecida no desempenho dos microverdes. Dessa forma, a condutividade elétrica (CE) adequada e o equilíbrio iônico são fundamentais para a obtenção de rendimentos superiores, qualidade e redução do desperdício de nutrientes (Palmitessa et al., 2020).

Autores testaram diferentes soluções nutritivas, como a de Hoagland e Arnon em diferentes concentrações no cultivo de microverdes de brássicas (Gerovac et al., 2016; Bulgari et al., 2017; Paradiso et al., 2018; Kyriacou et al., 2020; Palmitessa et al., 2020). Ao cultivar microverdes de repolho-roxo, Wieth et al. (2020) optou pelo uso da composição proposta por Santos et al. (2004) para forragem hidropônica, testando

concentrações de 0,50 (1,2 mS cm<sup>-1</sup>) e 100% (2,0 mS cm<sup>-1</sup>) da mesma. Avaliando o efeito do nível de potássio (0, 29,1 e 58,4 mg L<sup>-1</sup>) em microverdes de alface e chicória, Renna et al. (2018) utilizaram uma solução nutritiva composta pelos macronutrientes (em mg L<sup>-1</sup>): 119,00 N, 16,00 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 24,00 Mg<sup>2+</sup>, 116,00 Ca<sup>2+</sup>, 54,00 SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, resultando em uma CE de 1,8 mS cm<sup>-1</sup>. Para microverdes de repolho-roxo e manjeriço, Freitas (2020) optou pelo uso da solução nutritiva proposta por Furlani (1998) para hortaliças folhosas, na concentração de 40% (0,8 mS cm<sup>-1</sup>).

Tendo em vista a importância da definição de parâmetros técnicos para o cultivo de microverdes, principalmente em diferentes condições climáticas no Brasil, faz-se necessário aprofundar os conhecimentos a respeito desse sistema de produção. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar densidades de semeadura de microverdes de mostarda em cultivo sem solo e sua interação com concentrações de nutrientes na solução nutritiva em sistema fechado. Ainda, verificar se estes atingem padrões de comercialização nas condições de produção estabelecidas no RS.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Departamento de Horticultura e Silvicultura (30°04'S e 51°08'W) localizado no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil.

A semeadura da mostarda cv. Nayana (Isla Sementes®) foi realizada manualmente em substrato acondicionado em bandejas de poliestireno branco (18,9 cm x 9,4 cm x 2 cm), sem compartimentações. As bandejas eram perfuradas na base (seis furos de três mm de diâmetro cada) e foram previamente preenchidas com substrato umedecido (Carolina Soil® - composto por turfa, vermiculita e casca de arroz carbonizada), formando uma camada de, aproximadamente, 1,5 cm de altura. As sementes permaneceram sem recobrimento. O cultivo ocorreu em duas estações do ano, sendo as datas de semeadura 14/07/2021 (inverno) e 16/11/2021 (primavera).

Em seguida, as bandejas foram acomodadas em uma câmara de germinação do tipo B.O.D, com temperatura constante de 25°C e na ausência de luz, pelo período de 48 horas para uniformizar a germinação. As bandejas foram novamente umedecidas com o uso de água, quando necessário. A temperatura de 25°C foi estabelecida com base nas recomendações de Hendges et al. (2018) para germinação de sementes de mostarda. O critério adotado para determinar a germinação foi o aparecimento do hipocótilo.

Em 16/07/2021 (inverno) e 18/11/2021 (primavera), após a germinação das sementes, as bandejas foram transferidas para piscinas retangulares (leito de cultivo) posicionadas sobre bancadas, conforme estrutura proposta por Wieth (2019) para produção de microverdes. As piscinas (leitões de cultivo) foram construídas em madeira e revestidas com filme plástico dupla face (branco/preto), resultando em 0,07 m de profundidade e 2% de declividade. Estas foram alocadas em estufa metálica em arco, com dimensões de 5,0 m x 10,0 m e 3,0 m de pé direito, coberto com filme plástico (PEBD) de 150  $\mu\text{m}$  e disposto no sentido leste-oeste, sem controle de temperatura e luminosidade.

A partir de data de transferência das bandejas para as piscinas, utilizou-se o sistema de subirrigação para fornecimento intermitente da solução nutritiva (fertirrigação) em ciclos de 15 min hora<sup>-1</sup>, das 9 às 17 h e um ciclo de irrigação a noite, de mesma duração (15 min). O sistema fechado de fertirrigação foi composto por um dreno na extremidade da piscina, o qual permite a condução da solução nutritiva drenada para o seu reservatório, resultando na ausência de perdas de volume de solução lixiviada.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com arranjo fatorial (4x4), formado por quatro densidades de semeadura e quatro concentrações de nutrientes da solução nutritiva, com três repetições. As densidades de semeadura (DS) testadas foram: 50 g m<sup>-2</sup>, 100 g m<sup>-2</sup>, 150 g m<sup>-2</sup> e 200 g m<sup>-2</sup>. As sementes foram pesadas em balança de precisão. As concentrações de nutrientes na solução nutritiva foram representadas por sua condutividade elétrica (CE). Analisaram-se as seguintes concentrações de nutrientes na solução nutritiva: 0,15, 1,0, 2,0 e 3,0 mS cm<sup>-1</sup> (CE inicial), as quais correspondem a 0%, 50%, 100% e 150% da solução nutritiva referência de macronutrientes.

A solução nutritiva utilizada foi proposta por Santos (2010), recomendada para o cultivo hidropônico de rúcula, com a composição (100% de concentração) de macronutrientes (em mmol L<sup>-1</sup>): 12,38 NO<sub>3</sub>; 1,27 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 3,33 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; 1,96 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 9,35 K<sup>+</sup>; 3,45 Ca<sup>2+</sup>; 1,05 Mg<sup>2+</sup>; de micronutrientes (em mg L<sup>-1</sup>): 5,0 de Fe; 0,05 de Mn; 0,09 de Zn; 0,10 de B; 0,04 de Cu; 0,02 de Mo. Para o fornecimento de micronutrientes, exceto ferro, utilizou-se o produto comercial ConMicros Light® (Conplant®), sendo empregada a concentração padrão conforme recomendação do fabricante. Este contém os micronutrientes B e Mo na forma de sais inorgânicos e Cu, Mn e Zn na forma de

quelatos com EDTA. Para o ferro, fez-se uso do produto Oligo Ferro EDDHA 6% da Van Iperen®.

Diariamente, a CE foi monitorada com o uso de condutivímetro de bolso modelo AK51 (AKSO®). Esta foi corrigida de acordo com necessidade, isto é, com adição de água e/ou nutrientes no reservatório, permitindo um máximo de 10% de variação da CE inicial. O pH inicial manteve-se entre 5,5 e 6,0 durante todo o período de produção.

Para monitoramento diário da temperatura máxima e mínima e a umidade relativa do ar (máxima e mínima), um termo-higrômetro digital modelo 7666 (Incoterm®) foi instalado próximo ao leito de cultivo, dentro do ambiente protegido. No ciclo de inverno, a temperatura do ar dentro do ambiente protegido variou de 1,6 a 29,7°C, sendo a média das temperaturas máximas 25,4°C e das mínimas 5,1°C. Para umidade relativa do ar, no mesmo período, obteve-se a variação de 34 a 92%. No ambiente externo, obteve-se como média de temperaturas máximas, 18,3° e de mínimas, 6,9°C, com insolação diária média de 5,6 horas e precipitação média de 0,06 mm dia<sup>-1</sup> (INMET, 2022).

Durante o cultivo de primavera, por sua vez, a variação de temperatura do ar atingida foi de 10,2°C a 47,3°C, com média de temperaturas máximas de 36,7°C e mínimas, 13,8°C. Em relação a umidade relativa do ar, esta alternou entre 15% e 85%. Fora do ambiente protegido, a média de máximas obtidas foi de 28,5°C e de mínimas, 16,0°C, com média de 8,35 horas de insolação diária e precipitação de 0,9 mm dia<sup>-1</sup> (INMET, 2022).

Para início da colheita, o ponto de referência deu-se quando 80% dos microverdes apresentavam os cotilédones totalmente expandidos, com desenvolvimento das folhas primárias. Com o auxílio de uma tesoura, o corte dos microverdes ocorreu na base da plântula ao nível do substrato, tendo esta ocorrido em 23/07 (inverno) e 23/11/2021 (primavera), totalizando 10 dias de ciclo no inverno e sete, na primavera. As variáveis coletadas, neste momento, foram altura da parte aérea (cm), massa fresca e massa seca da parte aérea (g) e teor total de sólidos solúveis (°Brix).

A altura da parte aérea (APA), medida do colo até o ápice das plantas, foi obtida pela média de quatro pontos por bandeja, com o uso de régua graduada em mm. A massa fresca da parte aérea foi contabilizada por unidade de bandeja (178 cm<sup>2</sup>) e pesada em balança de precisão e convertida para g m<sup>-2</sup>. Para a secagem da fitomassa, foi utilizada uma estufa com ventilação de ar forçado a 65°C até peso constante (48-72

horas), seguido da pesagem em balança de precisão. O teor total de sólidos solúveis (TTSS) foi quantificado com o uso de um refratômetro digital portátil modelo PAL-1 (Atago®). O extrato vegetal utilizado para essa avaliação foi produzido através da maceração de 20 plântulas de microverdes em cadinho de porcelana. A massa fresca das 20 plântulas foi pesada separadamente e acrescido ao valor final, obtendo-se a massa fresca total (MF). Para massa seca total (MS), o valor referente as 20 plântulas foi estimado.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar a normalidade e a homogeneidade da variância, respectivamente. A análise de variância foi realizada através do teste F a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software livre R. Para as análises de regressão, conforme interação identificada, empregou-se o software Sigmaplot 14.0 (Systat Software, Inc.) ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A variável altura da parte aérea (APA – Figura 1) não apresentou interação significativa entre os fatores densidade de semeadura (DS) e concentração de nutrientes na solução nutritiva (CE) para os microverdes cultivados durante o inverno. De acordo com o ajustamento matemático, os efeitos simples desta variável apresentaram comportamento linear conforme o aumento da CE e da DS (Figuras 1A e 1B). A maior APA atingida, 2,7 cm, ocorreu com o uso da DS de 200 g m<sup>-2</sup>. Tanto para o incremento em DS quanto para CE, há um ganho superior em altura do primeiro para o segundo nível (50 para 100 g m<sup>-2</sup> e 0,15 para 1 mS cm<sup>-1</sup>), de cerca de 65%. Os demais níveis, isto é, DS de 100 para 150 g m<sup>-2</sup> e 150 para 200 g m<sup>-2</sup>, bem como CE de 1 para 2 mS cm<sup>-1</sup> e de 2 para 3 mS cm<sup>-1</sup>, obtiveram aumentos de 35 e 30% respectivamente. Embora os microverdes demonstrem APA superior em níveis de DS e CE mais elevados, estes não atingiram a altura desejada de 5 cm no período avaliado (Treadwell, 2010; Di Gioia & Santamaria, 2015; Kyriacou et al., 2016) em nenhum tratamento no ciclo de inverno. No entanto, mesmo que tais valores não sejam uma exigência, considerando que a colheita de microverdes é realizada de forma manual, quanto maior a APA, mais fácil tenderá a ser a colheita (Palmitessa et al., 2020), desde que o hipocótilo não alongue demasiadamente e se curve (Treadwell, 2010).

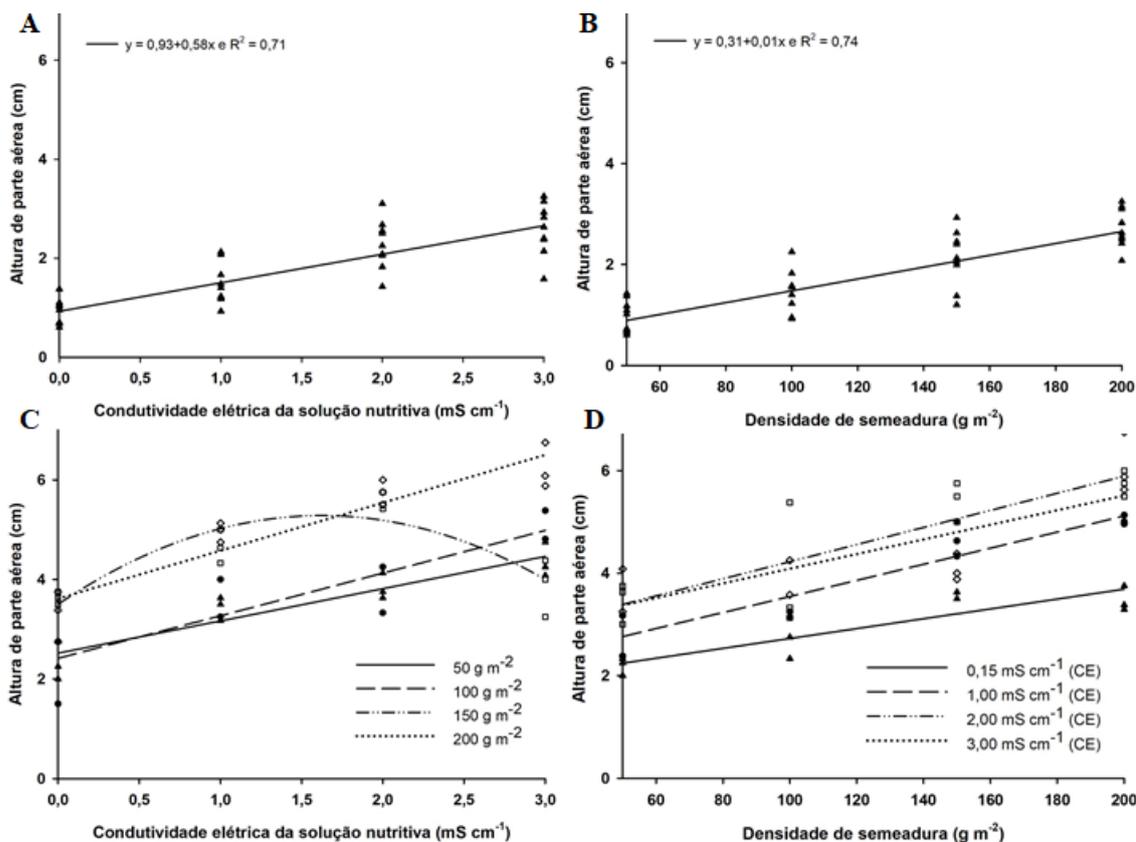


Figura 1. Altura da parte aérea de microverdes de mostarda produzidos no inverno (A e B) e na primavera (C e D) de acordo com a concentração de nutrientes da solução nutritiva (A e C) e a densidade de sementeira (B e D). Porto Alegre, 2021. (C)  $50 \text{ g m}^{-2} = 2,518+0,648x$ ,  $R^2 = 0,85$  e  $p<0,0001$ ;  $100 \text{ g m}^{-2} = 2,415+0,857x$ ,  $R^2 = 0,75$  e  $p<0,0001$ ;  $150 \text{ g m}^{-2} = 3,504+2,195x+(-0,677)x^2$ ,  $R^2 = 0,70$  e  $p<0,005$ ;  $200 \text{ g m}^{-2} = 3,617+0,962x$ ,  $R^2 = 0,85$  e  $p<0,0001$ . (D)  $0,15 \text{ mS cm}^{-1} = 1,762+0,010x$ ,  $R^2 = 0,79$  e  $p<0,0001$ ;  $1,00 \text{ mS cm}^{-1} = 1,977+0,016x$ ,  $R^2 = 0,86$  e  $p<0,0001$ ;  $2,00 \text{ mS cm}^{-1} = 2,558+0,017x$ ,  $R^2 = 0,70$  e  $p<0,0001$ ;  $3,00 \text{ mS cm}^{-1} = 2,662+0,014x$ ,  $R^2 = 0,61$  e  $p<0,0001$ .

No cultivo de primavera, houve interação entre os fatores para a variável APA (Figuras 1C e 1D). Conforme há aumento na concentração de nutrientes, as densidades de sementeira de 50, 100 e 200  $\text{g m}^{-2}$  apresentaram crescimento linear, atingindo APA de 4,5, 5,3 e 6,5 cm respectivamente. A DS de 150  $\text{g m}^{-2}$  resultou em comportamento quadrático, com valor de máxima em 1,6  $\text{mS cm}^{-1}$  (5,3 cm). Para o aumento da densidade de sementeira, as respostas foram crescimentos lineares para os quatro níveis de concentração de nutrientes avaliados, sendo a maior APA referente a CE de 2  $\text{mS cm}^{-1}$  (5,95 cm), na DS de 200  $\text{g m}^{-2}$ . Nessa estação, os microverdes cultivados somente com uso de água (0,15  $\text{mS cm}^{-1}$ ) não atingiram uma APA adequada para a realização da colheita manual, independente da DS utilizada, o que reforça a necessidade de utilização de adubação complementar.

A altura de parte aérea, embora pouco explorada na literatura científica, é uma variável de extrema importância para a realização da colheita de maneira adequada. Geralmente, o processo de colheita é realizado manualmente, portanto a altura mínima necessária para a inserção da ferramenta (tesoura) e recolhimento das plântulas pode ser estipulado entre 4-5 cm (Di Gioia & Santamaria, 2015; Kyriacou et al., 2016).

Ao cultivar microverdes de brássicas, como brócolis, Palmitessa et al. (2020) concluíram que as menores concentrações de SN estudadas, resultaram em menores alturas de plântulas. Ainda, autores como Samuolienė et al. (2013) e Kong et al. (2019), cultivando microverdes de mostarda com o uso de iluminação artificial obtiveram resultados de APA variando de 2 a 5 cm, corroborando os dados do presente estudo.

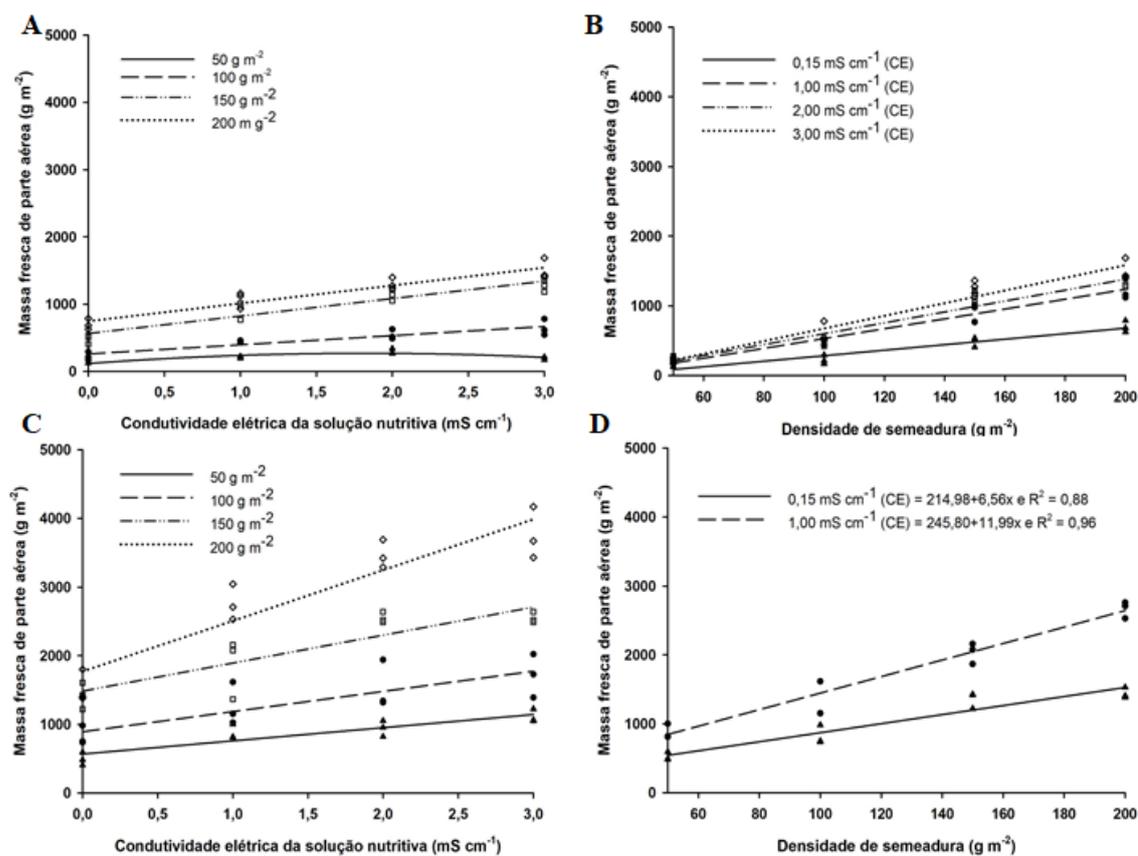
Em ambos os períodos de cultivo, o maior adensamento das plântulas, consequência do aumento da DS, contribuiu para valores superiores de APA. De acordo com Gonçalves-Trevisoli et al. (2017), o menor espaço disponível, em maiores densidades de plântulas, tende a aumentar a competição destas por luz, provocando o alongamento do hipocótilo, conseqüentemente, elevando sua altura. Tal estímulo pode ser benéfico dentro de certos limites, visto que arranjos muito adensados tendem a induzir o aparecimento de doenças, principalmente fúngicas (Treadwell et al., 2010; Nolan, 2018; Hoang & Vũ, 2020).

A incidência de radiação solar é um fator responsável por influenciar o desempenho fisiológico das plantas, uma vez que fornece energia para a fotossíntese e gera sinais que regulam o crescimento e desenvolvimento das espécies (luz percebida pelos fotorreceptores) (Cerri Neto, 2020; Vaštakaitė-Kairienė et al., 2022). Dessa forma, alterações nos níveis de luz, considerando às necessidades da espécie, podem desencadear diferentes respostas fisiológicas nas funções e características bioquímicas, como anatômicas e de crescimento (Cerri Neto, 2020). Portanto, fatores meteorológicos como a baixa radiação solar tendem a limitar o crescimento das plantas em função da redução nas taxas fotossintéticas (Tartaglia, 2016).

A menor incidência de radiação solar, obtida no inverno, somado às baixas temperaturas, pode ter influenciado diretamente no menor crescimento (mais lento) em altura dos microverdes de mostarda, quando comparado ao período de primavera, inclusive prolongando o ciclo (Bergamaschi; Bergonci, 2017). Tanto para o período de inverno quanto de primavera, não houve uso de suplementação luminosa (iluminação artificial), assim, os microverdes dispuseram da radiação solar incidente,

consequentemente, da radiação fotossinteticamente ativa oferecida pela estação climática em questão. Estudos, utilizando iluminação artificial, verificaram que períodos de 8 a 16 horas demonstraram resultados superiores em altura para microverdes de brássicas (Vaštakaitė-Kairienė et al., 2022; Liu et al., 2022).

A variável massa fresca de parte aérea foi a única a apresentar interação entre os fatores estudados em ambos os períodos de cultivo (Figuras 2A, 2B, 2C e 2D). Durante o ciclo de inverno, as densidades de semeadura 100, 150 e 200  $\text{g m}^{-2}$  obtiveram crescimentos lineares de acordo com o aumento da concentração de nutrientes (Figura A), tendo a massa fresca variado de 280 a 1542  $\text{g m}^{-2}$ . As quantidades superiores de MF foram obtidas na maior DS (200  $\text{g m}^{-2}$ ) em conjunto com o maior nível de CE estudado (3  $\text{mS cm}^{-1}$ ). Na DS de 50  $\text{g m}^{-2}$ , o comportamento apresentado foi quadrático, ocorrendo o pico em 1,8  $\text{mS cm}^{-1}$ , o que correspondeu a MF de 271  $\text{g m}^{-2}$ .



**Figura 2.** Massa fresca de parte aérea de microverdes de mostarda produzidos no inverno (A e B) e na primavera (C e D) de acordo com a concentração de nutrientes da solução nutritiva (A e C) e a densidade de semeadura (B e D). Porto Alegre, 2021. (A)  $50 \text{ g m}^{-2} = 117,569+167,258x-(45,685x^2)$ ,  $R^2 = 0,81$  e  $p<0,0001$ ;  $100 \text{ g m}^{-2} = 259,883+136,129x$ ,  $R^2 = 0,82$  e  $p<0,0001$ ;  $150 \text{ g m}^{-2} = 564,558+259,033x$ ,  $R^2 = 0,87$  e  $p<0,0001$ ;  $200 \text{ g m}^{-2} = 746,195+265,301x$ ,  $R^2 = 0,89$  e  $p<0,0001$ . (B)  $0,15 \text{ mS cm}^{-1} = 3,954x-111,140$ ,  $R^2 = 0,92$  e  $p<0,0001$ ;  $1,00 \text{ mS cm}^{-1}$

=  $7,051x-174,535$ ,  $R^2 = 0,94$  e  $p<0,0001$ ;  $2,00 \text{ mS cm}^{-1} = 7,811x-181,302$ ,  $R^2 = 0,94$  e  $p<0,0001$ ;  $3,00 \text{ mS cm}^{-1} = 9,080x-233,803$ ,  $R^2 = 0,94$  e  $p<0,0001$ . (C)  $50 \text{ g m}^{-2} = 568,277+191,710x$ ,  $R^2 = 0,77$  e  $p<0,0001$ ;  $100 \text{ g m}^{-2} = 892,426+293,769x$ ,  $R^2 = 0,60$  e  $p<0,001$ ;  $150 \text{ g m}^{-2} = 1484,251+408,502x$ ,  $R^2 = 0,74$  e  $p<0,0001$ ;  $200 \text{ g m}^{-2} = 1769,925+739,307x$ ,  $R^2 = 0,85$  e  $p<0,0001$ .

O aumento da densidade de semeadura proporcionou aumento linear da massa fresca dos microverdes de inverno em todos os níveis de concentração de nutrientes (Figura 2B), sendo a maior MF (de  $1582 \text{ g m}^{-2}$ ) obtida com a CE de  $3 \text{ mS cm}^{-1}$  na maior DS. As proporções de aumento de MF entre os níveis praticamente se mantêm, visto que triplicam entre  $50$  e  $100 \text{ g m}^{-2}$ , e em seguida aumentam cerca de 67 e 40% entre  $100$  e  $150$  e  $150$  e  $200 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente.

No período de primavera, o aumento na concentração de nutrientes na solução nutritiva promoveu aumento linear da massa fresca para todos os níveis de DS estudados (Figura 2D). Os valores de MF superiores, aproximadamente  $4.000 \text{ g m}^{-2}$ , foram encontrados na DS de  $200 \text{ g m}^{-2}$  utilizando a maior CE. O aumento da CE demonstrou ter menor influência na DS de  $150 \text{ g m}^{-2}$ , gerando crescimento médio de 22% entre a menor e a maior CE analisadas, quando comparada a densidade de  $200 \text{ g m}^{-2}$  (30%) e  $50$  e  $100$  (25 e 26% respectivamente).

Ao longo do mesmo ciclo (primavera), as respostas obtidas para o aumento da densidade de semeadura para os níveis  $0,15$  e  $1,00 \text{ mS cm}^{-1}$  (CE) foram lineares, sendo a MF superior ( $2.424 \text{ g m}^{-2}$ ) atingida na CE de  $1,00 \text{ mS cm}^{-1}$ . As concentrações de nutrientes referentes aos níveis  $2,00$  e  $3,00 \text{ mS cm}^{-1}$  não apresentaram coeficiente linear significativo ( $p<0,05$ ), embora tendam a uma comportamento de crescimento, também, linear, sendo as médias dos tratamentos de  $2.070$  e  $2.186 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente. Em níveis populacionais mais altos (maior DS), há uma tendência das plântulas tornarem-se mais altas e com folhas mais compactas, todavia gerando valores de MF superiores. Em densidades populacionais baixas (menor DS), o valor de MF individual é mais elevado, gerando plântulas mais compactas e com cotilêdones maiores (Allred & Mattson, 2018).

A mostarda é considerada uma espécie sensível ao clima, tendo em vista sua resposta variável a diferentes datas de semeadura (Grupta et al., 2019). Embora seja uma cultura de clima temperado, durante o período vegetativo, a exposição a baixas temperaturas tende a causar prejuízos (Kumar et al., 2010). Estes ocorrem em função de desordens fisiológicas e acúmulo insuficiente de graus-dia, conseqüentemente, menor produção de biomassa (Boomiraj et al., 2010; Kumar et al., 2010). Então, a

disponibilidade térmica influencia diretamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas de forma que temperaturas elevadas aceleram o metabolismo e temperaturas baixas reduzem o crescimento, tendendo a prolongar o ciclo de cultivo (Anzanello & Christo, 2019). Portanto, é possível que as baixas temperaturas no ciclo de inverno, tenham prejudicado o crescimento e desenvolvimento dos microverdes, uma vez que as temperaturas ótimas da cultura variam de 20 a 25°C, tolerando até 40°C (Boomiraj et al., 2010), o que aconteceu no ciclo de primavera.

Ao contrário dos resultados do presente estudo, Nolan (2018) não evidenciou interação entre a DS e a MF para microverdes de mostarda cultivados em ambiente *indoor* em diferentes épocas do ano. Analisando microverdes de rabanete, Hoang & Vũ (2020) concluíram que densidades de semeadura entre 110 e 140 g m<sup>-2</sup> promoveram MF superiores (aproximadamente 1.100 g m<sup>-2</sup>), todavia, a partir de 140 g m<sup>-2</sup>, há um declínio na MF dos microverdes, atingindo cerca de 900 g m<sup>-2</sup>. A DS elevada prejudicou a MF em função do surgimento de doenças fúngicas.

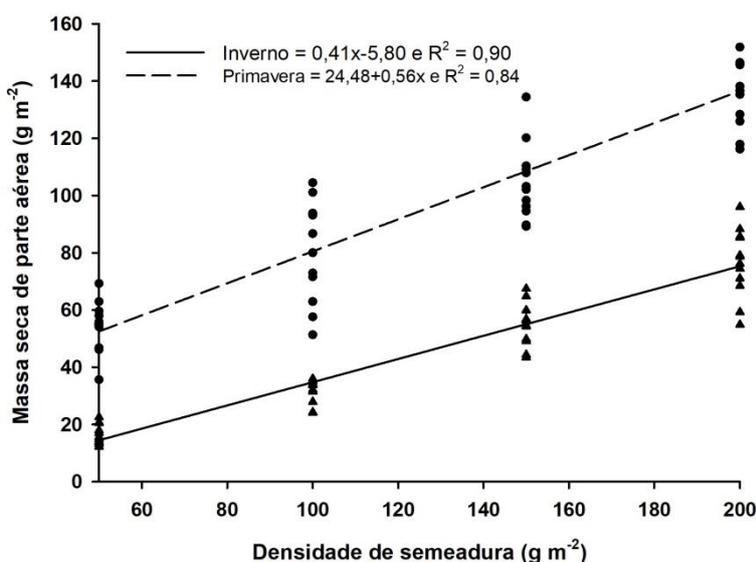
Em função da comercialização dos microverdes ser realizada com base na massa fresca (*in natura*), tal variável impacta diretamente na rentabilidade do sistema de produção de microverdes (Jones-Baumgardt et al., 2019). Contudo, ainda não existem parâmetros definidos como adequados, porém, pode-se estimar valores de rentabilidade. No Brasil, o volume médio usualmente utilizado nas embalagens é de 40 g e o preço de venda dos microverdes pode variar de R\$ 160,00 a R\$ 400,00 por quilo, a depender da espécie, região, embalagem e sistema de produção empregado (Mello & Freitas, 2021). Considerando valores médios, de R\$ 280,00 por quilo, no ciclo de inverno é possível obter uma renda bruta variando de R\$ 24,30 a R\$ 152,00 por m<sup>2</sup>. No cultivo de primavera, os rendimentos variam de R\$ 443,00 a 1.116,60 por m<sup>2</sup>. Em ambos os casos, os maiores rendimentos estão atrelados ao uso de DS de 200 g m<sup>-2</sup> com CE de 3,00 mS cm<sup>-1</sup>, sendo que o custo de 200 g de sementes pode variar de R\$ 44,88 a R\$ 67,98 (Isla Sementes, 2022).

Ao utilizar o mesmo local e sistema de produção em piscinas para microverdes de rúcula, Wieth et al. (2021) encontraram resultados superiores de MF no período de cultivo de verão. Na DS de 100 g m<sup>-2</sup> e CE de 2,00 mS cm<sup>-1</sup>, os autores encontraram valores de 2014 g m<sup>-2</sup>, em substrato similar ao do presente estudo. Tal valor de MF não foi obtido em nenhum tratamento com 100 g m<sup>-2</sup>, nos ciclos de inverno e primavera, independente da CE aplicada. Contudo, na DS de 150 g m<sup>-2</sup> (CE 2,0 mS cm<sup>-1</sup>), no ciclo

de primavera, a MF obtida foi de 2.301,5 g m<sup>-2</sup>. Portanto, para além das condições climáticas divergentes entre os estudos, os resultados demonstram que a densidade de semeadura difere entre espécies, impactando diretamente no rendimento de massa fresca.

Há a tendência de cultivo de microverdes em ambientes *indoor*, com o emprego de iluminação artificial, com diferentes combinações de espectro e densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD), bem como controle de temperatura e umidade relativa. Tais características elevam o custo de produção do sistema *indoor* quando comparado a sistemas mais simples, como o utilizado no presente estudo. Entretanto, a aplicação de técnicas de cultivo como o uso de lâmpadas LED, proporcionou volumes de MF de microverdes de mostarda variando de 1.500 a 2.000 g m<sup>-2</sup>, através de DS média de 36 g m<sup>-2</sup> (Jones-Baumgardt et al., 2019; Ying et al., 2020). Portanto, é necessário analisar os custos de produção e a tecnologia disponível ao agricultor para a escolha do sistema mais adequado a sua realidade.

A massa seca, embora tenha menor impacto sobre a comercialização dos microverdes, está relacionada aos efeitos dos tratamentos no acúmulo de biomassa da parte aérea (Jones-Baumgardt et al., 2019). Não ocorreu interação entre os fatores estudados para esta variável (Figura 3). Os efeitos simples para a concentração de nutrientes na solução nutritiva não apresentaram ajustamento matemático, sendo a média dos tratamentos 45,43 e 91,85 g m<sup>-2</sup> no inverno e na primavera, respectivamente.

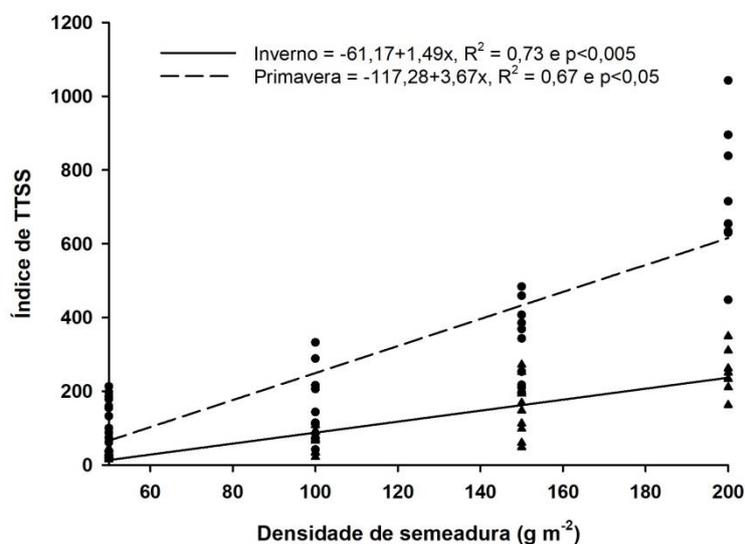


**Figura 3.** Massa seca da parte aérea em relação à densidade de semeadura de microverdes de mostarda produzidas no inverno e na primavera. Porto Alegre, 2021.

O aumento da DS resultou em um crescimento linear da MS de microverdes de mostarda em ambos períodos de cultivo. A variação da MS foi de 14,4 a 75,2 g m<sup>-2</sup> e de 52,5 a 136,7 g m<sup>-2</sup> no cultivo de inverno e de primavera, respectivamente. Em seu estudo relacionado ao valor de PPFD mais adequado à produção de microverdes, Jones-Baumgardt et al. (2019) encontraram valores de MS entre 50 a 100 g m<sup>-2</sup>, contudo, empregando uma DS bastante inferior (36 g m<sup>-2</sup> de sementes).

A MS no período de primavera mostrou-se, em média, cerca de 140% superior à MF dos microverdes cultivados no inverno, conseqüentemente, houve maior acúmulo de biomassa nos microverdes de primavera. Tal fato pode estar relacionado com a maior taxa de evapotranspiração e fotossintética atrelada a temperaturas do ar mais elevadas, bem como maior disponibilidade de radiação. Ainda, valores superiores de MS, atrelados a existência de folhas mais grossas, promovem um aumento potencial do tempo de prateleira dos microverdes, os quais são alimentos bastante perecíveis (Di Gioia & Santamaria, 2015).

O teor total de sólidos solúveis, quando dividido pela massa fresca, resultou em um índice (índice de TTSS), visando facilitar a análise dos dados. O índice refere-se ao acúmulo de sólidos solúveis por grama de massa fresca, portanto quanto maior o índice, maior foi o acúmulo de TTSS pela planta. Não houve ajustamento matemático para o índice de TTSS em relação à concentração de nutrientes na solução nutritiva, em ambos os períodos de cultivo, com médias de 126,90 e 332,48 para inverno e primavera, respectivamente. Contudo, tanto no inverno quanto na primavera, ocorreu um crescimento linear do índice de TTSS conforme houve aumento da DS (Figura 4). A variação do índice no cultivo de inverno foi de 13,28 a 236,63 e na primavera, 66,02 a 615,92.



**Figura 4.** Índice de teor total de sólidos solúveis (TTSS) em relação à densidade de semeadura de microverdes de mostarda produzidas no inverno e na primavera. Porto Alegre, 2021.

O teor total de sólidos solúveis está relacionado à atividade metabólica das plantas. Assim, sua variação reflete maior ou menor síntese e degradação de polissacarídeos e carboidratos, isto é, quanto maior o TTSS, maior é a presença de açúcares redutores e mais saborosa e nutritiva é a hortaliça (Amorim et al., 2017). Características sensoriais, como sabor e aroma, são de extrema importância para o consumo de microverdes, portanto o conhecimento do TTSS e dos fatores que o influenciam, como genéticos, ambientais e fisiológicos, permitem ajustes de manejo (Welles & Buitelaar, 1988; Rizzo & Braz, 2004).

Portanto, a partir do índice de TTSS, é possível visualizar que houve maior acúmulo de TTSS no ciclo de primavera, fator que pode estar atrelado ao maior número de horas de sol e, conseqüentemente, à fotossíntese (Beber et al., 2018). Assim, os microverdes cultivados na primavera e em densidades maiores tendem a apresentar qualidade nutricional superior quando comparado aos microverdes de inverno. Todavia, o TTSS de microverdes, em geral, é baixo (alta diluição) (Wieth et al., 2020), podendo sugerir que plantas em fase inicial, devido aos seus gastos energéticos de crescimento, consomem parte significativa dos carboidratos e demais elementos presentes (Santos, 2021).

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nas condições que os experimentos foram realizados, é possível concluir que:

- Nas condições de inverno do Rio Grande do Sul, microverdes de mostarda não atingem padrões de comercialização desejados;
- A condutividade elétrica da solução nutritiva recomendada para a produção de microverdes de mostarda no ciclo de primavera é de  $2,00 \text{ mS cm}^{-1}$ ;
- A densidade de semeadura recomendada para a produção de microverdes de mostarda na primavera é de  $200 \text{ g m}^{-2}$ .

## REFERÊNCIAS

- Allred, J.; Mattson, N. **Growing better greenhouse microgreens in under control: tips for controlled environment growing**. Greenhouse Product News, Vegetable Growers News. 2018. October 2018:10–13. Disponível em: < [https://gpnmag.com/wp-content/uploads/2018/10/CEA-Supplement\\_Growing-Better.pdf](https://gpnmag.com/wp-content/uploads/2018/10/CEA-Supplement_Growing-Better.pdf)>. Acesso em 02 set. 2022
- Amorim, D. *et al.* ANALISE DA QUALIDADE E DO PREÇO DE HORTALICAS COMERCIALIZADAS NO MERCADO VAREJISTA DE CHAPADINHA/MA. **Agrotropica (Itabuna)**, v. 29, p. 151–156, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2017v29n2p151-156>
- Anzanello, R.; Christo, M. C. de. Temperatura base inferior, soma térmica e fenologia de cultivares de videira e quiveiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 3, p. 313–322, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/223811711832019313>
- Beber, P. M.; Álvares, V. de S.; Kusdra, J. F. Qualidade industrial e maturação de frutos de laranjeiras-doce em Rio Branco, Acre. **Citrus Research & Technology**, v. 39, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/crt.10317>. Acesso em: 02 set. 2022.
- Boomiraj, K. *et al.* Assessing the vulnerability of Indian mustard to climate change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 138, n. 3, p. 265–273, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.05.010>
- Bulgari, R. *et al.* Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 45, n. 2, p. 119–129, 2017. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1259642>
- Cartea, M. E. *et al.* Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. **Molecules**, v. 16, n. 1, p. 251–280, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules16010251>
- Cerri Neto, B. **Caracterização dos Mecanismos Morfofisiológicos e Teor de Óleo Essencial de Espécies de Piper em Resposta a Intensidades de Radiação** / Basílio Cerri Neto. 2020. 101 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2020.
- Di Gioia, F., Santamaria, P. **Microgreens**. Eco-logica, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, 2015. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/283426636\\_Microgreens](https://www.researchgate.net/publication/283426636_Microgreens) (accessed on 10.06.21)
- Freitas, I. S. de. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED no cultivo de microverdes em ambiente protegido**. 2020. 53 p. Dissertação (Mestrado). USP - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2020. <https://doi.org/10.11606/D.11.2020.tde-12082020-173606>
- Gerovac, J. R. *et al.* Light Intensity and Quality from Sole-source Light-emitting

Diodes Impact Growth, Morphology, and Nutrient Content of Brassica Microgreens. **HortScience**, v. 51, n. 5, p. 497–503, 2016. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.5.497>

Gonçalves-Trevisoli, E. D. V., Mendonça, H., Dildey, O. D. F., Dartora, J., Rissato, B. B., Coltro-Roncato, S., Echer, M. M. Ambiente e desempenho produtivo de rúcula cultivada em diferentes espaçamentos. **Scientia Agraria Paranaensis**, 2017, v. 16, p. 230-236. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p230-236>

Gupta, S. *et al.* Effect of variable weather condition on growth and yield of mustard cultivars. v. 8, n. 3, p. 715–717, 2019.

Hendges, A. R. A. de A. *et al.* Diferentes temperaturas e combinações de recipientes e substratos na produção de mudas de mostarda. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 14, n. 3, p. 213–221, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v14i3.1020>

Hoang, M.; Vû, T. Effects of growing substrates and seed density on yield and quality of radish (*Raphanus sativus*) microgreens. **Research on Crops**, v. 21, p. 579–586, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.091>

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2022. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>.

Isla Sementes. Isla sementes. 2020. Disponível em: <<https://www.isla.com.br/>>.

Jones-Baumgardt, C.; Llewellyn, D.; Zheng, Y. Different Microgreen Genotypes Have Unique Growth and Yield Responses to Intensity of Supplemental PAR from Light-emitting Diodes during Winter Greenhouse Production in Southern Ontario, Canada. **HortScience**, v. 55, n. 2, p. 156–163, 2020. <https://doi.org/10.21273/hortsci14478-19>

Junpatiw, A. EFFECTS OF SEED PREPARATION, SOWING MEDIA, SEED SOWING RATE AND HARVESTING PERIOD ON THE PRODUCTION OF CHIA MICROGREENS. **International Journal of GEOMATE**, v. 17, n. 61, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21660/2019.61.4726>. Acesso em: 21 jun. 2021.

Kong, Y.; Schiestel, K.; Zheng, Y. Pure blue light effects on growth and morphology are slightly changed by adding low-level UVA or far-red light: A comparison with red light in four microgreen species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 157, p. 58–68, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.09.024>

Kumar, G. *et al.* Effect of projected climate change on mustard (*Brassica juncea*). **Journal of Agrometeorology**, v. 12, n. 2, p. 168–173, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.54386/jam.v12i2.1299>

Kyriacou, M. C. *et al.* Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, v. 57, p. 103–115, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>

Kyriacou, M. C. *et al.* Phenolic Constitution, Phytochemical and Macronutrient Content in Three Species of Microgreens as Modulated by Natural Fiber and Synthetic Substrates. **Antioxidants (Basel, Switzerland)**, v. 9, n. 252, 2020. <https://doi.org/10.3390/antiox9030252>

Liu, K. *et al.* Light Intensity and Photoperiod Affect Growth and Nutritional Quality of Brassica Microgreens. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 883, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27030883>

Mello, S. da C.; Freitas, I. S. de. **Microverdes: Vamos falar de rentabilidade?** Revista Campo & Negócios, 2021. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/microverdes-vamos-falar-de-rentabilidade/>>. Acesso em 02. set. 2022.

Nolan, D. A., 2018. **Effects of Seed Density and Other Factors on the Yield of Microgreens Grown Hydroponically on Burlap**. Virginia Tech, 2018, 44 p.

Palmitessa, O. D. *et al.* Yield and Quality Characteristics of Brassica Microgreens as Affected by the NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub> Molar Ratio and Strength of the Nutrient Solution. **Foods**, v. 9, n. 5, p. 677, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9050677>

Paradiso, V. *et al.* Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food & Function**, v. 9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C8FO01182F>

Pinheiro, W.D. **Produção de rúcula hidropônica sob densidades de plântulas por molho e concentrações de solução nutritiva em épocas de cultivo**. 2020. 51 p. (Dissertação) - Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Renna, M. *et al.* Microgreens Production with Low Potassium Content for Patients with Impaired Kidney Function. **Nutrients**, v. 10, n. 675, 2018. <https://doi.org/10.3390/nu10060675>

Resh, H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the comercial hydroponic grower. 7rd. ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2012, 134-142

Rizzo, A. A. do N.; Braz, L. T. Desempenho de linhagens de melão rendilhado em casa de vegetação. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 784-788, 2004.

Samuolienė, G. *et al.* LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. **Open Life Sciences**, v. 8, n. 12, p. 1241–1249, 2013. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0246-1>

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

Santos, Josué Reis. **Diferentes substratos no cultivo de microverdes de rúcula (Eruca sativa Miller)**. 2021. 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Internacional UNINTER – Laranjeiras Do Sul. 2021.

- Sun, J. *et al.* Profiling Polyphenols in Five Brassica species Microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMSn. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 46, p. 10960–10970, 2013. <https://doi.org/10.1021/jf401802n>
- Tartaglia, F. de L. **Agronomic and ecophysiological responses of the canola crop to water excess**. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- Treadwell, D. D. et al. Microgreens: A New Specialty Crop. **EDIS**, Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension, p. 1–3, 2010.
- Vaštakaitė-Kairienė, V. *et al.* The influence of LED light photoperiod on growth and mineral composition of *Brassica* microgreens indoors. **Acta Horticulturae**, n. 1337, p. 143–150, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1337.19>
- Ying, Q.; Kong, Y.; Zheng, Y. Applying Blue Light Alone, or in Combination with Far-red Light, during Nighttime Increases Elongation without Compromising Yield and Quality of Indoor-grown Microgreens. **HortScience**, v. 55, n. 6, p. 876–881, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14899-20>
- Welles, G.W.H.; Buitelaar, K. Factors soluble solids content of muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.36, p.239-246, 1988.
- Wieth, A.R. **Produção de microgreens em substratos comerciais e concentrações de solução nutritiva**. 2019. 87 p. (Dissertação) - Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2019.
- Wieth, A. R.; Pinheiro, W. D.; Duarte, T. D. S. PURPLE CABBAGE MICROGREENS GROWN IN DIFFERENT SUBSTRATES AND NUTRITIVE SOLUTION CONCENTRATIONS. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 976–985, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n414rc>
- Wieth, A. R.; Pinheiro, W. D.; Duarte, T. da S. Commercial substrates and nutrient concentrations in the production of arugula microgreens. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.87290>. Acesso em: 13 jul. 2021.
- Xiao, Z. *et al.* Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 60, n. 31, p. 7644–7651, 2012. <https://doi.org/10.1021/jf300459b>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que os experimentos foram realizados, é possível concluir que:

- Recomenda-se o cultivo de microverdes de rúcula e mostarda com o uso de solução nutritiva, independente da época;
- O aumento da densidade de semeadura promove o crescimento linear da massa seca da parte aérea de rúcula e mostarda em ambos períodos de cultivo;
- O aumento da densidade de semeadura promove maior acúmulo de TTSS na biomassa de parte aérea para mostarda no inverno e ambas culturas na primavera; o mesmo é válido para o aumento da CE para rúcula na primavera.
- Para a produção de microverdes de rúcula durante o ciclo de inverno, a densidade de semeadura recomendada é de  $150 \text{ g m}^{-2}$  de sementes com solução nutritiva com CE mínima de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;
- A produção de microverdes de mostarda no ciclo de inverno não atinge parâmetros mínimos desejáveis para comercialização;
- No ciclo de primavera, recomenda-se o uso de  $175 \text{ g m}^{-2}$  de sementes de rúcula e solução nutritiva com CE mínima de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;
- O cultivo de microverdes de mostarda durante a primavera deve ser realizado com densidade de semeadura de  $200 \text{ g m}^{-2}$  e solução nutritiva com CE de  $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ .

## 6 APÊNDICES

APÊNDICE 1: Câmara de germinação do tipo B.O.D para processo de germinação de microverdes.



APÊNDICE 2: Sistema de produção de microverdes em piscinas (leitos de cultivo) com recirculação da solução nutritiva.



APÊNDICE 3: Microverdes de mostarda produzidos no ciclo de primavera.

