



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE MICROVERDES EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

**JANLYLLE RUAMA YANKOVICH ARRIFANO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**JUNHO/2023**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE MICROVERDES EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

**JANLYLLE RUAMA YANKOVICH ARRIFANO**

**ORIENTADOR: JOSÉ RICARDO PEIXOTO**

**COORIENTADOR: WARLEY MARCOS NASCIMENTO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 07/2023**

**BRASÍLIA/DF**

**JUNHO/2023**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE MICROVERDES EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

**JANLYLLE RUAMA YANKOVICH ARRIFANO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**JOSÉ RICARDO PEIXOTO, Dr. (ORIENTADOR)/ Universidade de Brasília –**

**E-mail: peixoto@unb.br**

---

**MICHELLE SOUZA VILELA, Dra./ Universidade de Brasília/**

**E-mail: michellevilelaunb@gmail.com**

---

**ÍTALO MORAES ROCHA GUEDES, Dr./ Embrapa Hortaliças/**

**E-mail: italo.guedes@embrapa.br**

**BRASÍLIA/DF**

**JUNHO/2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

AA775t Arrifano, Janlylle Ruama Yankovich  
 Tecnologia de produção de microverdes em ambiente protegido/ Janlylle Ruama Yankovich Arrifano; orientador José Ricardo Peixoto; co-orientador Warley Marcos Nascimento. -- Brasília, 2023.  
 120 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) --Universidade de Brasília, 2023.

1. Cultivo sem solo 2. Hidroponia 3. Antioxidantes 4. Alimentos funcionais 5. Inovação hortícola I. Peixoto, José Ricardo, orient. II. Nascimento, Warley Marcos, co-orient.  
 III. Tecnologia de produção de microverdes em ambiente protegido.

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

**ARRIFANO, J. R. Y. Tecnologia de produção de microverdes em ambiente protegido.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2023, 120 p. Dissertação de Mestrado.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Janlylle Ruama Yankovich Arrifano

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Tecnologia de produção de microverdes em ambiente protegido.

GRAU: Mestre ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

---

Janlylle Ruama Yankovich Arrifano

E-mail: yankoviich@gmail.com

À minha mãe, Gladys, à minha avó, Dona Maria,  
à minha tia, Gláucia, aos meus primos Marina e  
Victor e à Beatriz, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

À minha família por ser fonte de felicidade e amor em minha vida.

Às duas instituições que tornaram esta pesquisa possível: Universidade de Brasília e Embrapa Hortaliças.

Ao meu orientador, Dr. José Ricardo Peixoto pela compreensão, em especial na reta final. Ao meu coorientador, Dr. Warley Nascimento, por ter sugerido e abraçado o tema, por tantas oportunidades concedidas e confiança em mim depositada no início da pesquisa, e em várias situações que apareceram adiante. Ao Dr. Ítalo Guedes, cuja participação intensa na realização de todas as etapas desta pesquisa foi imprescindível para que este estudo começasse a existir na Embrapa, e que tem se intensificado, sob a responsabilidade de novos estudantes sob sua orientação. Obrigada pelo seu profissionalismo!

À ISLA Sementes pela doação das sementes para este trabalho. À Celta Brasil pela doação das zeólitas para o ensaio de substratos. Ao Dr. Juscimar Silva por ter intermediado a comunicação com a Celta Brasil.

À Dra. Lucimeire Pilon por todo o suporte no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças. Ao Dr. Marcos Braga pelo suporte no Laboratório de Irrigação quanto à caracterização física dos substratos e montagem da mesa hidropônica.

Aos funcionários da Embrapa Hortaliças dos setores de serralheria, marcenaria, hidráulica, elétrica, entre outros, pelo suporte e boa vontade na confecção das estruturas que foram necessárias. Ao Dinho Longaretti, por igual motivo. Ao Ricardo, Deusânio e Danielle pelo suporte que me deram com as análises pós-colheita. À Kamilla, Victória, Patrícia e Alicia, estagiárias do Laboratório de Pós-Colheita, tenho certeza de que sem vocês eu não conseguiria. Aos colegas feitos na Embrapa Hortaliças.

Aos meus amigos por sempre estarem comigo, Aliny, Letícia, Aislany, Simioni, Stéfany, Karen, Sara Kananda.

Muito obrigada!

## RESUMO GERAL

Os microverdes fazem parte de uma nova classe de hortaliças com finalidade de colheita jovem. Os substratos possuem papel fundamental na produtividade e qualidade, bem como na sustentabilidade do processo produtivo. Embora ainda pouco utilizada, a adubação pode significar um meio para aumentar a produtividade e incremento no conteúdo de compostos bioativos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de cinco espécies de microverdes a distintos substratos e níveis de condutividade elétrica. Dois ensaios foram conduzidos. No primeiro, foram avaliados cinco substratos: papel de germinação (PG); fibra de coco (FC); mistura contendo 85%Bioplant Plus + 15%Zeofert 0410 (BPZF); Bioplant Plus (BP); Vivatto Slim Plus (VT). Este ensaio foi delineado em quatro blocos casualizados em esquema fatorial. No segundo ensaio, os tratamentos consistiram em diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva, onde um tratamento consistia em água de torneira, cuja condutividade elétrica determinou-se ser de  $0,2 \text{ dS m}^{-1}$  e pH 6,4 (SSN), o segundo consistia em solução nutritiva com CE de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  e pH 5,5 (SN1), e o terceiro tratamento consistia em solução nutritiva com CE de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  e pH 5,5 (SN2). O ensaio foi delineado de forma inteiramente casualizada, em esquema fatorial. Em ambos, se avaliou: massa fresca (MF), comprimento dos hipocótilos (CH), comprimento dos cotilédones (CC), largura dos cotilédones (LC), teor de ácido ascórbico (AA), e no segundo ensaio teor de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), teor de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) também foram avaliados. Quando cultivados em BP e BPZF observou-se maior MF em quatro espécies. Exceto PG, todos os substratos produziram microverdes dentro dos padrões estabelecidos para CH. Apenas quando cultivados em PG repolho roxo e girassol possuíram menores dimensões cotiledonares. Houve efeito do substrato sob a variável AA em beterraba: quando cultivados em FC os teores foram superiores. No segundo experimento, em microverdes de repolho roxo MF foi superior em SN2 e inferior em SSN. O CH de microverdes de repolho roxo foi maior em SN2, enquanto em ervilha foi maior em SN1. Em SSN, microverdes de repolho roxo obtiveram AA 21% superior a SN2. Em SN2 maior acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  foi observado em todas as espécies, exceto ervilha. Em microverdes de repolho roxo maior  $\text{Ca}^{2+}$  foi encontrado em SN2. Menor teor de  $\text{K}^+$  foi observado em microverdes de girassol cultivados em SN2 e microverdes de acelga cultivados em SSN e SN2. Portanto, em alguns genótipos, distintos substratos e a adição de fertilizantes na solução nutritiva pode alterar características de microverdes cultivados em casa de vegetação.

Palavras-chave: Cultivo sem solo, Hidroponia, Antioxidantes, Alimentos funcionais, inovação hortícola.

## OVERVIEW

Microgreens are part of a new class of vegetables for the purpose of young harvest. Substrates have a fundamental role in the productivity and quality of microgreens, as well as in the sustainability of the production process. Although still little used, fertilization can mean a means to increase productivity and increase the content of bioactive compounds. Thus, the objective of this work was to evaluate the response of five species of microgreens to different substrates and levels of electrical conductivity. Two trials were conducted. In the first, five substrates were evaluated: germination paper (PG); coconut fiber (FC); a mixture containing 85% Bioplant Plus + 15% Zeofert 0410 (BPZF); Bioplant Plus (BP); Vivatto Slim Plus (VT). The trial was carried out as a randomized four-block design with a factorial arrangement. In the second test, the treatments consisted of different electrical conductivities of the nutrient solution, where one treatment consisted of tap water, whose electrical conductivity was determined to be  $0,2 \text{ dS m}^{-1}$  and pH 6,4 (SSN), the second consisted of nutrient solution with EC of  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  and pH 5,5 (SN1), and the third treatment consisted of nutrient solution with EC of  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  and pH 5,5 (SN2). In both assays it was evaluated: fresh mass (MF), length of the hypocotyls (CH), length of the cotyledons (CC), width of the cotyledons (LC), ascorbic acid content (AA), and in the second test nitrate content ( $\text{NO}_3^-$ ), calcium content ( $\text{Ca}^{2+}$ ) and potassium ( $\text{K}^+$ ) content were also evaluated. When grown in BP and BPZF, higher MF was observed in four species. Except PG, all other substrates demonstrated the potential to produce microgreens within the standards established for CH. Only when grown in PG red cabbage and sunflower have smaller cotyledon dimensions. There was an effect of the substrate factor under the variable AA in beet: when grown in FC, the contents were higher. In the second experiment, in red cabbage microgreens, MF was superior in SN2 and lower in SSN. The CH of red cabbage microgreens was higher in SN2, while in peas it was higher in SN1. In SSN, red cabbage microgreens obtained AA 21% higher than SN2. In SN2, a greater accumulation of  $\text{NO}_3^-$  was observed in all species, except peas. In microgreens of red cabbage larger  $\text{Ca}^{2+}$  was found in SN2. Lower  $\text{K}^+$  content was observed in sunflower microgreens grown in SN2 and chard microgreens grown in SSN and SN2. Therefore, in some genotypes, different substrates and the addition of fertilizers in the nutrient solution can alter the characteristics of microgreens grown in a greenhouse.

Keywords: Soilless cultivation, Hydroponics, antioxidants, functional foods, horticultural innovation.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1** — Recipientes utilizados para a produção de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*). ..... 3333
- Figura 2** — Sanitização de sementes em solução contendo hipoclorito de sódio 1%, com posterior secagem em temperatura ambiente, para a produção de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*), e em solução contendo hipoclorito de sódio 1,5% para a produção de microverdes de ervilha (*Pisum sativum* L.). ..... 34
- Figura 3** – Croqui da área experimental. Delineamento em Blocos casualizados em arranjo fatorial 5x5: 5 espécies de microverdes e 5 tratamentos (Substratos) e 4 blocos. RR: Repolho roxo. ER: Ervilha. GI: Girassol. AC: Acelga. BE: Beterraba. .... 37
- Figura 4** – Massa Fresca (MF) e Comprimento de Hipocótilos (CH) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; substrato. A) Massa Fresca ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Massa Fresca ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato. C) Comprimento dos hipocótilos (cm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Comprimento dos hipocótilos (cm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato..... 39
- Figura 5** – Comprimento dos cotilédones (CC) e de Largura dos cotilédones (LC) considerando os efeitos principais das fontes de variação: Espécie; Substrato. A) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato. C) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das

fontes de variação: espécie. D) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato.....47

**Figura 6** – Teores de ácido ascórbico (AA) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; substrato. A) Ácido ascórbico ( $\text{mg} \cdot 100\text{g MF}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Ácido ascórbico ( $\text{mg} \cdot 100\text{g MF}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato..... 50

## CAPÍTULO 2

**Figuras 1 a 5** — Croqui da área experimental. Delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial  $5 \times 3$ : 5 espécies de microverdes e 3 concentrações de solução nutritiva. 6 repetições. 8) Beterraba. Período de fase clara: 07/09/2022 a 14/09/2022. 9) Repolho roxo. Período de fase clara: 07/09/2022 a 12/09/2022. 10) Girassol. Período de fase clara: 04/09/2022 a 09/09/2022. 11) Ervilha. Período de fase clara: 26/09/2022 a 30/09/2022. 12) Croqui da área experimental: microverdes de acelga. Período de fase clara: 15/09/2022 a 22/09/2022..... 71

**Figura 6** – Massa Fresca (MF) e Comprimento de Hipocótilos (CH) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Massa Fresca ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Massa Fresca ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Comprimento dos hipocótilos (cm) das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Comprimento dos hipocótilos (cm) das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE.....74

**Figura 7** – Comprimento dos cotilédones (CC) e de Largura dos cotilédones (LC) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das

fontes de variação: espécie. D) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. .... 77

**Figura 8.** Teores de ácido ascórbico (AA) e teores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) de microverdes considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Ácido ascórbico ( $\text{mg}\cdot 100\text{g MF}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Ácido ascórbico ( $\text{mg}\cdot 100\text{g MF}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Teores de Nitrato ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Teores de Nitrato ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. .... 80

**Figura 9.** Teores de Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Teores de Potássio ( $\text{K}^+$ ) de microverdes considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Teores de Cálcio ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Teores de Cálcio ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Teores de Potássio ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Teores de Potássio ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. .... 90

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1 – Caracterização física de parâmetros dos substratos utilizados na produção de microverdes. Brasília, DF, 2022..... 33
- Tabela 2. Resultados do teste de germinação (%), Datas de semeadura, datas de colheita, duração da fase escura, e duração total do cultivo de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em cinco diferentes substratos, em casa de vegetação. Brasília, DF, 2022. .... 33
- Tabela 3. Massa fresca (MF) (kg.m<sup>-2</sup>) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*. .... 39
- Tabela 4. Comprimento dos hipocótilos (CH) (cm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT). .... 44
- Tabela 5. Comprimento dos cotilédones (CC) e Largura dos cotilédones (LC) (mm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*..... 49
- Tabela 6. Teor de ácido ascórbico (AA) (mg.100 g<sup>-1</sup> MF) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em

diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*. .... 51

Tabela 7. Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) para características de Massa Fresca (MF), Comprimento dos Hipocótilos (CH), Comprimento dos Cotilédones (CC), Largura dos Cotilédones (LC) e Ácido Ascórbico (AA) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT), considerando os efeitos principais da fonte de variação: substrato ..... 53

## CAPÍTULO 2

Tabela 1. Resultados do teste de germinação (%), datas de semeadura, datas de colheita, duração da fase escura, e duração total do cultivo de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L. , repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2). .... 67

Tabela 2. Massa fresca (MF) (kg.m<sup>-2</sup>) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2). .... 72

Tabela 3. Comprimento dos hipocótilos (CH) (cm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2). .... 75

Tabela 4. Comprimento dos cotilédones (CC) e Largura dos cotilédones (LC) (mm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*. .... 78

Tabela 5. Ácido ascórbico (AA) (mg.100g MF<sup>-1</sup>) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*. .... 81

Tabela 6. Teor de nitratos (NO<sub>3</sub>-) (mg.kg<sup>-1</sup>) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*. .... 84

Tabela 7. Teor de Cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e Teor de Potássio (K<sup>+</sup>) (mg.kg<sup>-1</sup> MF) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\* ..... 91

Tabela 8. Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) para características de Massa Fresca (MF), Comprimento dos Hipocótilos (CH), Comprimento dos Cotilédones (CC), Largura dos Cotilédones (LC) e Ácido Ascórbico (AA) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2), considerando os efeitos principais da fonte de variação: nível da CE ..... 99

**LISTA DE SÍMBOLOS**

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| cm                                    | Centímetros                               |
| $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$       | Microgramas por gramas                    |
| $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$     | Miligramas por gramas                     |
| mg                                    | Miligramas                                |
| IC <sub>50</sub>                      | Potência inibitória                       |
| $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$      | Microgramas por mililitros                |
| Kcal                                  | Quilocalorias                             |
| $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$        | Miligramas por quilograma                 |
| pH                                    | Potencial hidrogeniônico                  |
| $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$        | Milisiemens por centímetro                |
| m <sup>2</sup>                        | Metros quadrados                          |
| m                                     | Metros                                    |
| ®                                     | Marca registrada                          |
| °C                                    | Graus Celcius                             |
| $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$         | Gramas por centímetro quadrado            |
| v/v                                   | Proporção entre soluto e solução          |
| $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | Micromoles por metro quadrado por segundo |
| $\mu\text{mol m}^{-2}$                | Micromoles por metro quadrado             |
| mL                                    | Mililitros                                |
| nm                                    | Nanômetro                                 |
| $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$         | Quilogramas por metro quadrado            |

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| $\text{mS.cm}^{-1}$    | Milisiemens por centímetro |
| mm                     | Milimetro                  |
| mg.100g                | Miligramas por cem gramas  |
| L                      | Litros                     |
| $\text{L.h}^{-1}$      | Litros por hora            |
| mM                     | Milimolar                  |
| $\text{kg.ha}^{-1}$    | Quilogramas por hectare    |
| $\mu\text{mol.g}^{-1}$ | Micromol por grama         |

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Nitrato  |
| Ca <sup>2+</sup>             | Cálcio   |
| K <sup>+</sup>               | Potássio                                       |
| A.C.                         | <i>Ante Christum</i>                           |
| Nº                           | Número   |
| Art.                         | Artigo   |
| USDA                         | <i>United States Department of Agriculture</i> |
| MF                           | Massa fresca                                   |
| GAE                          | Equivalente em ácido gálico                    |
| Mn                           | Manganês                                       |
| P                            | Fósforo  |
| Mg                           | Magnésio                                       |
| Zn                           | Zinco  |
| FAO                          | <i>Food and Agriculture Organization</i>       |
| MS                           | Massa seca                                     |
| N                            | Nitrogênio                                     |
| OMS                          | Organização Mundial de Saúde                   |
| Fe                           | Ferro  |
| Se                           | Selênio  |
| PAR                          | <i>Photosynthetically active radiation</i>     |
| DLI                          | <i>Day light integral</i>                      |
| rpm                          | Rotações por minuto                            |
| BPZF                         | 85% Bioplant 15% Zeofert 0410                  |
| BP                           | 100% Bioplant                                  |
| PG                           | Papel de germinação                            |
| VT                           | Vivatto Slim Plus                              |
| FC                           | Fibra de coco                                  |
| CH                           | Comprimento dos hipocótilos                    |
| CV                           | Coefficiente de variação                       |
| DMS                          | Diferença mínima significativa                 |
| CE                           | Condutividade elétrica                         |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| CC                            | Comprimento dos cotilédones               |
| LC                            | Largura dos cotilédones                   |
| AA                            | Ácido ascórbico                           |
| DNT                           | Doenças não transmissíveis                |
| NaCl                          | Cloreto de sódio                          |
| Cu                            | Cobre                                     |
| Mo                            | Molibdênio                                |
| CaCl <sub>2</sub>             | Cloreto de cálcio                         |
| B                             | Boro                                      |
| CSN                           | Concentração da solução nutritiva         |
| CaSO <sub>4</sub>             | Sulfato de cálcio                         |
| dS.m <sup>-1</sup>            | Decisiemens por metro                     |
| UR                            | Umidade relativa                          |
| MgCl <sub>2</sub>             | Cloreto de magnésio                       |
| PFFD                          | <i>Photosynthetic photon flux density</i> |
| CO <sub>2</sub>               | Dióxido de carbono                        |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | Peróxido de hidrogênio                    |
| <sup>1</sup> O <sub>2</sub>   | Oxigênio singlete                         |
| OH <sup>-</sup>               | Hidroxila                                 |
| IDR                           | Ingestão Diária Recomendada               |

## SUMÁRIO

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>   | <b>12</b>  |
| <b>2</b>   | <b>OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....</b>  | <b>14</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Objetivo Geral.....</b>  | <b>14</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Objetivos específicos.....</b>   | <b>14</b>  |
| <b>3</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>  | <b>15</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Microverdes – Origem, conceituação, semelhanças e diferenciação entre outros produtos hortícolas com finalidade de colheita jovem, diferenciais quanto ao teor de macro e micronutrientes e compostos bioativos.....</b> | <b>15</b>  |
| <b>3.2</b> | <b>Influência do substrato na produção de microverdes .....</b>   | <b>17</b>  |
| <b>3.3</b> | <b>Uso de solução nutritiva .....</b>   | <b>18</b>  |
|            | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>21</b>  |
|            | <b>CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO PRODUTIVA E TEOR DE ANTIOXIDANTE DE MICROVERDES DE CINCO ESPÉCIES, CULTIVADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....</b>  | <b>277</b> |
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>30</b>  |
| <b>2</b>   | <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>  | <b>32</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Características do ambiente, espécies utilizadas, tratamentos e delineamento experimental.....</b>   | <b>32</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Avaliações .....</b>   | <b>36</b>  |
| <b>2.3</b> | <b>Análise estatística.....</b>   | <b>38</b>  |
| <b>3</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>39</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Massa fresca .....</b>   | <b>399</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Comprimento dos hypocótilos .....</b>  | <b>43</b>  |
| <b>3.3</b> | <b>Comprimento e largura dos cotilédones .....</b>  | <b>46</b>  |
| <b>3.4</b> | <b>Teor de ácido ascórbico.....</b>   | <b>50</b>  |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 3.5  | Análise de correlação.....   | 53  |
| 4  | CONCLUSÕES.....  | 55  |
| <b>CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO PRODUTIVA, TEORES DE ANTIOXIDANTE, NITRATO, CÁLCIO E POTÁSSIO DE MICROVERDES DE CINCO ESPÉCIES CULTIVADOS EM HIDROPONIA SOB DIFERENTES REGIMES DE ADUBAÇÃO.....</b> |  |     |
| <b>622</b>   |  |     |
| 1  | INTRODUÇÃO.....  | 655 |
| 2  | MATERIAIS E MÉTODOS .....  | 67  |
| 2.1  | Características do ambiente, espécies utilizadas, tratamentos e delineamento experimental..... | 67  |
| 2.2  | Avaliações .....   | 69  |
| 2.3  | Análise estatística.....   | 70  |
| 3  | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 72  |
| 3.1  | Massa fresca .....   | 72  |
| 3.2  | Comprimento dos hypocótilos .....  | 74  |
| 3.3  | Comprimento e largura dos cotilédones .....  | 76  |
| 3.4  | Teor de ácido ascórbico.....   | 79  |
| 3.5  | Teor de nitratos (NO <sub>3</sub> -).....  | 83  |
| 3.6  | Teor de cálcio (Ca <sup>2+</sup> ) e potássio (K <sup>+</sup> ) .....                          | 90  |
| 3.7  | Análise de correlação.....   | 98  |
| 4  | CONCLUSÕES.....  | 100 |
| 4  | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 101 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   |  | 102 |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Entre 720 e 811 milhões de pessoas no mundo foram vítimas de insegurança alimentar em 2020 (FAO, 2021). Sistemas sustentáveis de produção de alimentos, que evitem a desnutrição e minimizem a degradação ambiental são necessários e estes devem ser economicamente viáveis (HADDAD et al., 2015; DREWNOWSKI et al., 2020). A produção sustentável de hortaliças está ligada à eficiência no uso de recursos e a princípios de economia de energia (RAJAN; LADA; MACDONALD, 2019).

As regiões urbanas necessitam de estratégias, processos e tecnologias para que haja o fornecimento de alimentos saudáveis e seguros para populações. Observar e continuar a desenvolver inovações promissoras para grandes cidades pode solucionar problemas futuros ocasionados por ameaças ao abastecimento alimentar, como a recente pandemia, e por problemas estruturais como os desertos alimentares (RAJAN; LADA; MACDONALD, 2019).

A agricultura urbana, vista como uma possível solução, enfrenta diversos desafios ligados à ausência de previsão de atividades agrícolas no planejamento urbano. O custo econômico para acesso à terra é cada vez maior, restando aos agricultores urbanos terras marginais com problemas de fertilidade. A poluição do ar causada por tráfego de veículos, entre outros fatores, faz com que as plantas cresçam e produzam em condições de estresse severo. Nestas condições, as decisões pertinentes ao cultivo, iniciando pela escolha de espécies, é muito limitado (MAGGIO; TESTOLIN; GIANQUINTO, 2011).

Os microverdes possuem potencial para melhorar o valor nutricional de dietas humanas, bem como podem adaptar a produção de hortaliças folhosas em microescala, dada a sua saudabilidade e fato de que é crescente a busca dos consumidores por produtos que aliem prazer gastronômico, funcionalidade e alimentação saudável (KYRIACOU et al., 2016).

Ainda sem definição legal, microverdes são plântulas de hortaliças, ervas aromáticas, oleaginosas e cereais, colhidas quando as folhas cotiledonares atingem seu total desenvolvimento e o primeiro par de folhas verdadeiras emerge, ou está parcialmente expandido (XIAO et al., 2015). O termo “microverdes” tem sido utilizado para se referir às hortaliças, ervas aromáticas, condimentares e até mesmo espécies silvestres utilizadas para realçar a cor, a textura ou o sabor de pratos principais e saladas (TREADWEL et al., 2020). São colhidos entre 5 e 10 cm de comprimento, incluindo hipocótilo e cotilédones com ou sem a presença de folhas verdadeiras (SUN et al., 2013).

Os microverdes podem ser cultivados por indivíduos para uso doméstico (TREADWEL et al., 2020), com equipamentos simples e baratos (DI BELLA et al., 2021), ao passo que seu alto preço de mercado e curto ciclo de produção aliado ao forte apelo que possuem entre os consumidores tem atraído agricultores urbanos e periurbanos e horticultores com experiência em cultivo protegido a investirem em sua produção (KYRIACOU et al., 2016), por serem fáceis de cultivar, especialmente na medida em que se aumenta o nível de controle ambiental, como no caso de cultivos hidropônicos e aquapônicos (ZHANG et al., 2021). Além do cultivo de microverdes em estufas convencionais, nos últimos anos, com a disponibilidade de luminárias de LED de alta eficiência fotossintética, muitos empresários têm implementado sistemas intensivos de cultivo *indoor* vertical (DI GIOIA, 2017).

Um dos aspectos críticos envolvidos na produção de microverdes é a seleção do substrato pois este tem papel fundamental na produtividade e qualidade dos microverdes, bem como na sustentabilidade do processo produtivo (DI GIOIA, 2017). Além disso, estudos acerca do fornecimento de nutrientes minerais para microverdes são necessários, uma vez que podem significar um meio para o fortalecimento do conteúdo de minerais essenciais e o conteúdo de compostos bioativos ou mesmo potencializar suas propriedades sensoriais (KYRIACOU et al., 2016).

## **2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a resposta de massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones e teor de ácido ascórbico de cinco espécies de microverdes a cinco distintos substratos e três níveis de condutividade elétrica, cultivados em casa de vegetação.

### **2.2 Objetivos específicos**

**2.2.1)** Avaliar a resposta de massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones e teor de ácido ascórbico em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) aos substratos 1) Papel Germitest; 2) Fibra de coco; 3) 85% Bioplant + 15% Zeofert 0410; 4) Bioplant Plus® e 5) Vivatto Slim Plus®, cultivados em casa de vegetação.

**2.2.2)** Avaliar a resposta de massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones, teor de ácido ascórbico, nitrato, cálcio e potássio em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) a três níveis de condutividade elétrica, cultivados em casa de vegetação.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Microverdes – Origem, conceituação, semelhanças e diferenciação entre outros produtos hortícolas com finalidade de colheita jovem, diferenciais quanto ao teor de macro e micronutrientes e compostos bioativos

Os microverdes são plântulas de hortaliças, ervas aromáticas, oleaginosas e cereais, colhidas quando as folhas cotiledonares atingem seu total desenvolvimento e o primeiro par de folhas verdadeiras emerge, ou está parcialmente expandido (XIAO et al., 2015). Eles podem ser conceituados como uma nova categoria de hortaliças que requerem diferentes tratamentos culturais comparados aos já conhecidos “brotos” e folhosas “*baby leaf*” (DI GIOIA, 2017). O ciclo até a colheita geralmente ocorre entre 7 e 21 dias após a semeadura a depender da espécie (ANDREJIOVÁ et al., 2017).

Os microverdes diferem de outras hortaliças com finalidade de colheita jovem, como *baby leaf* e brotos. Os brotos são basicamente sementes germinadas de cereais, leguminosas, oleaginosas e hortaliças com ciclo de produção muito curto. Sua porção comestível inclui as raízes (DI GIOIA et al., 2017). Os microverdes diferem dos brotos por requererem substrato e luz para o seu crescimento, enquanto na produção de brotos, ambos não são necessários. Além disso, os microverdes possuem sabor mais marcante e maior amplitude de colorações quando comparados aos brotos (SHARMA et al., 2022). Diferentemente dos microverdes, no Brasil os brotos possuem normativas legais de produção, como a Portaria Nº 52, que em seu Art. 98 regulamenta que os brotos comestíveis devem ser produzidos a partir de grãos e outros materiais obtidos em sistemas orgânicos (BRASIL, 2021).

Produzidos desde a década de 1990 no Sul da Califórnia, nos Estados Unidos, os microverdes ganharam popularidade devido ao seu sabor e benefícios nutricionais (ZHANG et al., 2021), com marketing direcionado para chefs de restaurante e mercearias de luxo (TREADWEL et al., 2020). Eles representam um tipo bem específico de produto hortícola, usados para realçar a cor, a textura ou o sabor de saladas e pratos principais (TREADWEL et al., 2020).

A germinação de sementes (produção de brotos) para consumo já era praticada pelos antigos egípcios desde cerca de 3000 A.C. e ainda hoje, germinar sementes de fava, grão-de-bico é uma prática costumeira entre famílias egípcias (ABDALLAH, 2008). Compostos antinutrientes como inibidor de tripsina, ácido fítico, pentosano, tanino e cianetos diminuem

durante o processo de germinação, enquanto o conteúdo de compostos benéficos à saúde, como antioxidantes são aumentados (VIDAL-VALVERDE et al., 2002; EBERT, 2022).

A tomada de consciência quanto à importância de uma alimentação saudável está em plena expansão. Assim, alimentos inovadores, com o potencial de melhorar a saúde das pessoas tem surgido sob um pano de fundo no qual consumidores buscam alimentos funcionais: mais saudáveis, pouco calóricos, com baixos teores de lipídeos, altas atividades antioxidantes, pró/pré-bióticos, entre outros (CHOE et al., 2018).

Recentemente, hortaliças folhosas tornaram-se mais populares comercializados como *baby leaves* ou outras formas minimamente processadas (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 2012). De forma geral, as hortaliças folhosas são largamente consumidas nas dietas humanas. Eles são procurados e são importantes por serem nutritivos e estarem presentes nos mercados com grande variação de características (como cor, sabor e textura). São muito valorizados por seu conteúdo rico em compostos bioativos (XIAO et al., 2015).

A correta diferenciação entre as classes de hortaliças com a finalidade de colheita jovem é importante, pois os microverdes podem facilmente ser confundidos com os brotos, ou sementes germinadas, que muitas vezes são associados a doenças transmitidas por alimentos. Entretanto, dados de literatura sugerem que os microverdes podem ter menor risco que os brotos de promover doenças de origem alimentar (CHANDRA et al., 2012; GENSHEIMER, GUBERNOT, 2016; LEE et al., 2009).

Em estudos conduzidos por Xiao et al. (2012), microverdes de amaranto, manjeriço verde e repolho roxo tiveram respectivamente a quantidade de filoquinona 3,5; 7,8 e 69 vezes superior, quando colhidas como microverdes do que suas contrapartes maduras (USDA, 2022). Quatro espécies tiveram concentrações de filoquinona comparáveis ao de folhas maduras de espinafre (*Spinacia oleracea* L.), que juntamente com outras folhosas de coloração verde-escuro pertencem a um grupo reconhecido como uma importante fonte desta vitamina.

O potencial antioxidante e teor de fitoquímicos de microverdes de dez espécies pouco relatadas na literatura também foram avaliados por Ghora et al. (2020). O teor de ácido ascórbico em microverdes de vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) foi superior ao valor relatado em cálices vermelhos da mesma espécie (CID-ORTEGA; GUERRERO-BELTRÁN, 2015).

Além dos aspectos organolépticos e teores de compostos bioativos, os microverdes também têm ganhado atenção por possuírem conteúdo nutricional rico em micronutrientes.

Paradiso et al. (2018) avaliou seis cultivares de microverdes de três espécies: chicória, alface e brócolis. Os autores concluíram que de forma geral, todos os microverdes se mostraram como boas fontes de Ca, K e Mn. Todos foram superiores aos reportados para folhas de alface maduras encontrados no Banco de dados de composição de alimentos da USDA. Da mesma forma, microverdes de chicória apresentaram valores de P superiores aos reportados para chicória colhida no estágio maduro e um menor conteúdo de Na.

### 3.2 Influência do substrato na produção de microverdes

Os cultivos sem solo são menos suscetíveis ao ataque de pragas e bactérias originárias do solo, além de serem mais atrativos por não deixarem resíduos oriundos da colheita, tornando a higienização do produto facilitada (MIR et al., 2017; ENSSLE, 2020).

O substrato é um substituto ao solo. Trata-se de um meio sólido que fornece suporte físico para o crescimento do sistema radicular, cujas características físicas e químicas permitem que a planta tenha acesso à água, aos nutrientes e ao oxigênio, geralmente de forma mais eficiente que o solo (ARAMUGAN et al., 2021). Substratos livres de solo são usados na germinação de sementes, produção de mudas, e fornecem suporte às plantas em meios hidropônicos (GEORGE, GEORGE, 2016). As propriedades físico-químicas e a habilidade de fornecer níveis adequados de água e oxigênio para as raízes tornam os substratos mais adequados para culturas hortícolas do que o solo (RAVIV; BAR-TAL; WALLACH, 2002).

Conforme concluído por Verlinden (2020), muitos substratos inertes e orgânicos podem ser satisfatoriamente utilizados para a produção de microverdes. A escolha deve, portanto, levar em consideração fatores como: 1) Facilidade de aquisição e custo, 2) Habilidade de suprimir patógenos humanos e vegetais.

Os substratos mais utilizados para a produção de microverdes são à base de turfa, perlita e vermiculita (utilizados individualmente ou em conjunto), fibra de coco e tapetes constituídos de materiais fibrosos naturais (fibra de coco, juta, algas) ou sintéticos (DI GIOIA, 2015).

A forma mais utilizada em substratos à base de turfa é o *Sphagnum* (ABAD et al., 2005). Uma alternativa seria a fibra de coco, recurso orgânico e renovável. Esta possui propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas para ser usada como substrato, em especial quando a textura é ajustada.

Quanto aos substratos inorgânicos, perlita e vermiculita também são materiais importantes para a produção de mudas (DI GIOIA, 2015). Zeólitas naturais do tipo clinoptilolita

são minerais abundantes na natureza, encontrada com alto grau de pureza em muitas partes do mundo. Dados físicos, mineralógicos e físico-químicos de amostras contendo clinoptilolita apresentaram área superficial específica bastante alta, porosidade, adsorção, capacidade de troca catiônica, peso leve e boa resistência (KILIC; KILIC, 2006) o que serviu de base para avaliações de zeólitas do tipo clinoptilolita como substrato na produção de mudas (YILMAZ; SÖNMEZ; DEMIRB, 2014). Adicionar zeólitas ou outros componentes que aumentem o poder “tampão” ao substrato pode diminuir o efeito da composição da solução nutritiva no pH da mesma solução (RAVIV; BAR-TAL; WALLACH, 2002). O papel de germinação Germitest também já foi relatado na avaliação de crescimento de mudas, em especial em avaliações acerca de crescimento radicular quando utilizado como meio inerte (ADU et al., 2016).

Diferentes substratos utilizados na produção de microverdes podem alterar alguns parâmetros na produção dos mesmos, como ciclo e teor de carotenoides e clorofilas (WIETH; PINHEIRO; DUARTE, 2019).

### **3.3 Uso de solução nutritiva**

O tecido de reserva presente nas sementes é constituído pelo endosperma, pelos cotilédones e em alguns casos, pelo perisperma. Na ocasião da germinação, o eixo embrionário obtém a energia que necessita para se desenvolver em uma plântula metabolizando estes tecidos de reserva. Entretanto, o tipo e a quantidade de material armazenado no endosperma variam entre espécies. Na família Brassicaceae, por exemplo, a quantidade deste tecido pode ser bastante reduzida (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A presença de reservas de nutrientes nas sementes e o rápido ciclo de cultivo dos microverdes tem levado alguns pesquisadores a considerarem o fornecimento de nutrientes minerais como uma prática facultativa ou como uma necessidade mínima, visto que são plântulas colhidas no estágio cotiledonar com ou sem o aparecimento das primeiras folhas verdadeiras (VERLINDEN, 2020, DI GIOIA; MININNI; SANTAMARIA, 2015). Apesar disso, há evidências de aumento de rendimento do produto colhido em decorrência da suplementação de nutrientes minerais (PETROPOULOS et al., 2021).

A possibilidade de modular o conteúdo de nutrientes de microverdes através de características genéticas ou manejo agrônomico vem sendo discutida, com dois objetivos: 1) aumento dos conteúdos de macro e micronutrientes, visando o fornecimento nutricional adequado 2) decréscimo dos conteúdos de macro e micronutrientes, em casos específicos, como

ocorre no caso de pacientes com a função renal prejudicada, que necessitam de uma dieta mais restritiva em K (PARADISO et al., 2018).

Ainda há pouca informação sobre os efeitos da adubação e outras práticas agronômicas no cultivo de microverdes (BULGARI et al., 2017). Atualmente estas práticas têm sido utilizadas em pré ou pós-emergência, com fertilizantes minerais ou orgânicos. O uso de solução nutritiva se mostrou eficiente em produzir safras de microverdes com alto rendimento e altura desejável de plântulas (PALMITESSA et al., 2020).

Microverdes de manjeriço, acelga e rúcula foram cultivados em sistema hidropônico do tipo *floating* por Bulgari et al (2017), os quais utilizaram a solução nutritiva de Hoagland em meia-força. O uso da solução nutritiva no cultivo de microverdes favoreceu o acúmulo de ferro, fósforo e potássio, mas não de cálcio.

Palmitessa et al. (2020) demonstraram que a maior concentração de solução nutritiva testada promoveu maior crescimento e produtividade de microverdes.

Em estudos conduzidos por Petropoulos et al. (2021) avaliou-se como a privação de nutrientes pode afetar a produtividade, perfil nutricional e acúmulo de nitratos de microverdes de espinafre (*Spinacia oleracea* L.). Para isso, as plantas foram suplementadas com solução nutritiva por 0, 5, 10 e 20 dias. Microverdes de espinafre com privação no fornecimento de solução nutritiva obtiveram maior percentual de massa seca, porém maior produtividade em massa fresca foi obtida com vinte dias de fornecimento da solução. Além disso, o aumento na concentração de nitratos se mostrou diretamente correlacionado com o aumento no número de dias em que se forneceu nutrientes via solução nutritiva. Teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram inferiores no tratamento com maior tempo de fornecimento da solução.

Murphy e Pill (2010) observaram que o estado físico do fertilizante (sólido ou líquido), a fonte escolhida para suprimento de N e a concentração deste elemento afetou o rendimento fresco de microverdes de rúcula. Quando a fonte de N foi dissolvida antes de ser fornecida na solução nutritiva, o rendimento fresco da parte aérea aumentou em 6%. O tempo necessário para a dissolução dos grânulos por fertilizante reduz o tempo no qual a cultura poderia ter acesso ao nutriente, dado seu curto ciclo (14 dias) até a colheita. Além disso, verificou-se que quanto às fontes de N, maiores rendimentos de parte aérea em peso fresco ocorreram em parcelas fertilizadas com nitrato de cálcio, seguido de nitrato de amônio e por último, ureia. Palmitessa et al. (2020) não verificou diferenças no rendimento de microverdes sob diferentes proporções de NO<sub>4</sub>:Nh<sub>3</sub>.

O caráter nocivo do acúmulo de nitratos na saúde humana torna importante a observação desta variável em avaliações de adubação em microverdes. Embora este tema no Brasil ainda não tenha evoluído em termos de serem estipulados limites legais máximos do íon nitrato permitidos em hortaliças folhosas, sabe-se que no que tange ao assunto, atualmente se utiliza como referência valores definidos como máximos pela FAO e OMS. Bimbato et al. (2022) verificou que alfaces produzidas no Brasil em três sistemas de cultivo (convencional, orgânico e hidropônico) estão de acordo com os limites estabelecidos pelas duas instituições. Os teores de nitrato em massa fresca encontrados variaram de 40,90 mg.kg<sup>-1</sup> a 2.500 mg.kg<sup>-1</sup>. Microverdes de alface obtiveram teores de nitrato quatro vezes inferior aos teores encontrados em alfaces maduras, ao passo que obtiveram maiores teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Se. Assim, pode-se indicar o potencial dos microverdes de incrementar o consumo diário de micronutrientes enquanto reduz o nível de NO<sub>3</sub>-ingeridos (PINTO et al., 2015).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M.; FORNES, F.; CARRIÓN, C.; NOGUERA, V. Physical Properties of Various Coconut Coir Dust Compared to Peat. **Hortscience**, Valencia, v. 40 (7), p. 2138 – 2144, 2005. DOI: 10.21273/HORTSCI.40.7.2138.
- ABDALLAH, M. M. F. Seed sprouts, a pharaoh's heritage to improve food quality. **Arab Univ. J. Agric. Sci**, Cairo, v. 16, p. 469–478, 2008. DOI: 10.21608/AJS.2008.15018.
- ADU, M. O.; YAWSON, D. O.; ARMAH, F. A.; ASARE, P. A.; BENNETT, M. J.; BROADLEY, M. R.; WHITE, P. J.; DUPUY, L. X. Effects of rooting media on root growth and morphology of *Brassica rapa* seedlings. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 33(3), p. 219-227, 2016. DOI: 10.1080/02571862.2016.1141336.
- ANDREJIOVÁ, A.; HEGEDŮSOVÁ, A.; MEZEYOVÁ, I.; ELKA KÓŇOVÁ. Content of Selected Bioactive Substances in Dependence on Lighting in Microgreens. **Acta Horticulturae et Regiotecturae**, Nitra, v. 20, p. 6-10, 2017. DOI: 10.1515/ahr-2017-0002.
- ARUMUGAM, T.; SANDEEP, G.; UMA, M. Soilless farming of vegetable crops: An overview. **The Pharma Innovation Journal**, Periyakulam, v. 10(1), p. 773-785, 2021.
- BIMBATO, S. M.; ARAÚJO, G. M. de; AGUIAR, E. B.; BONO, J. A. M.; MATIAS, R.; SAUER, A.V.; MALAQUIAS, H. J. S.; PEDRINHO, D. R. Legal certainty and Nitrate Content in Lettuces. **Ensaios e Ciências**, v.26, n.1, 2022, p.10-18. DOI: 10.17921/1415-6938.2022v26n1p10-18.
- BRASIL, 2021. PORTARIA Nº 52, DE 15 DE MARÇO DE 2021. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720>. Acesso em 29 nov. 2022.
- 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**, v. 45:2, p. 119-129, 2017. DOI: 10.1080/01140671.2016.1259642
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. (Eds.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

CHANDRA, D.; KIM, J.G.; KIM, Y.P. Changes in microbial population and quality of microgreens treated with different sanitizers and packaging films. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 53, p. 32–40, 2012. DOI: 10.1007/s13580-012-0075-6.

CHOE, U.; YU, L. L.; WANG, T. T. Y. The Science behind Microgreens as an Exciting New Food for the 21st Century. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 66 (44), p. 11519-11530, 2018. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b03096.

CID-ORTEGA, S.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A. Roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*), an alternative to the food and beverages industries: a review. **Journal of Food Science and Technology**, vol. 52 (11), p. 6859-6869, 2015. DOI: 10.1007/s13197-015-1800-9.

DI BELLA, M. C.; TOSCANO, S.; ARENA, D.; MORENO, D. A.; ROMANO, D.; BRANCA, F. Effects of Growing Cycle and Genotype on the Morphometric Properties and Glucosinolates Amount and Profile of Sprouts, Microgreens and Baby Leaves of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) and Kale (*B. oleracea* L. var. *acephala* DC.). **Agronomy**, Catania, v. 11(9): 1685, p. 1-13, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11091685.

DI GIOIA, F.; MININNI, C.; SANTAMARIA, P. How to grow microgreens. **Microgreens**, Bari, p. 51-79, 2015.

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. In: YILDIZ, F.; WILEY, R.C. (eds.). **Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables**, Food Engineering Series, p. 403–432, 2017. DOI 10.1007/978-1-4939-7018-6\_11.

DREWNOWSKI, A.; FINLEY, J.; HESS, J. M.; INGRAM, J.; MILLER, G.; PETERS, C. Toward Healthy Diets from Sustainable Food Systems. **Current Developments in Nutrition**, v. 4, (6), June 2020. DOI: 10.1093/cdn/nzaa083.

EBERT, A. W. Sprouts and Microgreens — Novel Food Sources for Healthy Diets. **Plants**, v. 11(4):571, p. 1-35, 2022. DOI: 10.3390/plants11040571.

ENSSLE, N. **Microgreens: Market Analysis, Growing Methods and Models**. 2020, 27 f. Projeto (Mestrado). Master Of Business Administration. San Marcos, CA: California State University.

FAO. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2021**. Rome, 240 p., 2021. DOI: 10.4060/cb4474en.

GENSHEIMER, K.; GUBERNOT, D. 20 years of sprout-related outbreaks: FDA's investigative efforts. **Open Forum Infect. Dis.** v.3 (1), p. 1438, 2016. 10.1093/ofid/ofw172.1140.

GEORGE, P.; GEORGE, N. HYDROPONICS-(SOILLESS CULTIVATION OF PLANTS) FOR BIODIVERSITY CONSERVATION. **IJMTEs | International Journal of Modern Trends in Engineering and Science**, v. 03 (6), p.97-104, 2016.

GHOORA, M. D.; HALDIPUR, A. C.; SRIVIDYA, N. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, 100046, 2020. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100046.

HADDAD, L.; ACHADI, E.; BENDECH, M. A.; AHUJA, A.; BHATIA, K.; BHUTTA, Z.; BLÖSSNER, M.,; BORGHI, E.; COLECRAFT, E.; ONIS, M. de. The Global Nutrition Report 2014: Actions and accountability to accelerate the world's progress on nutrition. **The Journal of Nutrition**, v. 145, p. 663–671, 2015. DOI:10.3945/jn.114.206078.

KILIC, A; KILIC, Ö. Evaluation of Gördes Zeolite Deposit of Turkey for Industrial Uses. **Asian Journal of Chemistry**, v. 18, p. 1405-1412, 2006.

KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y.; DI GIOIA, F.; KYRATZIS, A.; SERIO, F.; RENNA, M.; PASCALE, S. de; SANTAMARIA, P. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, Nicosia, v. 57, p. 103-115, 2016. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.09.005.

LEE, J.S.; KIM, JI, PARK, SUHYUNG. Effects of chlorine wash on the quality and microbial population of 'Tah Tasai' Chinese cabbage (*Brassica campestris* var. *narinosa*) microgreen. **Kor. J. Hortic. Sci. Technol**, v. 27, p. 625–630, 2009.

MAGGIO, A.; TESTOLIN, R.; GIANQUINTO, G. Sistemi ortofrutticoli sostenibili. **Italian Journal of Agronomy**, v. 6, p. 13-23, 2011. DOI: 10.4081/IJA.2011.6.S2.E3.

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; LUNA, M. C.; SELMA, M. V.; TUDELA, J. A.; ABAD, J.; GIL, M. I. Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw material for fresh cut

industry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, p. 1-10, 2012. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.07.010.

MIR, S. A.; SHAH, M. A.; MIR, M. M. Microgreens: Production, shelf life and bioactive components, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57:12, p. 2730-2736, 2017. DOI: 10.1080/10408398.2016.1144557.

MURPHY, C.; PILL, W. Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *Erica vesicaria* subsp. *Sativa*). **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 85(3), p. 171-176, 2010. DOI: 10.1080/14620316.2010.11512650

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** (Basel, Switzerland), v. 9(5), 677, 2020. DOI: 10.3390/foods9050677.

PARADISO, V.M.; CASTELLINO, M.; RENNA, M.; GATTULLO, C. E.; CALASSO, M.; TERZANO, R.; ALLEGRETTA, I.; LEONI, B.; CAPONIO, F.; SANTAMARIA, P. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food Funct**, v. 14;9(11), p. 5629-5640, 2018. DOI: 10.1039/c8fo01182f.

PETROPOULOS, S.A.; EL-NAKHEL, C.; GRAZIANI, G.; KYRIACOU, M.C.; ROUPHAEL, Y. The Effects of Nutrient Solution Feeding Regime on Yield, Mineral Profile, and Phytochemical Composition of Spinach Microgreens. **Horticulturae**, v. 7, 162, p. 1-14, 2021. DOI: 10.3390/horticulturae7070162.

PINTO, E.; ALMEIDA, A. A.; AGUIAR, A. A.; FERREIRA, I. M. P. L.V. O. F. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 37, p. 28-43, 2015. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.06.018.

RAJAN, P.; LADA, R; MACDONALD, M. Advancement in Indoor Vertical Farming for Microgreen Production. **American Journal of Plant Sciences**, v. 10 (8), p. 1397-1408, 2019. DOI: 10.4236/ajps.2019.108100.

RAVIV, M.; BAR-TAL, A. D.; WALLACH, R. Substrates and their analysis. **Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals**. p. 25-102, 2002.

SHARMA, S.; SHREE B.; SHARMA D.; KUMAR, S.; KUMAR, V.; SHARMA, R.; SAINI, R.. Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic

enhancement, health benefits and processing approaches. **Food Research International**, v. 55, 111038, p. 1-18, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111038.

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/HRMS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry Article**, Beltsville, v.61(46), p. 10960–10970, 2013. DOI: 10.1021/jf401802n.

TREADWELL, D. D.; HOCHMUTH, R.; LANDRUM, L.; LAUGHLIN, W. Microgreens: A New Specialty Crop. HS1164, rev. 9/2020. **EDIS**, [S. 1.], v. 2020, n. 5, 2020. DOI: 10.32473/edis-hs1164-2020.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. FoodData Central. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/>: Acesso em 21 out. 2022.

VERLINDEN, S. Microgreens: Definitions, Product Types, and Production Practices. In: WARRINGTON, I (Ed). **Horticultural Reviews**, v. 47, First Edition, p. 85-124, 2020.

VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J.; SIERRA, I.; BLAZQUEZ, I. New functional legume foods by germination: effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. **European Food Research and Technology**, v. 215, p. 472–477, 2002. DOI: 10.1007/s00217-002-0602-2.

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(4), 2019. DOI: 10.1590/1983-21252019v32n414rc.

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**, v. 60(31), p. 7644–7651, 2012. DOI: 10.1021/jf300459b.

XIAO, Z.; LESTER, G. E.; PARK, E.; SAFTNER, R. A.; LUO, Y.; WANG, Q. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 140-148, 2015. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.07.021.

YILMAZ, E.; SÖNMEZ, I.; DEMIR, H. Effects of Zeolite on Seedling Quality and Nutrient Contents of Cucumber Plant (*Cucumis sativus* L. cv. *Mostar* F1) Grown in Different Mixtures of Growing Media. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45(21), p. 2767-2777, 2014. DOI: 10.1080/00103624.2014.950425.

ZHANG, Y.; XIAO, Z.; AGER, E.; KONG, L.; TAN, L. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. **Journal of Future Foods**, Pequim, v. 1 (1), p. 58-66, 2021. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2021.07.00.

**CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO PRODUTIVA E TEOR DE ANTIOXIDANTE  
DE MICROVERDES DE CINCO ESPÉCIES, CULTIVADOS EM DIFERENTES  
SUBSTRATOS**

## RESUMO

Microverdes são plântulas de hortaliças, ervas aromáticas, oleaginosas e cereais, colhidas quando as folhas cotiledonares atingem seu total desenvolvimento e o primeiro par de folhas verdadeiras emerge, ou está parcialmente expandido. Os substratos possuem papel fundamental na produtividade e qualidade dos microverdes, bem como na sustentabilidade do processo produtivo. Estes possuem propriedades físico-químicas superiores ao solo e facilitam o manejo sanitário, no cultivo e manuseio do consumidor. Este estudo foi conduzido na Embrapa Hortaliças (Brasília-DF) durante 17/03/2022 a 01/04/2022, com o objetivo de avaliar a resposta de cinco substratos nas variáveis massa fresca (MF), comprimento dos hipocótilos (CH), comprimento e largura dos cotilédones (CC e LC) e teor de ácido ascórbico (AA) na produção de microverdes de cinco espécies: acelga, girassol, repolho roxo, beterraba e ervilha. O experimento foi delineado em quatro blocos inteiramente casualizados, em arranjo fatorial. Os substratos utilizados foram: 1) Papel Germitest (PG); 2) Fibra de coco (FC); 3) 85% Bioplant + 15% Zeofert 0410 (BPZF); 4) Bioplant Plus® (BP) e 5) Vivatto Slim Plus® (VT). Microverdes de girassol obtiveram maior massa fresca que as demais espécies. Quando semeados nos substratos BP e BPZF maiores médias de MF foram observadas, enquanto PG obteve as menores médias. Repolho roxo obteve desempenho produtivo 54% maior quando cultivado em VT em relação aos demais substratos. Exceto PG, todos os demais substratos demonstraram potencial de produzir microverdes dentro dos padrões de CH estabelecidos. Para microverdes de ervilha apenas BP, BPZF e VT seriam adequados. BPZF, BP e VT demonstraram-se adequados para a obtenção de microverdes com maior comprimento e largura dos cotilédones. Entre as cinco culturas estudadas, quatro demonstraram teores semelhantes de ácido ascórbico nas condições experimentais. A exceção foi para microverdes de *Pisum sativum* L, que demonstrou teor 47% inferior a microverdes de repolho roxo. Conclui-se que distintos substratos podem alterar características como produtividade, variáveis de crescimento e teor de ácido ascórbico de microverdes cultivados em casa de vegetação.

Palavras-chave: Cultivo sem solo, Hidroponia, Antioxidantes, Alimentos funcionais, inovação hortícola.

## ABSTRACT

Microgreens are seedlings of vegetables, aromatic herbs, oilseeds and cereals, harvested when the cotyledonary leaves reach their full development and the first pair of true leaves emerges, or is partially expanded. Substrates play a fundamental role in the productivity and quality of microgreens, as well as in the sustainability of the production process. These have physicochemical properties superior to the soil and facilitate sanitary management, in cultivation and handling of the consumer. This study was conducted at Embrapa Hortaliças (Brasília-DF) during 03/17/2022 to 04/01/2022, with the objective of evaluating the response of five substrates in the variables fresh mass (FM), length of the hypocotyls (CH), length and width of the cotyledons (CC and LC) and ascorbic acid content (AA) in the production of microgreens of five species: chard, sunflower, red cabbage, beet, and pea. The experiment was designed in four completely randomized blocks, in a factorial arrangement. The substrates used were: 1) Germitest Paper (PG); 2) Coconut fiber (FC); 3) 85% Bioplant + 15% Zeofert 0410 (BPZF); 4) Bioplant Plus® (BP) and 5) Vivatto Slim Plus® (VT). Sunflower microgreens obtained greater fresh mass than the other species. When sown on BP and BPZF substrates, higher MF averages were observed, while PG obtained the lowest averages. Red cabbage obtained 54% higher productive performance when grown in VT compared to other substrates. Except PG, all other substrates showed the potential to produce microgreens within established standards. For pea microgreens only BP, BPZF and VT would be suitable. BPZF, BP and VT proved to be suitable for obtaining microgreens with greater length and width of the cotyledons. Among the five cultures studied, four demonstrated similar levels of ascorbic acid under the experimental conditions. The exception was for *Pisum sativum* L. microgreens, which showed a 47% lower content than microgreens from red cabbage. It is concluded that different substrates can alter characteristics such as productivity, growth variables and ascorbic acid content of microgreens grown in a greenhouse.

Keywords: Soilless cultivation, Hydroponics, antioxidants, functional foods, horticultural innovation.

## 1 INTRODUÇÃO

Os microverdes representam uma classe de hortaliças emergente. Junto com os brotos e hortaliças folhosas *baby leaf*, possuem a característica de serem colhidas ainda em seu estágio imaturo. São obtidos a partir da colheita da parte aérea de plântulas semeadas em alta densidade, tão logo atinjam seu máximo grau de expansão cotiledonar e podem apresentar ou não folhas verdadeiras (DI GIOIA, 2017). Frequentemente estes produtos contém altos teores de compostos bioativos, como antioxidantes (DI BELLA et al., 2021), além de serem relatados como boas fontes de micronutrientes. Estes pontos destacam os microverdes como alimentos funcionais que podem diversificar de forma sustentável os sistemas alimentares (MICHELL et al., 2020).

Além dos benefícios nutricionais, o rápido ciclo dos cultivos, pouco espaço requerido, atratividade, palatabilidade e possibilidade de adaptação à diferentes sistemas de produção são pontos que tornam os microverdes interessantes para inserção na dieta dos cidadãos de grandes cidades. Produções satisfatórias podem ser alcançadas a partir de estruturas simples (SENEVIRATHNE; GAMA-ARACHCHIGE; KARUNARATNE, 2019).

No entanto ainda existem lacunas de conhecimento para os sistemas produtivos, como: condições de crescimento, influência e qualidade da luz, sanidade das sementes, recomendação de substratos e adubação etc. Diferentes manejos demonstram um grande potencial para melhorar o rendimento e variáveis de crescimento, além de aumentar o teor de micronutrientes e compostos bioativos (SHARMA et al., 2022).

Um dos aspectos mais importantes para a produção de microverdes é a escolha do substrato a ser utilizado. Segundo El-Nakhel et al. (2021), o cultivo de microverdes em substratos comerciais à base de turfa pode ser viável para certas espécies, ainda que sem suplementação adicional de nutrientes. Substratos a base de coco forneceram excelentes resultados no encurtamento do ciclo de produção de microverdes de espécies de leguminosas e cereais (ESWARANPILLAI; MURUGESAN; KARUPPIAH, 2023). Aditivos naturais também podem ser utilizados na produção de microverdes. Estes, são adicionados com o objetivo de melhorar a produtividade da planta e a qualidade da colheita, por meio do aprimoramento das propriedades físico-químicas e atividades funcionais do substrato (SALEH et al. 2022), como demonstrado em um substrato a base de turfa com adição de zeólitas naturais (JANKAUSKIENĖ et al., 2019).

Sabe-se que a lucratividade geral de culturas, em especial, em casas de vegetação, é maior quando são cultivadas em meios sem solo. Isto é devido às propriedades físico-químicas superiores, baixa pressão inicial por microrganismos fitopatogênicos, e possibilidade de desinfestação entre as safras (RAVIV; BARTAL; WALLACH, 2002).

Assim, o objetivo deste capítulo foi avaliar a resposta de massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones e teor de ácido ascórbico em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) aos substratos 1) Papel Germitest; 2) Fibra de coco; 3) 85% Bioplant + 15% Zeofert 0410; 4) Bioplant Plus® e 5) Vivatto Slim Plus®, cultivados em casa de vegetação.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Características do ambiente, espécies utilizadas, tratamentos e delineamento experimental

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças (Brasília – DF), localizada à altitude de 996 metros e coordenadas geográficas de 15°56'00" de latitude Sul e 48°08'00" de longitude a Oeste. Foram utilizados os seguintes locais: 1) Casa de vegetação localizada no Setor de Campos Experimentais, 2) Laboratório de Nutrição de Plantas, 3) Laboratório de Sementes, 4) Laboratório de Ciência e Tecnologia de alimentos 5) Laboratório de Agricultura em ambiente controlado.

A casa de vegetação utilizada para a produção em ambiente protegido, possui uma área total de 12,09m<sup>2</sup> (3,9m de largura e 3,1m de comprimento) e foi construída utilizando tela Sombrite® 50%, e coberta com malha termorrefletora Aluminet® 30%.

Para a realização do trabalho, a empresa ISLA Sementes® fez a doação de sementes das cinco espécies utilizadas: beterraba repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra* “Krishna”), girassol (*Helianthus annuus* L. “Kabir”), ervilha (*Pisum sativum* L. “Dinesh”) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* “Artemis”). As espécies foram selecionadas com o acordo de ambas as partes, visando suprir demandas da empresa doadora. Foi realizado teste de germinação no Laboratório de Sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados estão contidos na Tabela 1.

Como recipiente para semeadura foi utilizado embalagem de alumínio Blupack® com dimensões de 12,7cm x 9,8 cm, totalizando uma área útil para a semeadura de 124,46cm<sup>2</sup>. As embalagens foram igualmente perfuradas para possibilitar a drenagem. Uma folha de papel Germitest foi depositado ao fundo de cada recipiente para evitar vazão de substrato (Figura 1). Estas embalagens possuem tampas de papel que foram utilizadas para a fase de germinação no escuro, que foi realizada no Laboratório de Agricultura em ambiente controlado, com temperatura mantida em 25°C e Umidade relativa do ar 65%.

As sementes utilizadas foram sanitizadas com solução contendo hipoclorito de sódio 1% sendo imersas na solução durante 30 minutos sob agitação constante, com posterior enxágue sob água corrente, e secagem à temperatura ambiente durante 24h. Sementes de ervilha (*Pisum sativum* L. Dinesh) foram sanitizadas com solução contendo hipoclorito de sódio a 1,5%. Posteriormente, foram pesadas para atingir as seguintes densidades de semeadura: 0,031g.cm<sup>-2</sup> (beterraba); 0,027g.cm<sup>-2</sup> (repolho roxo); 0,076 g.cm<sup>-2</sup> (girassol); 0,189 g.cm<sup>-2</sup> (ervilha) e 0,0443g.cm<sup>-2</sup> (acelga) (Figura 2).

Tabela 1. Resultados do teste de germinação (%), datas de semeadura, datas de colheita, duração da fase escura (dias), e duração total (dias) do cultivo de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata f. rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em cinco diferentes substratos, em casa de vegetação. Brasília, DF, 2022.

|              | Resultados - Teste de germinação | Data de semeadura | Data de colheita | Duração da fase escura | Duração total |
|--------------|----------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|
| Beterraba    | 94                               | 17/03/2022        | 29/03/2022       | 5                      | 13            |
| Repolho roxo | 95                               | 20/03/2022        | 30/03/2022       | 5                      | 10            |
| Girassol     | 96                               | 20/03/2022        | 01/04/2022       | 5                      | 12            |
| Acelga       | 86                               | 17/03/2022        | 28/03/2022       | 5                      | 11            |
| Ervilha      | 98                               | 20/03/2022        | 31/03/2022       | 5                      | 11            |



**Figura 1** — Recipientes utilizados para a produção de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata f. rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*). Autor: ARRIFANO, J. R. Y., 2022.



**Figura 2** — Sanitização de sementes em solução contendo hipoclorito de sódio 1%, com posterior secagem em temperatura ambiente, para a produção de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *ciela*), e em solução contendo hipoclorito de sódio 1,5% para a produção de microverdes de ervilha (*Pisum sativum* L.). Autor: ARRIFANO, J. R. Y., 2022.

Os substratos utilizados foram: 1) Papel Germitest; 2) Fibra de coco; 3) 85% Bioplant + 15% Zeofert 0410; 4) Bioplant Plus® e 5) Vivatto Slim Plus®. Papel Germitest (PG) é um material 100% constituído por fibras celulósicas. O substrato FC utilizado foi elaborado a partir do mesocarpo (parte espessa fibrosa do fruto) de *Cocos nucifera* L. A textura inicial, grosseira, foi manualmente fragmentada. Bioplant Plus® é um substrato comercial composto por turfa de *sphagnum*, fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus, vermiculita, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato magnesiano e aditivos fertilizantes. A condutividade elétrica informada pelo fornecedor é igual a  $0,7 \text{ mS.cm}^{-1}$  e pH 6,2. Segundo a empresa fornecedora, a CTC do produto Zeofert 0410 é  $120 - 200 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  e possui pH entre 7 e 10. A composição química informada inclui entre 62 e 75% de  $\text{SiO}_2$ , entre 7 e 15% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,5 a 5% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,5 a 3% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,5 a 5% de  $\text{CaO}$  e 0 a 3% de  $\text{MgO}$  e 0 a 0,5% de  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{ZnO}$ . Segundo informações da empresa Technes, fornecedora do substrato comercial Vivatto Slim Plus®, este substrato é constituído por casca de pinus bioestabilizada e vermiculita, e possui condutividade elétrica de  $1,2 \text{ mS.cm}^{-1}$  e pH 6.

Os substratos foram caracterizados quanto à umidade pelo método gravimétrico padrão de estufa no Laboratório de Irrigação da Embrapa Hortaliças (Tabela 2).

Na aferição da umidade pelo método gravimétrico, amostras de cada um dos substratos foram obtidas em triplicata. Para a amostra do Papel Germitest, os papéis foram recortados de forma que tivessem o mesmo tamanho do círculo ao fundo do cilindro e dispostos um sobre o

outro de forma a completar a sua altura. Todos os substratos preencheram o volume total das latas de alumínio.

Para expressar o resultado com base na porcentagem de umidade em massa, as amostras foram pesadas nas latas de alumínio, bem como cada uma das latas utilizadas tiveram sua massa obtida quando ainda estavam vazias. As amostras contendo substrato foram então irrigadas até a sua capacidade de campo. As amostras foram observadas até o momento final da drenagem. As amostras úmidas foram novamente pesadas. Os conjuntos de lata + substrato foram colocados para secagem em estufa, à temperatura constante de 104°C, durante 24h, pelo método padrão de estufa. Após este período, os conjuntos de lata + substrato foram pesados. A diferença entre o valor das pesagens correspondeu à massa de água presente nas amostras. A umidade gravimétrica foi obtida a partir da razão entre a massa de água e a massa de solo seco, conforme descrito por Bernardo et al. (2006).

Para expressar o resultado com base na porcentagem de umidade em volume, os volumes ocupados pelos substratos foram calculados a partir da altura dos substratos secos e úmidos, obtidos com o auxílio de um paquímetro digital. A diferença entre volumes correspondeu ao volume de água. A umidade volumétrica foi obtida a partir da razão entre o volume de água e o volume de solo seco.

As sementeiras foram realizadas nas datas 17/03/2022 (beterraba e acelga) e 20/03/2022 (repolho roxo, girassol e ervilha). Todas as espécies foram submetidas à fase escura em ambiente controlado, sob temperatura de 25°C e umidade relativa de 65% (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização física de parâmetros dos substratos utilizados na produção de microverdes. Brasília, DF, 2022.

|  | Papel<br>Germitest | Fibra de<br>coco | BP + Zeofert<br>0410 | Bioplant<br>Plus | Vivatto Slim<br>Plus |
|--|--------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Umidade volumétrica<br>(%)             | 93,25              | 93,25            | 93,90                | 91,28            | 56,60                |
| Umidade gravimétrica<br>(%)            | 265,21             | 137,76           | 99,09                | 219,36           | 290,31               |
| Massa específica (g.cm <sup>-3</sup> ) | 0,17               | 0,15             | 0,37                 | 0,16             | 0,27                 |

O experimento foi delineado em quatro blocos inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 5x5. O croqui da área experimental está esquematizado na Figura 3.

Durante o experimento a média de temperaturas mínimas registradas foi de 17,04 °C e máximas de 30,4 °C. A radiação fotossinteticamente ativa (ou *Photosynthetically active radiation* - PAR) foi aferida dentro da casa de vegetação, com auxílio do equipamento MultispeQ V 2.0 - PhotosynQ®, durante 3 horários do dia (9h, 12h e 15h). A aferição foi feita na altura dos cotilédones das parcelas. A média das intensidades luminosas registradas durante três dias de cultivo foi de 64,57  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , resultando em uma DLI média de 2,8  $\mu\text{mol.m}^{-2}$ .

Após a fase escura, as bandejas foram alocadas em duas bancadas dentro da casa de vegetação, de forma totalmente aleatória. Foram colocadas bandejas de poliestireno por debaixo das bandejas de alumínio, de forma isolada, as quais forneceram água por subirrigação. A fase clara teve a duração de 6 dias para a acelga, 7 dias para a beterraba, 5 dias para o repolho roxo, 6 dias para a ervilha e 7 dias para o girassol. O ciclo completo da sementeira a colheita teve a duração de 11 dias para a acelga, 12 dias para a beterraba, 10 dias para o repolho roxo, 11 dias para a ervilha e 12 dias para o girassol.

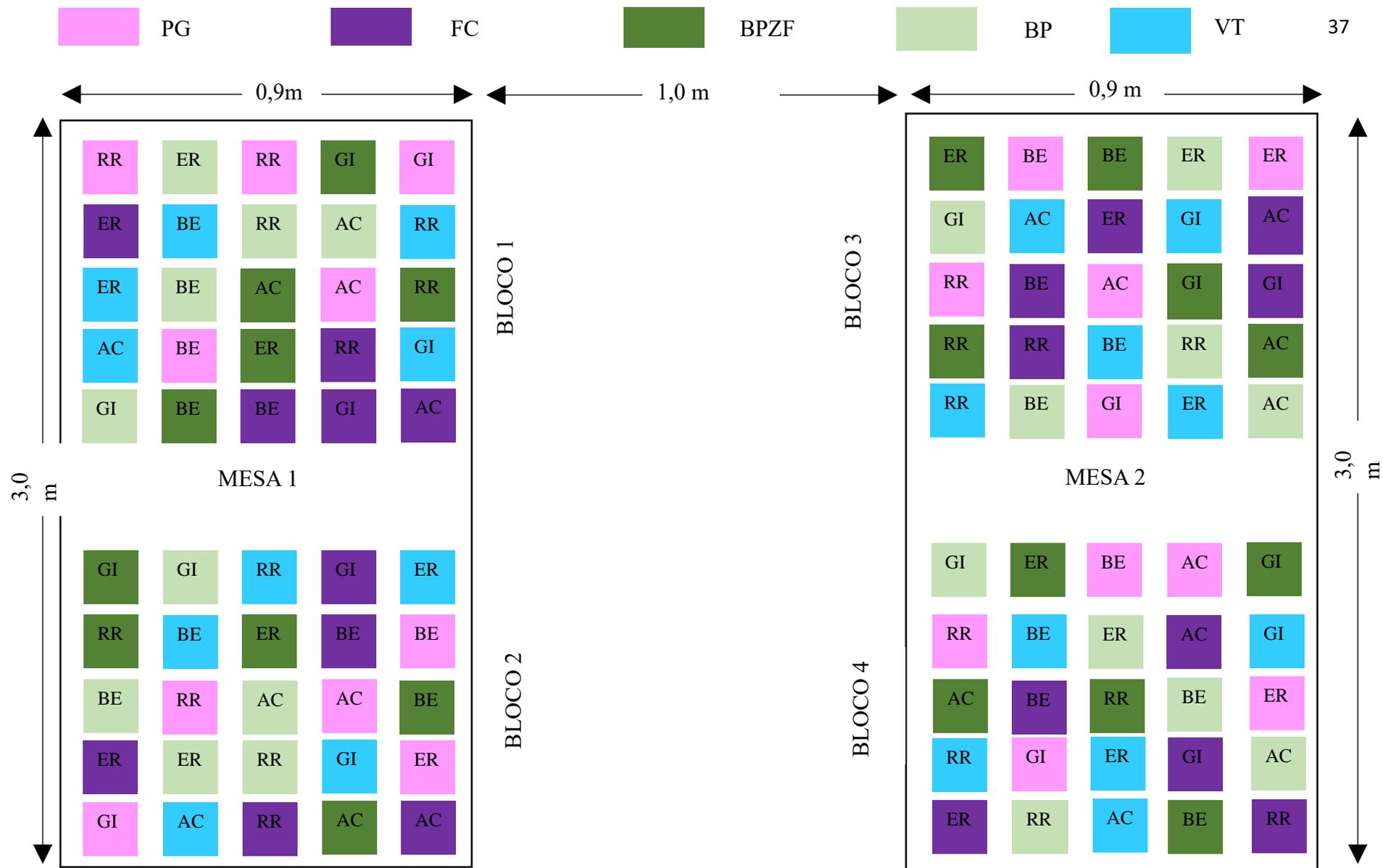
## 2.2 Avaliações

Foram feitas as seguintes avaliações: Massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones e teor de ácido ascórbico. A colheita e a realização de todas as análises ocorreram no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças.

A colheita foi realizada na superfície do substrato, com o auxílio de uma tesoura esterilizada, em procedimento manual. As amostras utilizadas para conferência do teor de ácido ascórbico foram imediatamente pesadas e preparadas.

Avaliou-se massa fresca com o auxílio de uma balança. Para a obtenção dos dados de comprimento dos hipocótilos e comprimento e largura dos cotilédones, uma amostra de 10 plântulas de cada parcela foi retirada. O comprimento dos hipocótilos foi obtido com o uso de régua, e o comprimento e largura dos cotilédones com o uso de paquímetro digital.

A determinação do conteúdo de ácido ascórbico total foi baseada na metodologia descrita por Terada et al. (1979) com modificações de Nunes et al. (1995) e Moretti et al., (1998). Para a determinação do teor de ácido ascórbico foram aferidas amostras de três blocos do ensaio. Todas as amostras foram analisadas em triplicata. Foram utilizados como reagentes: solução ácida, solução de 2,6 diclorofenolindofenol (2,6 DCPIP) a 0,2%, tiouréia a 2%, solução ácida de dinitrofenilhidrazina (DNPH) e solução de ácido sulfúrico 90%. A massa de



**Figura 3** – Croqui da área experimental. Delineamento em Blocos casualizados em arranjo fatorial 5x5: 5 espécies de microverdes e 5 tratamentos (Substratos) e 4 blocos. RR: Repolho roxo. ER: Ervilha. GI: Girassol. AC: Acelga. BE: Beterraba.

microverdes utilizada por amostra foi 2g. Estas foram trituradas e homogeneizadas em Polytron, com 20 mL de solução ácida. As amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 17.600 rpm sob a temperatura de 4°C. Após atingir a temperatura ambiente, 1,0 mL de cada amostra foi pipetado em tubos de ensaio, seguido de 1,0 mL de solução ácida e uma gota de 2,6 DCPIP. Os tubos foram vigorosamente agitados e procedeu-se a incubação no escuro, sob duração de uma hora. Após este período de incubação, foi adicionado 1,0 mL de tiouréia a 2% e 0,5 mL de DNPH às amostras. Os tubos foram então agitados vigorosamente, tampados com “bolinhas de gude” e deixados em banho-maria a 60°C por três horas. Prosseguiu-se com o banho de gelo, para a adição de 2,5 mL de ácido sulfúrico 90% gelado. A absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro a 540 nm.

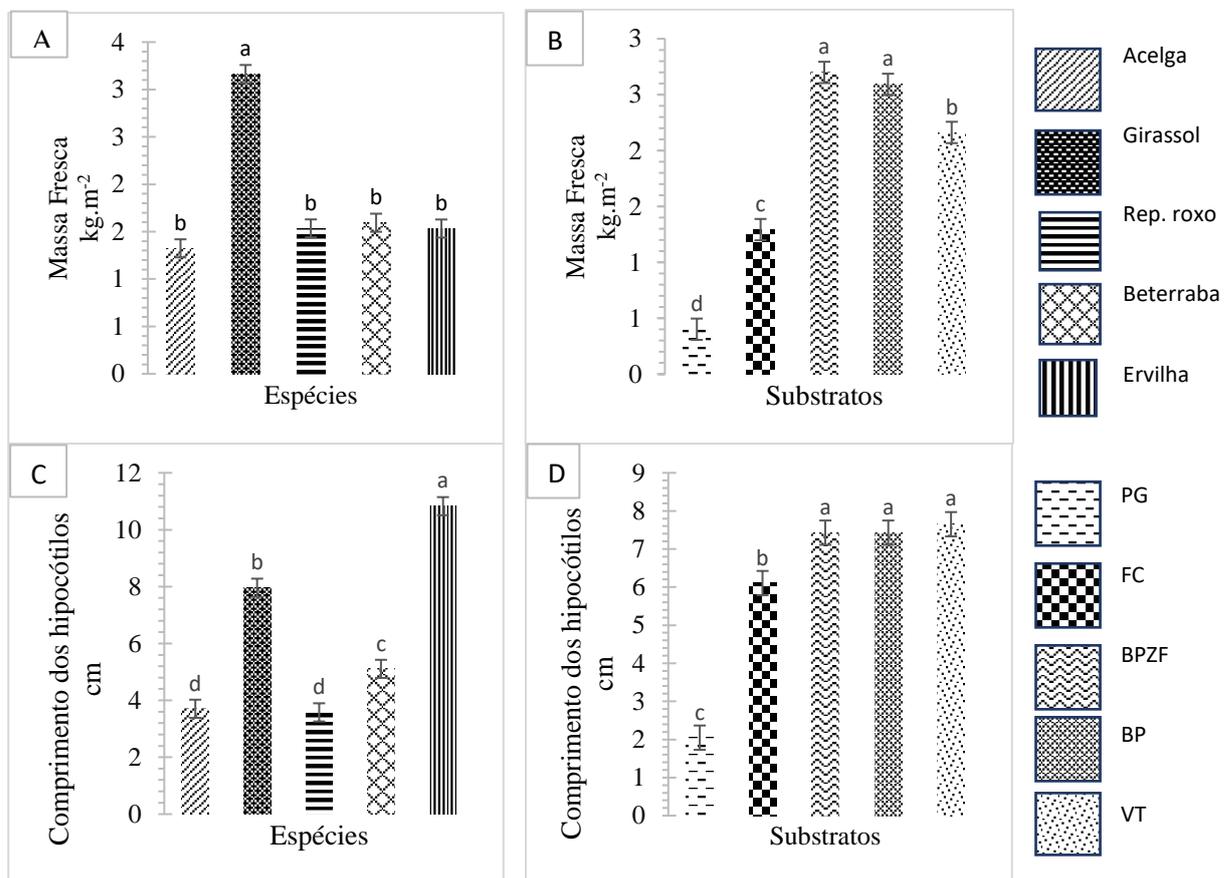
### 2.3 Análise estatística

Todos os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, e então submetidos à Análise de variância pelo teste F. Para a análise de variância o *software* SISVAR 5.6 foi utilizado (FERREIRA, 2000). As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises do coeficiente de correlação linear de Pearson, entre as variáveis, foram testadas quanto à significância de seus coeficientes a 1 e 5% de probabilidade com o uso do *software* Genes. Para estimar a correlação de todas as variáveis analisadas, utilizou-se as médias referentes a três blocos do ensaio, de forma proporcional ao realizado na avaliação do teor de ácido ascórbico. A classificação de intensidade da correlação foi: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,9$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Massa fresca

A Figura 4 apresenta os efeitos principais dos fatores estudados: microverdes de girassol produziram a maior quantidade de MF entre as espécies avaliadas (3,163 kg.m<sup>-2</sup>). A produção das demais espécies foi similar entre si (Figura 4A). Quanto ao efeito principal dos substratos, a quantidade de tecido fresco colhido em microverdes cultivados em BPZF e BP foi superior aos demais. PG foi o substrato com menor quantidade de MF colhida. Conforme a Figura 4, a quantidade de tecido colhido em PG foi 85%, 84%, 81% e 69% inferiores a respectivamente, BPZF, BP, VT e FC, respectivamente (Figura 4B).



**Figura 4** – Massa Fresca (MF) e Comprimento de Hipocótilos (CH) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; substrato. A) Massa Fresca (kg.m<sup>-2</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Massa Fresca (kg.m<sup>-2</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato. C) Comprimento dos hipocótilos (cm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Comprimento dos hipocótilos (cm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato.

Os resultados resumidos da análise de variância podem ser visualizados na Tabela 3. A partir destes resultados observamos que houve efeito nos dois fatores e na interação entre eles. O efeito dos blocos não foi significativo.

Tabela 3. Massa fresca (MF) ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*\*.

| MF<br>$\text{kg.m}^{-2}$ | Espécies          |           |              |          |            |            |
|--------------------------|-------------------|-----------|--------------|----------|------------|------------|
|                          | Substratos        | Beterraba | Repolho roxo | Girassol | Ervilha    | Acelga     |
| PG                       |                   | 0.137 abB | 0.018 bC     | 0.911 aE | 0.189 abC  | 0.758 abC  |
| FC                       |                   | 0.904 bB  | 1.629 abB    | 1.901 aD | 1.170 abB  | 0.860 bC   |
| BPZF                     |                   | 2.447 bA  | 1.519 cB     | 5.467 aA | 2.301 bcA  | 1.762 bcAB |
| BP                       |                   | 2.336 bA  | 1.791 bB     | 4.528 aB | 2.077 bA   | 2.230 bA   |
| VT                       |                   | 2.145 bA  | 2.712 abA    | 3.011 aC | 1.930b bAB | 1.012 cBC  |
| Fonte de variação        |                   |           |              |          |            |            |
|                          |                   | Pr>Fc     |              |          |            |            |
|                          | Espécie           | 0.0000*   |              |          |            |            |
|                          | Substrato         | 0.0000*   |              |          |            |            |
|                          | Espécie*Substrato | 0.0000*   |              |          |            |            |
|                          | Bloco             | 0.4433    |              |          |            |            |
|                          | CV (%)            | 23.32     |              |          |            |            |

\*: Significativo a 5% de probabilidade ( $p<0,05$ ) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey ( $p<0,05$ ).

Todos os substratos diferiram quanto à produção de MF nas distintas espécies avaliadas ( $p<0,05$ ). Os dados demonstram que a espécie de microverdes que melhor respondeu ao cultivo

em PG, quanto à MF, foi o girassol. O inverso, ou seja, a espécie que expressou baixa produção de MF quando cultivada em PG, foi repolho roxo. A produção em PG foi muito prejudicada, havendo perda de parcelas. Em FC, beterraba e acelga obtiveram produção de MF similares, sendo que ambas foram menos produtivas neste substrato do que microverdes de repolho roxo e ervilha, e estas, menos produtivas que girassol. A mistura de BPZF teve como espécie menos responsiva o repolho roxo, seguido de ervilha e acelga. Neste substrato, a produtividade de microverdes de beterraba foi alta, porém ainda inferior à MF de microverdes de girassol. Quando cultivados em BP, beterraba, repolho roxo, ervilha e acelga tiveram produção de MF em quantidade similar. O substrato VT proporcionou colheita inferior para acelga. Beterraba e ervilha tiveram produções em MF semelhantes, sendo que repolho roxo foi superior em MF à ambas, sendo, porém ainda inferior a girassol. Em todos os substratos avaliados, a espécie mais responsiva quanto à produção em MF foi o girassol (Tabela 3).

Todas as espécies diferiram quanto à produção de MF nos substratos testados ( $p < 0.05$ ). O melhor desempenho de microverdes de acelga quanto à produção em MF foi observado quando o cultivo se deu em BP, seguido de BPZF, e este, seguido por VT. O cultivo teve produção de MF inferior em FC e PG. Em girassol, diferenças estatísticas significativas foram encontradas em todos os substratos. Microverdes de girassol demonstraram maior resposta em MF quando cultivados em BPZF, seguidos de BP, VT, FC e PG. Maior MF de microverdes de repolho roxo se deu quando o cultivo ocorreu no substrato VT. Quando cultivados em BP, BPZF e FC, a produção foi similar. O desempenho produtivo de microverdes de beterraba foi superior quando realizado em três substratos que tiveram desempenhos similares: BPZF, BP e VT. Em PG e FC, a variável MF foi inferior. Microverdes de ervilha tiveram desempenho produtivo superior quando o cultivo foi realizado em BP e BPZF, onde obtiveram produção em MF similar, seguido de VT. FC foi estatisticamente similar ao substrato PG para beterraba (Tabela 3).

Estudos anteriores reportaram produtividades médias entre 5 e 7  $\text{kg.m}^{-2}$  em microverdes de girassol (KONG, ZHENG, 2021) cultivados em regime de iluminação artificial em ciclo de 7 dias de cultivo. No presente experimento, a maior média registrada para esta espécie ocorreu no cultivo em BPZF (5.467  $\text{kg.m}^{-2}$ ) em ciclo de 12 dias (Tabela 3). O mesmo estudo citado relata produtividade similar ao repolho roxo (1,5  $\text{kg.m}^{-2}$ ) em uma outra espécie, rúcula, também Brassicaceae, quando cultivada em substrato comercial a base de turfa (KONG, ZHENG, 2021).

A maior produtividade de microverdes de girassol em todos os substratos avaliados (Tabela 3) pode estar relacionada à característica da espécie de possuir maior massa fresca por

plântulas do que as demais espécies avaliadas. Apesar da variável não ter sido avaliado no presente estudo, Poudel et al. (2023) verificou que plântulas isoladas de girassol obtiveram massa fresca superior a plântulas de ervilha, ambas cultivadas como microverdes.

A produtividade de microverdes de acelga em BPZF é comparável ao anteriormente reportado por Bulgari et al. (2017) que observou uma produtividade de MF da parte aérea de 2 kg.m<sup>-2</sup>.

Um estudo muito semelhante foi realizado por Dias (2022), que comparou o efeito de distintos substratos comerciais e não-comerciais em sistema de produção hidropônico para a produção de quatro espécies de microverdes. Microverdes de beterraba e repolho roxo obtiveram maiores médias de massa fresca quando cultivados em substrato comercial a base de turfa durante 13 dias de ciclo. A média de MF em microverdes de beterraba variou entre 0,3283 kg.m<sup>-2</sup> a 1,8842 kg.m<sup>-2</sup> (DIAS, 2022), comparáveis aos resultados encontrados para as mesmas espécies cultivadas no presente estudo (Tabela 3), que foram cultivadas em densidade de semeadura similar e ciclo igual.

Microverdes de *pak choy*, couve-rábano e coentro obtiveram 55,1% maior rendimento em MF quando cultivados em substratos à base de turfa em comparação com outros quatro substratos de fibras naturais ou sintéticas (KYRIACOU et al., 2020). Outro relato expõe que maiores médias de MF para microverdes de ervilha ocorreram nos tratamentos em que o substrato continha turfa e perlita alcançando produtividade superior ao relatado no presente estudo, de 2,7 a 2,9 kg.m<sup>-2</sup> (POUDEL et al., 2023).

BPZF e BP forneceram maiores médias para microverdes das espécies analisadas (Figura 4B). A adição de Zeofert 0410 na proporção de 15% pode ter ocasionado um aumento na condutividade elétrica da mistura BPZF, em razão de suas propriedades físico-químicas. Além disso, a alta condutividade elétrica presente no substrato Vivatto Slim Plus® pode ter colaborado para que este fornecesse maiores médias para microverdes de repolho roxo. Menores valores de MF foram observadas em FC e PG. Em análise de Martinez (2006) o uso de fibra de coco na horticultura é recomendável por este possuir, entre outras características físico-químicas de interesse, a propriedade de ser parcialmente inerte, sendo necessário adicionar adubos de acordo com as necessidades da espécie a ser cultivada, pois a fibra não atende suficientemente a demanda por nutrientes (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002), o que não foi realizado no presente estudo. PG possui como desvantagem proporcionar às sementes uma menor área de contato com o substrato umedecido, fator crítico para o desencadeamento e

velocidade da germinação (DA SILVA CÂNDIDO et al., 2016), o que pode explicar o baixo desempenho em MF de microverdes cultivados neste substrato (Tabela 3).

Respectivamente, Ramalho Neta et al. (2022), Carmona et al. (2022), Braga et al. (2019) também utilizaram o substrato comercial Bioplant Plus® para: alporquia de pequiheiro, micropropagação de pitaya, e produção de mudas pré-brotadas de cana, obtendo resultados satisfatórios, exceto no terceiro estudo citado. Não foram encontrados relatos de outros trabalhos utilizando o mesmo substrato para produção de microverdes publicados, porém, a utilização de substrato comercial com composição semelhante – Carolina Soil (Turfa de *sphagnum*, vermiculita, calcário dolomítico, gesso agrícola e traços de fertilizante NPK) mostrou-se adequada para o cultivo de microverdes de alface, beterraba, repolho roxo e manjeriço (DIAS, 2022) e rúcula (SILVA, 2019), no primeiro caso com o uso de solução nutritiva completa com pH próximo de 5,5 e CE 0,7 mS cm<sup>-1</sup>, e no segundo caso a espécie foi cultivada sem a utilização de adubo, portanto, os microverdes tinham disponíveis os nutrientes presentes no substrato e metabolizados do tecido de reserva das sementes.

O presente estudo reforça o exposto por Bayineni, Herur (2022) de que diferentes substratos podem alterar as características produtivas em microverdes de beterraba. Plântulas individuais tiveram sua massa fresca alterada entre 1,62g (cultivadas em vermicomposto a base de esterco bovino e resíduos vegetais) a 6,44g (quando cultivadas em mistura de pó de coco, vermicomposto e resíduos naturais formados da parte aérea da planta *Synedrella nodiflora* L. ) a depender do substrato.

Em síntese, a espécie que apresentou maior produtividade foi o girassol. Microverdes de beterraba, repolho roxo, ervilha e acelga apresentaram produtividades semelhantes entre si, inibindo-se o efeito dos distintos substratos (Figura 4). BP e BPZF apresentaram superioridade aos demais substratos testados em quatro espécies, enquanto VT proporcionou maiores médias para microverdes de repolho roxo (Tabela 3). Dado que para beterraba e ervilha, verificou-se semelhança nas médias de MF no cultivo em BPZF e BP, este último se demonstra adequado e mais econômico para a produção de microverdes em casa de vegetação.

### **3.2 Comprimento dos hipocótilos**

Microverdes de ervilha produziram hipocótilos mais longos entre as espécies de microverdes avaliadas, seguidos de girassol. Os hipocótilos mais curtos ocorreram em acelga e repolho roxo (Figura 4C). Considerando apenas o efeito principal da fonte de variação substratos, três substratos tiveram comportamento similar na produção de hipocótilos: BPZF,

BP e VT. Hipocótilos produzidos no substrato PG tiveram menores comprimentos médios nas espécies avaliadas (Figura 4D).

Os dados resumidos referentes à Análise de variância e Teste de médias podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4. Comprimento dos hipocótilos (CH) (cm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*\*.

| CH<br>(cm)         | Espécies              |           |              |           |                       |
|--------------------|-----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------------------|
|                    | Substratos            | Beterraba | Repolho roxo | Girassol  | Ervilha               |
| PG                 | 3.320a <sup>ns</sup>  | 0.450bB   | 3.945aC      | 0.000bC   | 2.520ab <sup>ns</sup> |
| FC                 | 4.285c <sup>ns</sup>  | 4.015cA   | 7.470bB      | 11.530aB  | 3.225c <sup>ns</sup>  |
| BPZF               | 6.135c <sup>ns</sup>  | 3.865cA   | 10.500bA     | 14.635aA  | 4.595c <sup>ns</sup>  |
| BP                 | 5.795b <sup>ns</sup>  | 3.500bA   | 10.510aA     | 12.810aAB | 4.530b <sup>ns</sup>  |
| VT                 | 6.000bc <sup>ns</sup> | 6.060bcA  | 7.375bB      | 15.160Aa  | 3.655c <sup>ns</sup>  |
| Fonte de variação  |                       |           |              |           |                       |
|                    | Pr>Fc                 |           |              |           |                       |
| Espécie            | 0.0000*               |           |              |           |                       |
| Tratamento         | 0.0000*               |           |              |           |                       |
| Espécie*Tratamento | 0.0000*               |           |              |           |                       |
| Bloco              | 0.5294                |           |              |           |                       |
| CV(%)              | 22.9                  |           |              |           |                       |

\*: Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Não foram observadas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ).

Microverdes de acelga e beterraba não diferiram quanto ao comprimento dos hipocótilos nos diferentes substratos avaliados (Tabela 4).

Pelo exposto, observa-se que para esta variável (CH) – o efeito da interação (espécie x tratamento) foi significativo ( $p < 0.05$ ), bem como o efeito das fontes de variação em isolado (espécie e substrato). O efeito dos blocos não foi significativo ( $p > 0.05$ ).

Pode-se observar que entre as espécies de microverdes semeadas em PG, beterraba e girassol apresentaram hipocótilos mais compridos, seguidos de microverdes de acelga. Microverdes de ervilha tiveram rendimento insuficiente em PG para a coleta da amostra que seria avaliada (Tabela 4). De acordo com Bhaswant et al. (2023) podem ser classificados como microverdes plântulas que possuam entre 3 e 10 cm de altura de hipocótilos. Portanto, no presente estudo apenas microverdes de girassol e beterraba alcançaram médias classificatórias quando cultivados em PG (Tabela 4). Quando cultivados em FC, BPZF, BP e VT, microverdes de ervilha tiveram médias superiores de CH e microverdes de acelga, beterraba e repolho roxo tiveram médias inferiores. Em VT, apenas acelga obteve médias inferiores (Tabela 4).

Microverdes de girassol tiveram maiores médias quando cultivados em BPZF e BP. A altura dos hipocótilos de repolho roxo teve desempenho similar em quatro dos cinco substratos testados, havendo desempenho inferior apenas em PG. Microverdes de ervilha tiveram máximo CH quando cultivados em VT e BPZF, seguido de BP (Tabela 4).

Resultados recentes de Saleh, Gunupuru e Abbey (2022) corroboram com o observado, pois também tiveram resultados significativos na interação entre distintos substratos e espécies na produtividade e crescimento de microverdes de acelga, couve, amaranto e rúcula. Em particular, o dado de comprimento médio de hipocótilos em microverdes de acelga obtidos por Saleh, Gunupuru e Abbey (2022) de 4,1 cm, foi comparável ao encontrado no presente estudo (Tabela 4). As mais altas médias de comprimento dos hipocótilos em microverdes de acelga ocorreram em substrato comercial à base de turfa (SALEH; GUNUPURU; ABBEY, 2022).

Em outro estudo, microverdes de repolho também tiveram variação na altura de parte aérea dos brotos em função do substrato utilizado: avaliou-se quatro tapetes hidropônicos nos quais microverdes tiveram médias de comprimento que variaram de 3,92 cm a 6,9 cm, cultivados em “microtapetes” e tapete de cânhamo, respectivamente (LI et al., 2021).

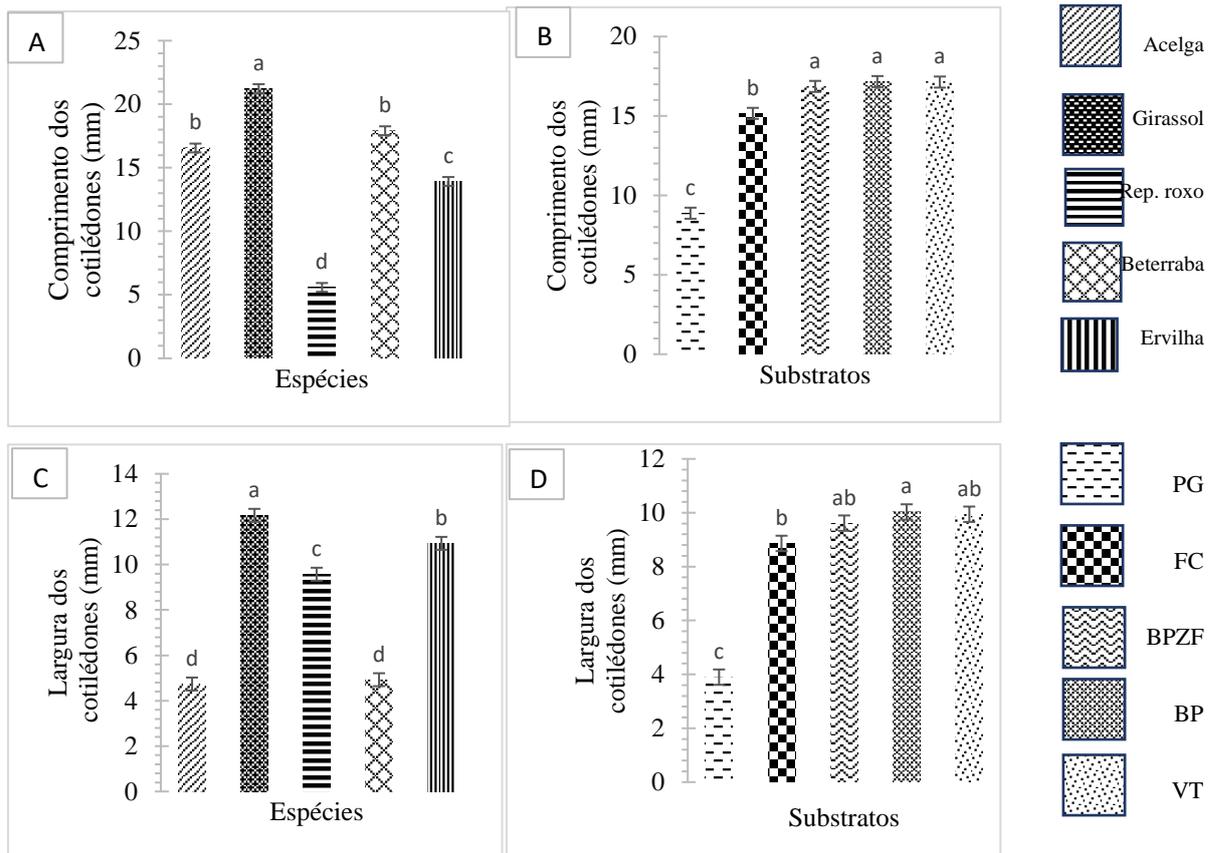
Jones-Baumgardt, Llewellyn, Zheng (2020) encontraram médias semelhantes para o comprimento de hipocótilos de microverdes de girassol: 9,38 cm, em experimento que avaliou o efeito de uma faixa de DLI entre 6,9 a 23,7  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$  em ciclo de 8 dias.

Em resumo, considerando os efeitos principais da fonte de variação espécie, microverdes de ervilha demonstraram maiores médias para a variável CH, seguido de

microverdes de girassol (Figura 4C). Já considerando os efeitos principais da fonte de variação substratos, quando cultivados em BP, BPZF e VT microverdes produziram hipocótilos mais longos (Figura 4D). Exceto PG, todos os demais substratos demonstraram potencial de produzir microverdes dentro do padrão estabelecido (Tabela 4).

### **3.3 Comprimento e largura dos cotilédones**

Microverdes de girassol tiveram médias superiores em relação às variáveis CC e LC (considerando-se os efeitos principais da fonte de variação espécies). Beterraba e acelga, na variável comprimento, posicionaram-se a seguir. Quanto à LC, ervilha obteve a segunda maior média. Microverdes de repolho roxo demonstraram menor CC, enquanto acelga e beterraba possuíram menor LC (Figura 5A e 5C). Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação substratos, quando cultivados em BPZF, BP e VT, microverdes das cinco espécies avaliadas demonstraram maior CC. Quando cultivados em PG, a média de CC para as cinco espécies foi 48% inferior ao observado em BP. Da mesma forma, microverdes das cinco espécies tiveram maior LC quando cultivados em BP, e cotilédones mais estreitos quando cultivados em PG. O decréscimo médio em LC entre as espécies foi de 61% quando cultivados em PG em relação ao cultivo em BP (Figura 5B e 5D).



**Figura 5** – Comprimento dos cotilédones (CC) e de Largura dos cotilédones (LC) considerando os efeitos principais das fontes de variação: Espécie; Substrato. A) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato. C) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato.

Na tabela 5 está apresentado o resumo das análises de variância dos dados referentes a CC e LC. Pelo exposto, observamos que ambas as fontes de variação isoladas, assim como na interação entre elas, houve diferenças de comportamento em relação a CC e LC. Não houve diferença entre os blocos.

Quando cultivados em PG, microverdes de girassol e beterraba demonstraram maior CC, seguidos de acelga. O baixo desempenho de microverdes de ervilha em PG acarretou falta de amostra para avaliação. Nos demais substratos, girassol possuiu maior CC. No cultivo em FC, beterraba, ervilha e acelga tiveram comportamentos similares quanto ao CC. Quando cultivados em BPZF, microverdes de beterraba tiveram médias de CC pouco abaixo da média

em relação aos de microverdes de girassol. Em todos os substratos avaliados, menores valores de CC foram atribuídos a repolho roxo (Tabela 5).

No substrato PG a maior média de LC ocorreu em girassol, e em seguida beterraba e acelga. FC proporcionou maiores médias de LC para repolho roxo, girassol e ervilha. Quando cultivados em BPZF, BP e VT, as maiores médias ocorreram em ervilha, e em seguida, em girassol. Menores médias ocorreram em beterraba e acelga (Tabela 5).

Microverdes de acelga obtiveram maior CC quando cultivados em BP. Neste substrato o valor verificado foi quase o dobro da média obtida em PG. Não se verificou diferença em relação à LC no cultivo desta espécie nos distintos substratos ( $p > 0.05$ ). Girassol obteve CC e LC similares em quatro dos cinco substratos avaliados, sendo que as médias foram inferiores apenas em PG. O mesmo ocorreu em microverdes de repolho roxo. Em ervilha, também se verificou CC inferior apenas em PG, mas quanto à LC, BP e VT proporcionaram maiores médias, seguidos de BPZF. Em beterraba, maior CC foi observado quando cultivada em BPZF e VT. As menores médias foram obtidas em PG e FC. Não se verificou diferença em relação à LC no cultivo desta espécie nos distintos substratos (Tabela 5).

Lima (2022) encontrou resultados semelhantes para as variáveis que denominou de “Comprimento transversal de cotilédones (CT)” e “comprimento longitudinal de cotilédones (CL) em microverdes de girassol cultivados em sistema vertical *indoor* com distintas taxas de semeadura. No mesmo estudo observou-se efeito isolado do aumento da DFFF na expansão de CT e CL de microverdes de girassol.

Em relatos anteriores, cotilédones de microverdes de ervilha tiveram área foliar aproximadamente entre 12,5 a 17,5 cm<sup>2</sup>. Observou-se que *Pisum sativum* L. foi bastante responsiva à mudança na proporção entre luzes artificiais vermelhas e azuis, sendo que cotilédones com maior área foram encontrados quando a proporção de luzes vermelhas em relação às azuis foi aumentada. O mesmo ocorreu em microverdes de mostarda e manjerição verde, mas não foi verificado para microverdes de rabanete, cebolinha e amaranto (BANTIS, 2021).

Cotilédones de microverdes de girassol são mais compridos e largos das cinco espécies avaliadas (Tabela 5). É importante ressaltar que sementes de girassol são constituídas por lipídeos, armazenados nas sementes, que representam a forma mais eficiente de estocar energia e a sua oxidação é mais energética do que a oxidação de carboidratos ou proteínas, garantindo maior aporte energético durante a germinação (BUKHERIDGE et al., 2004; FELIX, 2011).

Tabela 5. Comprimento dos cotilédones (CC) e Largura dos cotilédones (LC) (mm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*\*.

| CC (mm)            |           | Espécies     |          |          |           | LC (mm)        |                      | Espécies     |           |           |                      |
|--------------------|-----------|--------------|----------|----------|-----------|----------------|----------------------|--------------|-----------|-----------|----------------------|
| Substrato          | Beterraba | Repolho roxo | Girassol | Ervilha  | Acelga    | Substrato      | Beterraba            | Repolho roxo | Girassol  | Ervilha   | Acelga               |
| PG                 | 15.844aB  | 1.091cB      | 16.080aB | 0.000cB  | 11.378bC  | PG             | 4.443b <sup>ns</sup> | 2.162bcB     | 9.593aB   | 0.000cC   | 3.288b <sup>ns</sup> |
| FC                 | 16.384bB  | 6.202cA      | 21.667aA | 15.827bA | 15.736bB  | FC             | 4.451b <sup>ns</sup> | 11.262aA     | 12.621aA  | 11.541aB  | 4.437b <sup>ns</sup> |
| BPZF               | 19.508abA | 6.793cA      | 22.113aA | 17.857bA | 18.023bAB | BPZF           | 5.468c <sup>ns</sup> | 11.355bA     | 12.136abA | 13.976aAB | 5.137c <sup>ns</sup> |
| BP                 | 18.303bAB | 7.013cA      | 23.236aA | 17.197bA | 20.076bA  | BP             | 5.085c <sup>ns</sup> | 11.574bA     | 13.777abA | 14.126aA  | 5.577c <sup>ns</sup> |
| VT                 | 19.521bA  | 6.810cA      | 23.054aA | 18.729bA | 17.557bAB | VT             | 5.186c <sup>ns</sup> | 11.526bA     | 12.723abA | 15.037aA  | 5.245c <sup>ns</sup> |
| Fontes de variação |           |              |          |          |           |                |                      |              |           |           |                      |
|                    | Pr > Fc   |              |          |          |           |                | Pr > Fc              |              |           |           |                      |
| Espécie            | 0.0000*   |              |          |          |           | Espécie        | 0.0000*              |              |           |           |                      |
| Substrato          | 0.0000*   |              |          |          |           | Substrato      | 0.0000*              |              |           |           |                      |
| Esp.*Substrato     | 0.0000*   |              |          |          |           | Esp.*Substrato | 0.0000*              |              |           |           |                      |
| Blocos             | 0.9320    |              |          |          |           | Blocos         | 0.7240               |              |           |           |                      |
| CV (%)             | 10.37     |              |          |          |           | CV (%)         | 15.07                |              |           |           |                      |

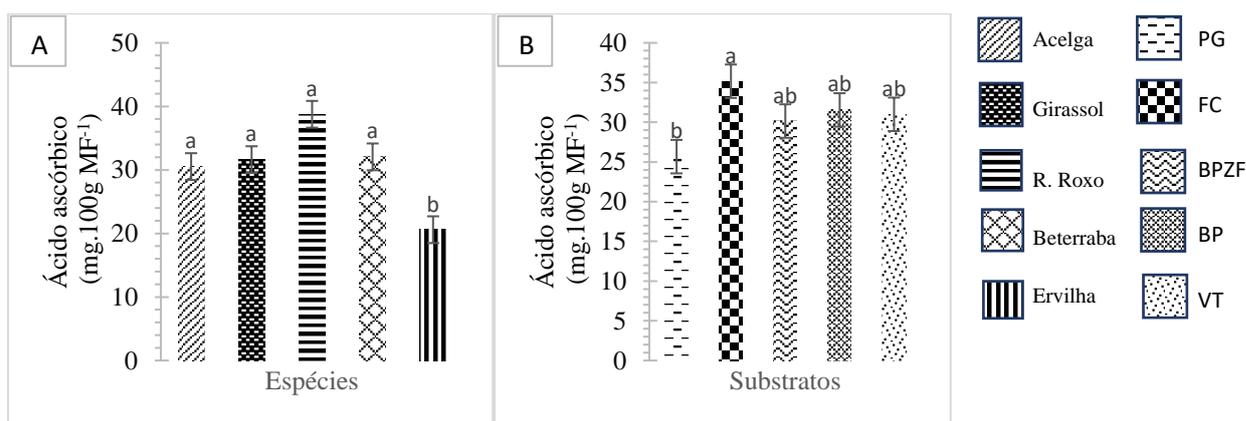
\*: Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Não foram observadas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ).

A mobilização de lipídeos em sementes de girassol conhecidamente ocorre entre 1 a 5 dias após a germinação, após a protrusão da radícula (WALTERS et al., 2005). Logo, a reserva lipídica tem um papel muito importante no estabelecimento da plântula pois sua quebra em açúcares garante energia. A maior concentração lipídica na semente pode explicar o maior desenvolvimento cotiledonar, além das características intrínsecas da espécie. Em contrapartida, microverdes de acelga e beterraba – ambas *Beta vulgaris* L., demonstraram cotilédones mais estreitos entre as espécies estudadas (Tabela 5).

Considerando que as dimensões cotiledonares exercem influência no ciclo de microverdes (SENEVIRATHNE; GAMA-ARACHCHIGE; KARUNARATNE, 2019), os tratamentos que obtiveram maiores médias, BPZF, BP e VT podem ser considerados substratos mais adequados para obtenção de ciclos mais rápidos e obtenção de produtos com maior atratividade, pelo observado nas espécies avaliadas (Tabela 5).

### 3.4 Teor de ácido ascórbico

Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação espécies, o teor de ácido ascórbico (AA) foi similar nas espécies avaliadas. Apenas em ervilha observou-se contraste em AA, com média inferior (Figura 6A). Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação substratos, microverdes cultivados tiveram médias semelhantes, observando-se contrastes apenas em FC e PG, sendo o primeiro superior ao segundo (Figura 6B).



**Figura 6** – Teores de ácido ascórbico (AA) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; substrato. A) Ácido ascórbico (mg.100g MF<sup>-1</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Ácido ascórbico (mg.100g MF<sup>-1</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: substrato.

Os resultados resumidos da Análise de variância podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6. Teor de ácido ascórbico (AA) ( $\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$  MF) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT)\*\*.

| AA ( $\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$<br>MF) | Espécies          |           |              |                        |                       |                        |
|---|-------------------|-----------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|   | Substrato         | Beterraba | Repolho roxo | Girassol               | Ervilha               | Acelga                 |
|   | PG                | 39.169aAB | 0.000bB      | 32.920a <sup>ns</sup>  | 23.837a <sup>ns</sup> | 32.433a <sup>ns</sup>  |
|   | FC                | 44.609abA | 50.208aA     | 29.326bc <sup>ns</sup> | 23.398c <sup>ns</sup> | 28.282bc <sup>ns</sup> |
|   | BPZF              | 23.952bB  | 49.768aA     | 29.093b <sup>ns</sup>  | 18.268b <sup>ns</sup> | 29.682b <sup>ns</sup>  |
|   | BP                | 27.263bAB | 46.305aA     | 36.786ab <sup>ns</sup> | 18.603b <sup>ns</sup> | 28.797ab <sup>ns</sup> |
|   | VT                | 25.276bAB | 47.489aA     | 29.956ab <sup>ns</sup> | 18.840b <sup>ns</sup> | 33.437ab <sup>ns</sup> |
| Fontes de variação                              |                   |           |              |                        |                       |                        |
|   |                   | Pr > Fc   |              |                        |                       |                        |
|   | Espécie           | 0.0000*   |              |                        |                       |                        |
|   | Substrato         | 0.0473*   |              |                        |                       |                        |
|   | Espécie*Substrato | 0.0000*   |              |                        |                       |                        |
|   | Blocos            | 0.5937    |              |                        |                       |                        |
|   | CV (%)            | 26.60     |              |                        |                       |                        |

\*: Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. \*\*: Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Não foram observadas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ).

Observa-se que houve efeito de cada fonte de variação e interação entre os fatores. Observa-se que quando cultivados em PG, acelga, beterraba, ervilha e girassol mostraram teores de AA similares. Em FC, repolho roxo atingiu média equivalente ao dobro da média em ervilha no mesmo substrato. Em BPZF, BP e VT, microverdes de repolho roxo se mantiveram com médias superiores às demais espécies. Em BP e VT, girassol e acelga tiveram médias menores, mas superiores às médias encontradas em ervilha e beterraba.

Apenas beterraba e repolho roxo demonstraram diferenças estatísticas significativas quanto ao teor de ácido ascórbico de acordo com o substrato utilizado. Em beterraba, microverdes cultivados em FC demonstraram maior teor deste antioxidante, e em repolho roxo a diferença encontrada é atribuída à falta de amostra de MF para a análise, quando cultivado no substrato PG (Tabela 6).

Os teores obtidos neste estudo divergem dos encontrados para microverdes de repolho roxo por Dhaka et al. (2023) (140,22 mg.100 g<sup>-1</sup> MF de amostra), Xiao et al. (2012) (147 mg.100 g<sup>-1</sup> MF) e Kowitcharoen et al. (2021) (89,49 mg.100 g<sup>-1</sup> MF). Já em microverdes de beterraba o teor de ácido ascórbico no cultivo em PG e FC foi superior ao relatado por Xiao et al. (2012) (28,8 mg.100 g<sup>-1</sup> MF), Dias (2022) (18,3 a 27,3 mg.100g<sup>-1</sup> MF) e comparável ao reportado por Arachya et al. (2021) (35–51 mg.100 g<sup>-1</sup> MF). Dados relatados por Kaigorodova et al. (2022) para microverdes de ervilha, 25,1 mg.100g<sup>-1</sup> MF, assemelham-se aos encontrados. Já valores relatados de 50,5 mg.100 g<sup>-1</sup> (XIAO et al., 2012) e 42,45 mg.100 g<sup>-1</sup> (KOWITCHAROEN et al., 2021) foram superiores aos encontrados no presente estudo (Tabela 6).

Teores comparáveis, porém, superiores aos aqui expostos, em função de distintos substratos utilizados, foi relatado por Dias (2022) em microverdes de repolho roxo. Um substrato comercial e uma mistura de substrato comercial com casca de arroz carbonizada demonstraram maiores teores deste antioxidante para esta espécie (DIAS, 2022).

Logo, com exceção de *Pisum sativum* L., microverdes de quatro espécies estudadas apresentaram teores semelhantes de ácido ascórbico (Figura 6). Microverdes cultivados em FC tiveram teores superiores em relação a PG (Tabela 6). Entretanto, verificou-se efeito do substrato no teor de ácido ascórbico apenas em microverdes de beterraba e repolho roxo, sendo a razão deste último a falta de amostra para a avaliação do substrato PG. Anteriormente, microverdes de coentro e *pak choi* tiveram teores de ácido ascórbico superiores quando cultivados em fibra de coco (respectivamente, 116,41 e 176,22 mg.kg<sup>-1</sup> MS) em comparação ao substrato a base de turfa (respectivamente, 87,52 e 154,45 mg.kg<sup>-1</sup> MS) (KYRIACOU et al., 2020).

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) desta vitamina no Brasil é de 45 mg para adultos (ANVISA, 2005). Estudos que visam aumentar o teor de ácido ascórbico em microverdes tem sido realizados, e incluem técnicas como seleção de substratos (ROHMANN; MULYAWAN, 2022) manejo nutricional (PANNICO et al., 2020), biofortificação (KATHI et al., 2023), manejo da iluminação artificial (MLINARIĆ et al., 2023, SAMUOLIENÉ et al., 2016), entre outros.

Apesar de serem consumidos em baixas quantidades, microverdes de beterraba cultivadas em FC e microverdes de repolho roxo cultivados em FC, BP, BPZF e VT possuem potencial de contribuir satisfatoriamente para a IDR de ácido ascórbico.

### 3.5 Análise de correlação

Na Tabela 7 estão apresentados os dados referentes aos valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas, considerando os efeitos principais dos substratos. A classificação de intensidade da correlação foi: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,9$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004).

Tabela 7. Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) para características de Massa Fresca (MF), Comprimento dos Hipocótilos (CH), Comprimento dos Cotilédones (CC), Largura dos Cotilédones (LC) e Ácido Ascórbico (AA) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados em diferentes substratos: Papel de germinação (PG), fibra de coco (FC), 85% Bioplant 15% ZF0410 (BPZF), Bioplant (BP) e Vivatto (VT), considerando os efeitos principais da fonte de variação: substrato.

| r  | MF | CH      | CC       | LC       | AA     |
|----|----|---------|----------|----------|--------|
| MF | 1  | 0,9457* | 0,9199*  | 0,8813*  | 0,3621 |
| CH | -  | 1       | 0,9932** | 0,9783** | 0,588  |
| CC | -  | -       | 1        | 0,9944** | 0,6602 |
| LC | -  | -       | -        | 1        | 0,7361 |
| AA | -  | -       | -        | -        | 1      |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. \*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Entre as variáveis CH e MF, observa-se que houve uma correlação muito forte, assim como entre CC e MF e LC e MF ( $p < 0,05$ ), entre CH e CC, CH e LC, CC e LC ( $p < 0,01$ ). Entre as variáveis LC e AA houve uma correlação positiva forte, embora não significativa pelo teste estatístico, conforme classificação proposta por Carvalho et al. (2004). Correlações positivas médias foram observadas entre as variáveis CH e AA e entre CC e AA (Tabela 7).

A classificação das correlações apresentadas (Tabela 7) podem ser uma evidência ao apresentado por Senevirathne; Gama-Arachchige; Karunaratne (2019): além do comprimento dos hipocótilos, dimensões cotiledonares podem ser utilizadas como indicativo do ponto de

colheita, dado que as correlações entre as variáveis de crescimento cotiledonar e comprimento dos hypocótilos foram positivas e muito fortes. Também se observa que o incremento em produtividade se correlaciona com o crescimento dos hypocótilos e cotilédones ( $p < 0,05$ ). Isto reforça que o aumento em produtividade é linear a variáveis utilizadas na definição do ponto de colheita. Além disso, correlações positivas fortes e médias foram encontradas entre variáveis de crescimento e teor de ácido ascórbico. Isto significa que o incremento nas dimensões dos hypocótilos e cotilédones estão atrelados ao aumento no teor de ácido ascórbico.

A relevância das correlações encontradas se baseia na predição de características do ciclo de cultivo de microverdes, como duração e produtividade, baseado em observações que podem ser realizadas no local de cultivo.

Acharya et al. (2021) obteve coeficientes de correlação classificados como fortes ou muito fortes ( $>0.76$ ) entre ácido ascórbico, capacidade antioxidante total, clorofilas e polifenóis totais em microverdes de beterraba. Entretanto, ácido ascórbico não demonstrou correlação significativa com atividade oxidante, ao contrário de compostos fenólicos e flavonoides (YADAV et al., 2019). Anteriormente Niroula et al. (2019) também estimaram a correlação entre compostos bioativos em microverdes de trigo e cevada, e obteve correlações muito fortes entre teores de clorofilas e carotenoides.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os diferentes substratos alteraram características como massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones e teor de ácido ascórbico de microverdes cultivados em casa de vegetação.

BPZF, BP e VT proporcionaram médias superiores nas variáveis analisadas. Para a maioria das espécies e variáveis, o substrato Bioplant Plus se demonstrou mais adequado e econômico para a produção de microverdes em casa de vegetação.

Verificou-se que substratos que proporcionam menor área de contato com as sementes, como PG, resultaram em baixa produtividade de microverdes e/ou uma produção fora do padrão comercial no que diz respeito ao comprimento e dimensão dos cotilédones.

Correlações positivas e muito fortes entre as variáveis de crescimento cotiledonar e comprimento dos hipocótilos foram obtidas, indicando que as dimensões dos cotilédones também podem ser um indicativo do ponto de colheita.

Em todos as variáveis avaliadas houve influência do genótipo, demonstrando que o estudo de variáveis de crescimento e qualidade nutricional são necessários para um maior número de espécies, visando a seleção de genótipos de alto valor produtivo, econômico e nutricional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARYA, J.; GAUTAM, S.; NEUPANE, P.; NIROULA, A. Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (*Beta vulgaris*) microgreens during growth, **International Journal of Food Properties**, v. 24:1, 1175-1186, 2021. DOI: 10.1080/10942912.2021.1955924.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 269**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.
- BANTIS, F. Light Spectrum Differentially Affects the Yield and Phytochemical Content of Microgreen Vegetables in a Plant Factory. **Plants**, v. 10, 2182, 2021. DOI: 10.3390/plants10102182.
- BAYINENI V. K.; HERUR, N. K. Natural *Synedrella* Residues as a Growing Substrate Ingredient: An Eco-friendly Way to Improve Yield and Quality of Beet (*Beta vulgaris*) Microgreens. **Eur. J. Agric. Food Sci**, v. 4, p. 1–5, 2022. DOI: 10.24018/ejfood.2022.4.6.593.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, UFV, 2006. 625 p.
- BHASWANT, M.; SHANMUGAM, D.K.; MIYAZAWA, T.; ABE, C.; MIYAZAWA, T. Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. **Molecules**, v. 28, 867, 2023. DOI: 10.3390/molecules28020867.
- BRAGA, N. C. DA C.; SEVERIANO, E. DA C.; SANTOS L. DE S.; RÚBIO NETO, A.; RODRIGUES, T. M.; Lima, J. D. P. Produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em substratos comerciais e alternativos com subprodutos da indústria canavieira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40(1), 33–48, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n1p33.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília, DF, 2009. 399 p.
- BUCKERIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M., SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. Acúmulo de Reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 324 p. 2004.

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**, v. 45:2, 119-129, 2017. DOI: 10.1080/01140671.2016.1259642.

CARMONA, R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. A. DE; FERREIRA, D. F. N.; COSTA, T. E. DA; CARVALHO JÚNIOR, L. C.; GONÇALVES, H. M. Air layering in *Caryocar brasiliense* - effect of stem diameter. **Ciência Rural** [Internet].; v. 52(9):e20201040, 2022. DOI: 10.1590/0103-8478cr20201040.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002. DOI: 10.1590/S0102-05362002000400003.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitárias da UFPel, p.142, 2004.

DA SILVA CÂNDIDO, A. C.; ZARATIN ALVES, C.; QUEIROZ REGO, C. H.; BENETOLI DA SILVA, T. R.; BISPO DA SILVA, J. Germination test in seeds of *Melothria campestris* (Naudin) H. Schaef. & S.S. Renner. **Revista Caatinga**, v. 29(4), p. 910-917, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n416rc.

DHAKA, A. S. ; DIKSHIT, H. K.; MISHRA, G. P.; TONTANG, M.T.; MEENA, N. L.; KUMAR, R. R.; RAMESH, S. V.; NARWAL, S.; ASKI, M.; THIMMEGOWDA, V.; GUPTA, S.; NAIR, R. M.; PRAVEEN, S. Evaluation of Growth Conditions, Antioxidant Potential, and Sensory Attributes of Six Diverse Microgreens Species. **Agriculture** v. 13 (3), 676, 2023. DOI: 10.3390/agriculture13030676.

DIAS, L. O. da F. **Efeito de substratos e da biofortificação com zinco sobre aspectos agrônômicos e conteúdo de fitoquímicos de microverdes**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, 2022. 84f.

DI BELLA, M. C.; TOSCANO, S.; ARENA, D.; MORENO, D. A.; ROMANO, D.; BRANCA, F. Effects of Growing Cycle and Genotype on the Morphometric Properties and Glucosinolates Amount and Profile of Sprouts, Microgreens and Baby Leaves of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) and Kale (*B. oleracea* L. var. *acephala* DC.). **Agronomy**, Catania, v. 11(9): 1685, p. 1-13, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11091685.

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. In: YILDIZ, F.; WILEY, R.C. (eds.). Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables, **Food Engineering Series**, p. 403–432, 2017. DOI 10.1007/978-1-4939-7018-6\_11.

EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; KYRIACOU, M.C.; GASPARI, A.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Nutrient Supplementation Configures the Bioactive Profile and Production Characteristics of Three Brassica L. Microgreens Species Grown in Peat-Based Media. **Agronomy**, v. 11, 346, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11020346.

ESWARANPILLAI, U.; MURUGESAN, P.; KARUPPIAH, P. Assess the impact of cultivation substrates for growing sprouts and microgreens of selected four legumes and two grains and evaluation of its nutritional properties. **Plant Science Today**, [S. l.], 2023. DOI: 10.14719/pst.2058.

FELIX, R. A. Z. **Mobilização de reservas orgânicas em sementes tratadas com extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu/SP, 2011.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

JANKAUSKIENĖ, J., BRAZAITYTĖ, A., KAIRIENĖ, V.V., ZALATORIUS, V. Effects of peat and peat-zeolite substrates on quality, growth indices of cucumber seedlings and crop productivity. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, v. 18(5), 161–170, 2019. DOI: 10.24326/asphc.2019.5.16.

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 horts**, v. 55(2), p. 156-163, 2020. DOI: 10.21273/HORTSCI14478-19.

KAIGORODOVA, I.; USHAKOV, V.; GOLUBKINA, N.; KOTLYAR, I.; PRONINA, E.; ANTOSHKINA, M. Nutritional value, quality of raw materials and food value of vegetable pea culture (*Pisum sativum* L.). **Vegetable Crops of Russia**, v. 3, p. 16-32, 2022.

KATHI, S.; LAZA, H.; SINGH, S.; THOMPSON, L.; LI, W.; SIMPSON, C. Vitamin C biofortification of broccoli microgreens and resulting effects on nutrient composition. **Frontiers in Plant Science**, 14:1145992, 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1145992.

KONG, Y.; ZHENG, Y. Early-stage dark treatment promotes hypocotyl elongation associated with varying effects on yield and quality in sunflower and arugula microgreens. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 101(6), 954-961, 2021. DOI: 10.1139/cjps-2021-0050.

KOWITCHAROEN, L.; PHORNVILLAY, S.; LEKKHAM, P.; PONGPRASERT, N.; SRILAONG, V. Bioactive Composition and Nutritional Profile of Microgreens Cultivated in Thailand. **Appl. Sci.**, 1, 7981, 1-9, 2021. DOI: 10.3390/app11177981.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; SOTERIOU, G. A.; GIORDANO, M.; PALLADINO, M.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Phenolic Constitution, Phytochemical and Macronutrient Content in Three Species of Microgreens as Modulated by Natural Fiber and Synthetic Substrates. **Antioxidants**, v. 9, 252, 2020. DOI: 10.3390/antiox9030252.

LI, T.; LALK, G. T.; ARTHUR, J. D.; JOHNSON, M. H.; BI, G. Shoot Production and Mineral Nutrients of Five Microgreens as Affected by Hydroponic Substrate Type and Post-Emergent Fertilization. *Horticulturae*, v. 7, 129, p. 1-17, 2021. DOI: 10.3390/horticulturae7060129

LIMA, F. M. de. **Densidades de fluxo de fótons fotossintéticos e de sementeira para produção indoor de microverdes**. Dissertação. Agricultura Tropical e Subtropical. Instituto Agronômico de Campinas. 2022. 69 f.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual Prático de Hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 271p., 2006.

MICHELL, K. A.; ISWEIRI, H.; NEWMAN, S. E.; BUNNING, M.; BELLOWS, L. L.; DINGES, M. M.; GRABOS, L. E.; RAO, S.; FOSTER, M. T.; HEUBERGER, A. L.; PRENNI, J. E.; THOMPSON, H. J.; UCHANSKI, M. E.; WEIR, T. L.; JOHNSON, S. A. Microgreens: Consumer sensory perception and acceptance of an emerging functional food crop. **Journal of Food Science**, v. 85, p. 926-935, 2020. DOI: 10.1111/1750-3841.15075.

MLINARIĆ, S.; PIŠKOR, A.; MELNJAK, A.; MIKUŠKA, A.; ŠRAJER GAJDOŠIK, M.; BEGOVIĆ, L. Antioxidant Capacity and Shelf Life of Radish Microgreens Affected by Growth Light and Cultivars. **Horticulturae**, v. 9, 76, 2023. DOI: 10.3390/horticulturae9010076.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.

NIROULA, A.; KHATRI, S.; TIMILSINA, R.; KHADKA, D.; KHADKA, A.; OJHA, P. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. **Journal of food science and technology**, v. 56(5), p. 2758–2763, 2019. DOI: 10.1007/s13197-019-03768-9.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 17-28, 1995.

PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; EL-NAKHEL, C.; GIORDANO, M.; RITIENI, A.; KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens. **Italus Hortus**, v. 27, p. 41-52, 2020.

POUDEL, P.; DI GIOIA, F.; LAMBERT, J. D.; CONNOLLY, E. L. Zinc biofortification through seed nutri-priming using alternative zinc sources and concentration levels in pea and sunflower microgreens. **Frontiers in Plant Science**. v. 14:1177844, 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1177844.

RAMALHO NETA, T.; SANTIAGO, D. de B.; SANTOS, W. M. dos; OLIVEIRA, J. D. S. de; GALLO, C. M.; LEMOS, E. E. P. de. Micropropagation and acclimatization of two pitaya species under different concentrations of growth regulators and substrates. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 17, p. e176111738756, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i17.38756.

RAVIV, M.; BAR-TAL, A. D.; WALLACH, R. Substrates and their analysis. **Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals**. p. 25-102, 2002.

ROHMANN, N. A.; MULYAWAN, R. The Effect of Growing Media on the Vitamin C and Chlorophyll Content of Gelinggang Microgreen. **Earth and Environmental Science**, v. 1005, (1), p. 12005, 2022.

SALEH, R.; GUNUPURU, L. R.; LADA, R.; NAMS, V.; THOMAS, R. H.; ABBEY, L. Growth and Biochemical Composition of Microgreens Grown in Different Formulated Soilless Media. **Plants**, v. 11, 3546, 2022. DOI: 10.3390/plants11243546.

SAMUOLIENĖ, G.; BRAZAITYTĖ, A.; VIRŠILĖ, A.; JANKAUSKIENĖ, J., SAKALAIŠKIENĖ, S., DUCHOVSKIS, P. Red Light-Dose or Wavelength-Dependent Photoresponse of Antioxidants in Herb Microgreens. **PLoS ONE** v. 11(9): e0163405, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0163405.

SENEVIRATHNE, G. I.; GAMA-ARACHCHIGE, N. S.; KARUNARATNE, A. M. Germination, harvesting stage, antioxidant activity and consumer acceptance of ten microgreens. **Ceylon Journal of Science**, v. 48(1), p. 91–96, 2019. DOI: 10.4038/cjs.v48i1.7593.

SILVA, G. P. da. Avaliação de diferentes substratos e concentrações de solução nutritiva para produção de microgreens de rúcula. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 31.: 2019 out. 21-25:UFRGS, Porto Alegre, RS **Resumo publicado em evento**.

SHARMA, S.; SHREE B.; SHARMA D.; KUMAR, S.; KUMAR, V.; SHARMA, R.; SAINI, R.. Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. **Food Research International**, v. 55, 111038, p. 1-18, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111038.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Annals of Biochemistry**, v. 4, p. 604-608, 1979.

WALTERS, C.; LANDRÉ, P.; HILL, L.; CORBINEAU, F.; BAILLY, C. Organization of lipid reserves in cotyledons of primed and aged sunflower seeds. **Planta** v. 222 (3), p. 397-407, 2005. DOI:10.1007/s00425-005-1541-5.

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**, v.60 (31),7644-7651, 2012. DOI: 10.1021/jf300459b.

YADAV, L. P.; KOLEY, T. K.; TRIPATHI, A.; SINGH, S. Antioxidant Potentiality and Mineral Content of Summer Season Leafy Greens: Comparison at Mature and Microgreen Stages Using Chemometric. **Agric. Res**, v. 8, p. 165–175, 2019. DOI: 10.1007/s40003-018-0378-7.

**CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO PRODUTIVA, TEORES DE ANTIOXIDANTE,  
NITRATO, CÁLCIO E POTÁSSIO DE MICROVERDES DE CINCO ESPÉCIES  
CULTIVADOS EM HIDROPONIA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO.**

## RESUMO

Na ocasião da germinação, o eixo embrionário obtém a energia que necessita para se desenvolver em uma plântula metabolizando tecidos de reserva presentes na semente. O fornecimento de nutrientes minerais na produção de microverdes é tido como uma prática facultativa ou como uma necessidade mínima, visto que são plântulas colhidas no estágio cotiledonar com ou sem o aparecimento das primeiras folhas verdadeiras. Entretanto, o tipo e a quantidade de material armazenado variam entre espécies. Sabe-se que fatores como características genéticas e práticas de manejo, como a adubação, podem afetar a produção e qualidade de microverdes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta a três níveis de condutividade elétrica em microverdes de beterraba, repolho roxo, girassol, ervilha e acelga, cultivados em casa de vegetação. O primeiro tratamento consistia em água de torneira, cuja condutividade elétrica determinou-se ser de  $0,2 \text{ dS m}^{-1}$  e pH 6,4 (SSN), o segundo consistia em solução nutritiva com CE de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  e pH 5,5 (SN1), e o terceiro em solução nutritiva com CE de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  e pH 5,5 (SN2). Após a fase escura, os microverdes foram dispostas em três bancadas hidropônicas. O experimento foi delineado de forma inteiramente casualizada, com cinco espécies, três tratamentos e seis repetições, em esquema fatorial  $5 \times 3$ . Foram avaliados: massa fresca (MF), comprimento dos hipocótilos (CH), comprimento e largura dos cotilédones (CC e LC), teor de ácido ascórbico (AA), teor de nitratos, cálcio e potássio. Em repolho roxo obteve-se maior quantidade de MF em SN2 e menor SSN, enquanto em girassol, médias superiores de MF foram encontradas em SN1. Microverdes de repolho roxo e girassol obtiveram maior CH com o aporte de nutrientes. A privação de nutrientes pode ter favorecido o maior acúmulo de AA em microverdes de repolho roxo: em SSN o teor obtido foi 21% superior a SN2. Quando cultivados em SN2 microverdes de beterraba e repolho roxo obtiveram médias superiores de nitrato enquanto menores teores ocorreram em SSN. Em repolho roxo maiores teores de cálcio foram obtidos em SN2 e menores em SSN. Em girassol, menor teor de potássio foi encontrado em SN2, enquanto maior média foi obtida em SSN, já em microverdes de acelga, SSN e SN2 obtiveram médias semelhantes e superiores a SN1. Portanto, o presente estudo verificou que apenas em algumas espécies ocorreram distinções entre os tratamentos nas variáveis avaliadas: em repolho roxo, observou-se efeito dos tratamentos em todas as variáveis, exceto no teor de potássio, enquanto acelga obteve variação apenas nas variáveis teor de nitratos e potássio.

Palavras-chave: Cultivo sem solo, Hidroponia, Antioxidantes, Alimentos funcionais, inovação hortícola.

## ABSTRACT

At the time of germination, the embryonic axis obtains the energy it needs to develop in a seedling by metabolizing reserve tissues present in the seed. The supply of mineral nutrients in the production of microgreens is taken as an optional practice or as a minimum need, since they are seedlings harvested at the cotyledonary stage with or without the appearance of the first true leaves. However, the type and amount of material stored vary among species. It is known that factors such as genetic characteristics and management practices, such as fertilization, can affect the production and quality of microgreens. The objective of this study was to evaluate the response to three levels of electrical conductivity in microgreens of beet, red cabbage, sunflower, pea and chard, grown in a greenhouse. The first treatment consisted of tap water, whose electrical conductivity was determined to be  $0.2 \text{ dS m}^{-1}$  and pH 6.4 (SSN), the second consisted of a nutrient solution with an EC of  $0.6 \text{ dS m}^{-1}$  and pH 5.5 (SN1), and the third in nutrient solution with EC of  $1.2 \text{ dS m}^{-1}$  and pH 5.5 (SN2). After the dark phase, the microgreens were arranged on three hydroponic lab benches. The experiment was designed completely randomly, with five species, three treatments and six repetitions, in a  $5 \times 3$  factorial scheme. The following were evaluated: fresh mass (MF), length of hypocotyls (CH), length and width of cotyledons (CC and LC), ascorbic acid content (AA), nitrate content, calcium and potassium. In red cabbage, a higher amount of MF was obtained in SN2 and lower SSN, while in sunflower, higher averages of MF were found in SN1. Red cabbage and sunflower microgreens obtained higher CH with the supply of nutrients. Nutrient deprivation may have favored the greater accumulation of AA in red cabbage microgreens: in SSN the content obtained was 21% higher than in SN2. When grown in SN2 microgreens beet and red cabbage obtained higher averages of nitrate while lower levels occurred in SSN. In red cabbage higher levels of calcium were obtained in SN2 and lower in SSN. In sunflower, lower potassium content was found in SN2, while a higher average was obtained in SSN, while in chard microgreens, SSN and SN2 obtained averages similar and superior to SN1. Therefore, the present study found that only in some species there were distinctions between the treatments in the variables evaluated: in red cabbage, an effect of the treatments was observed in all the variables, except in the potassium content, while chard obtained variation only in the variables nitrate and potassium content.

**Keywords:** Soilless cultivation, Hydroponics, antioxidants, functional foods, horticultural innovation.

## 1 INTRODUÇÃO

Os microverdes têm ganhado grande aceitação dos consumidores, por serem alimentos com boa aparência, baixa composição calórica e por serem ricos em micronutrientes e antioxidantes (KOWITCHAROEN et al., 2021). Eles geralmente são mais ricos em nutrientes do que suas contrapartes – plantas da mesma espécie cultivadas até o estágio tradicional de colheita de sua parte comestível – e são relatados por serem ricos em diversos compostos benéficos à saúde, que atuam de forma antagônica às doenças (TENG; LIAO; WANG, 2021), em especial as DNT's.

O cultivo de microverdes é uma prática que requer cuidados, pois estes são frágeis e facilmente sujeitos a vários fatores de estresse que podem afetar suas características e até mesmo suas propriedades biofuncionais. Dessa forma, pode-se considerar que fatores pré-colheita como características das espécies, substratos, clima e práticas de manejo, podem afetar a produção e qualidade de microverdes (SALEH et al., 2022).

Recomenda-se que sejam cultivados em sistema de produção sem solo, utilizando substratos. Os recipientes isolados têm por consequência o volume limitado, menor capacidade tampão e suprimento limitado de nutrientes. O volume limitado na zona de raízes ocasiona grande densidade radicular, causando maior competição entre as raízes e atividade na zona radicular (RAVIV; BAR-TAL; WALLACH, 2002).

Sabe-se que a aplicação de fertilizantes pode alterar a concentração de alguns compostos bioativos, como o teor de ácido ascórbico, clorofilas, e carotenoides, aumentando ou diminuindo a concentração a depender da espécie observada. Segundo El-Nakhel et al., (2021), as concentrações de ácido ascórbico em microverdes de repolho verde (*Brassica oleracea* var. *capitata*) e rúcula silvestre (*Diplotaxis tenuifolia*) aumentaram em 1,3 e 1,6 vezes, respectivamente, mas diminuíram em 1,2 vezes em microverdes de couve-de-bruxelas (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) quando fertirrigados diariamente com uma solução nutritiva Hoagland a um quarto de força.

Utilizando meia concentração de solução de Hoagland adicionada à água de irrigação durante a fase clara da produção de microverdes, Bulgari et al. (2017) verificou diferença nos teores de nitrato entre espécies de microverdes (rúcula, acelga e manjericão). Também verificaram que as concentrações obtidas, especialmente em acelga e rúcula, foram cerca de um terço menores que concentrações normalmente encontradas para estas hortaliças *baby leaf* ou maduras.

Uma outra abordagem no manejo da adubação de microverdes pode ser através da aplicação de biofertilizantes. Microverdes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) pulverizados com dois produtos comerciais e um extrato vegetal obtido a partir de folhas de *Moringa oleífera* Lam. obtiveram maior biomassa fresca e seca, em comparação ao tratamento controle (água destilada). Dados do mesmo estudo encontraram diferenças nos teores de nitrato de microverdes de rabanete e no teor de ácido ascórbico, no qual o tratamento controle (sem uso de biofertilizante) obteve teores 48% superiores de ácido ascórbico (TOSCANO, ROMANO, PASTANÈ, 2023).

Assim, o objetivo deste capítulo foi avaliar a resposta de massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones, teor de ácido ascórbico, nitrato, cálcio e potássio em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) a três níveis de condutividade elétrica, cultivados em casa de vegetação.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Características do ambiente, espécies utilizadas, tratamentos e delineamento experimental

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças, (Brasília – DF), localizada à altitude de 996 metros e coordenadas geográficas de 15°56'00” de latitude Sul e 48°08'00” de longitude a Oeste. Foram utilizados os seguintes locais: 1) Casa de vegetação localizada no Setor de Campos Experimentais, 2) Laboratório de Nutrição de Plantas, 3) Laboratório de Sementes, 4) Laboratório de Ciência e Tecnologia de alimentos.

A casa de vegetação utilizada para a produção em ambiente protegido, possui uma área total de 12,09m<sup>2</sup> (3,90m de largura e 3,10m de comprimento) e foi construída utilizando tela Sombrite® 50%, e coberta com malha termorrefletora Aluminet® 30%.

Para a realização do trabalho, a empresa ISLA Sementes® fez a doação de sementes das cinco espécies utilizadas: beterraba (*Beta vulgaris* L. “Beet Shankar”), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra* “Krishna”), girassol (*Helianthus annuus* L. “Kabir”), ervilha (*Pisum sativum* L. “Dinesh”) e acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* “Artemis”). Foi realizado teste de germinação no Laboratório de Sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados do teste de germinação (%), datas de semeadura, datas de colheita, duração da fase escura (dias), e duração total (dias) do cultivo de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L. , repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.), acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2).

|              | Resultados - Teste de germinação (%) | Data de semeadura | Data de colheita | Duração da fase escura | Duração total |
|--------------|--------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|
| Beterraba    | 94                                   | 02/09/2022        | 14/09/2022       | 5                      | 12            |
| Repolho roxo | 95                                   | 02/09/2022        | 12/09/2022       | 5                      | 10            |
| Girassol     | 96                                   | 30/08/2022        | 09/09/2022       | 5                      | 10            |
| Acelga       | 86                                   | 10/09/2022        | 22/09/2022       | 5                      | 12            |
| Ervilha      | 98                                   | 21/09/2022        | 30/09/2022       | 5                      | 09            |

Como recipiente para semeadura foram utilizadas bandejas próprias para o cultivo de microverdes da empresa JKS Agro® com dimensões (C x L x A) 58 x 28 x 03 cm, totalizando a área útil para plantio de 1.624 cm<sup>2</sup>. As bandejas possuem canaletas no formato de labirinto que promoveram a irrigação por capilaridade. A área de cada bandeja foi dividida, de forma que cada bandeja obteve duas parcelas experimentais, com área de 812 cm<sup>2</sup>.

As sementes utilizadas foram sanitizadas com solução contendo hipoclorito de sódio 1% sendo imersas na solução durante 30 minutos sob agitação constante, com posterior enxágue sob água corrente, e secagem à temperatura ambiente durante 24h. Sementes de ervilha foram sanitizadas com solução contendo hipoclorito de sódio a 1,5%. Posteriormente foram pesadas para atingir as seguintes densidades de semeadura: 0,031 g.cm<sup>-2</sup> (beterraba); 0,027g.cm<sup>-2</sup> (repolho roxo); 0,076 g.cm<sup>-2</sup> (girassol); 0,189 g.cm<sup>-2</sup> (ervilha) e 0,0443 g.cm<sup>-2</sup> (acelga).

Os tratamentos consistiram em diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva onde um tratamento consistia em água de torneira, cuja condutividade elétrica determinou-se ser de 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN), o segundo consistia em solução nutritiva com CE de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1), e o terceiro tratamento consistia em solução nutritiva com CE de 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5. (SN2). As soluções utilizadas foram diluídas a partir de duas soluções-estoque preparadas com a seguinte composição: N total = 14,17 g.L<sup>-1</sup>; P = 6,08 g.L<sup>-1</sup>; K = 19,63 g.L<sup>-1</sup>; Mg = 7,89 g.L<sup>-1</sup>; Mn = 0,04 g.L<sup>-1</sup>; Zn = 0,06 g.L<sup>-1</sup>; Cu = 0,01 g.L<sup>-1</sup>; Mo = g.L<sup>-1</sup>; B = 0,05 g.L<sup>-1</sup>.

As semeaduras foram realizadas nas datas 30/08/2022 (girassol), 02/09/2022 (beterraba e repolho roxo), 10/09/2022 (acelga) e 21/09/2022 (ervilha). Todas as espécies foram submetidas à fase escura com duração de 5 dias (Tabela 8) em câmara adaptada para esta finalidade, dentro da casa de vegetação.

Após a fase escura, os microverdes foram dispostas em três bancadas hidropônicas com as dimensões de 1,5m de comprimento e 0,9m de largura, construídas pela equipe. As bancadas possuíam tampo de poliestireno com recobrimento em plástico, de forma a permitir uma lâmina de água inundar a bancada. Caixas d'água de 200L foram alocadas abaixo das bancadas, com bombas submersas (modelo Sarlo Better miniC®) com vazão de 170 L.h<sup>-1</sup> permitindo a inundação das bancadas. Acoplados à bomba submersa estavam temporizadores digitais com programação de inundação em três horários do dia: 08:00 às 09:15; 16:00 às 17:15 e 00:00 às 01:15. As bancadas possuíam caixas também construídas em poliestireno e com recobrimento em plástico, de modo a alocar bombas submersas (de modelo idêntico às bombas de inundação)

que permitiram a drenagem da mesa nos horários programados, que foram: 09:45 às 10:00; 17:45 às 18:00 e 01:45 às 02:00.

O experimento foi delineado de forma inteiramente casualizada, com 3 tratamentos e 6 repetições, em esquema fatorial 5x3 (5 espécies x 3 tratamentos). O croqui da área experimental está esquematizado nas Figuras 1 a 5.

Durante o experimento, a temperatura mínima média foi 17,4°C e máxima de 29,8°C. A umidade relativa do ar (UR) média foi de 43,2%.

A radiação fotossinteticamente ativa também foi aferida dentro da casa de vegetação, com auxílio do equipamento MultispeQ V 2.0 - PhotosynQ®, durante 3 horários do dia (9h, 12h e 15h) e a média foi de 189,225  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

O ciclo completo da semeadura a colheita teve a duração de 12 dias para a acelga, 12 dias para a beterraba, 10 dias para o repolho roxo, 09 dias para a ervilha e 10 dias para o girassol.

## 2.2 Avaliações

Foram avaliados: massa fresca, comprimento dos hipocótilos, comprimento e largura dos cotilédones, teor de ácido ascórbico, teor de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ). A colheita e a realização de todas as análises ocorreram no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças.

As bandejas foram transportadas até o laboratório no início do dia, e a colheita foi realizada em ambiente limpo e utilizando tesouras esterilizadas. O corte foi feito na base do hipocótilo. As amostras utilizadas para conferência do teor de ácido ascórbico foram imediatamente pesadas e preparadas.

Avaliou-se massa fresca com o auxílio de uma balança. Para a obtenção dos dados de comprimento dos hipocótilos e comprimento e largura dos cotilédones, uma amostra de 10 plântulas de cada parcela foi retirada. O comprimento dos hipocótilos foi obtido com o uso de régua, e o comprimento e largura dos cotilédones com o uso de paquímetro digital.

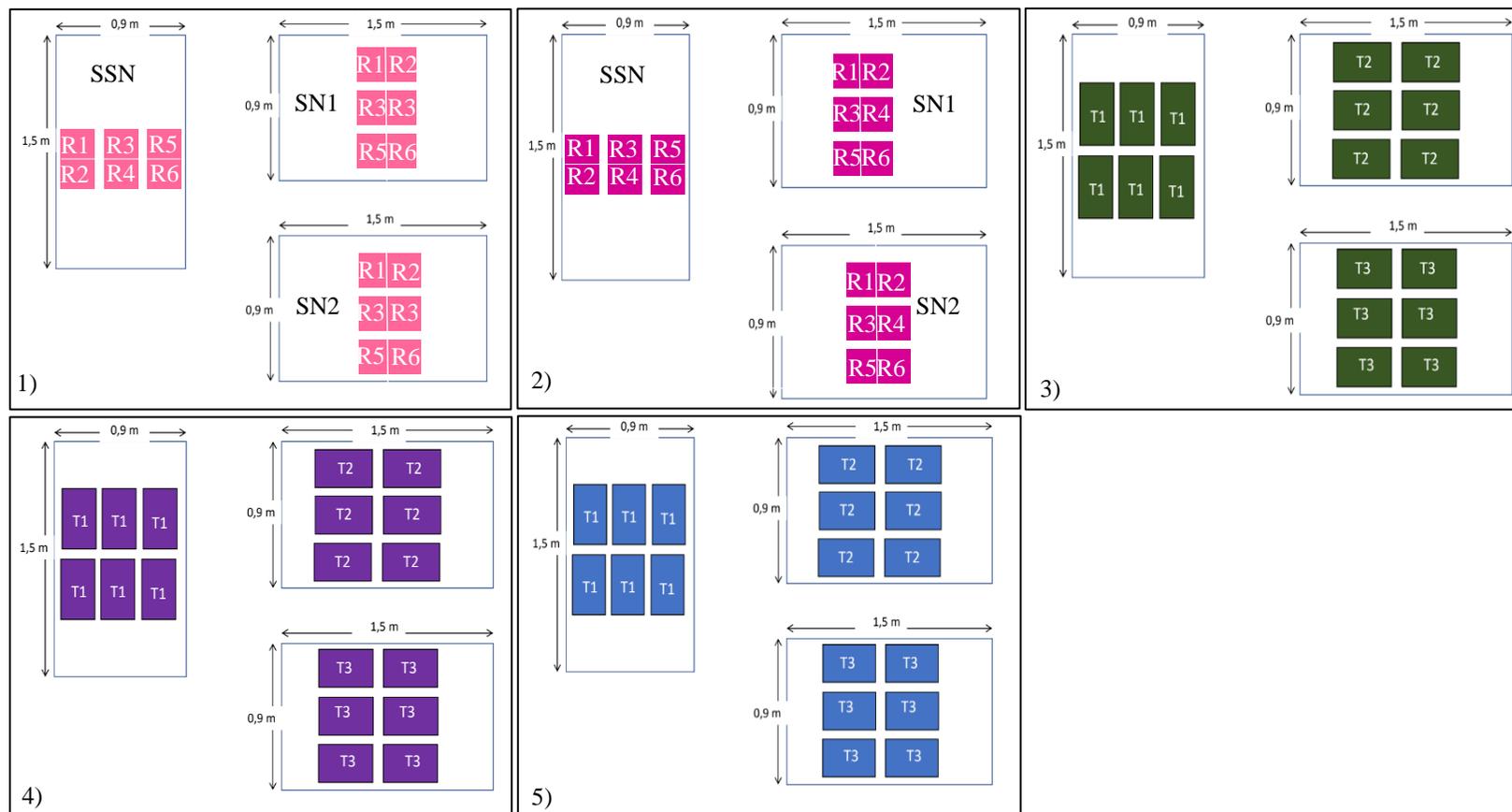
A determinação do conteúdo de ácido ascórbico total foi baseada na metodologia descrita por Terada et al. (1979) com modificações de Nunes et al. (1995) e Moretti et al., (1998). Para a determinação do teor de ácido ascórbico foram aferidas amostras de todas as parcelas experimentais do ensaio. Todas as amostras foram analisadas em triplicata. Foram utilizados como reagentes: solução ácida, solução de 2,6 diclorofenolindofenol (2,6 DCPIP) a 0,2%, tiouréia a 2%, solução ácida de dinitrofenilhidrazina (DNPH) e solução de ácido sulfúrico a 90%. A massa de microverdes utilizada por amostra foi 2g. Estas foram trituradas e homogeneizadas em Polytron, com 20 mL de solução ácida. As amostras foram centrifugadas

por 20 minutos a 17.600 g sob a temperatura de 4°C. Após atingir a temperatura ambiente, 1,0 mL de cada amostra foi pipetado em tubos de ensaio, seguido de 1,0 mL de solução ácida e uma gota de 2,6 DCPIP. Os tubos foram vigorosamente agitados e procedeu-se a incubação no escuro, sob duração de uma hora. Após este período de incubação, foi adicionado 1,0 mL de tiouréia a 2% e 0,5 mL de DNPH às amostras. Os tubos foram então agitados vigorosamente, tampados com “bolinhas de gude” e deixados em banho-maria a 60°C por três horas. Prosseguiu-se com o banho de gelo, para a adição de 2,5 mL de ácido sulfúrico 90% gelado. A absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro a 540 nm.

Os teores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) foram aferidos utilizando medidores específicos para estes íons, com equipamentos HORIBA LAQUAtwin®. Para tal, uma amostra de 15 plântulas foi retirada, recoberta em pano cirúrgico e prensada utilizando um espremedor de alho doméstico. As primeiras alíquotas de cada amostra foram descartadas, e a correta higienização de todos os equipamentos com água destilada foi realizada entre cada amostra.

### 2.3 Análise estatística

Todos os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, e então submetidos à Análise de variância pelo teste F. Para a análise de variância o *software* SISVAR 5.6 foi utilizado (FERREIRA, 2000). As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises do coeficiente de correlação linear de Pearson, entre as variáveis, foram testadas quanto à significância de seus coeficientes a 1 e 5% de probabilidade com o uso do *software* Genes. A classificação de intensidade da correlação foi: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,9$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004).



**Figuras 1 a 5** — Croqui da área experimental. Delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5x3: 5 espécies de microverdes e 3 concentrações de solução nutritiva. 6 repetições. 8) Beterraba. Período de fase clara: 07/09/2022 a 14/09/2022. 9) Repolho roxo. Período de fase clara: 07/09/2022 a 12/09/2022. 10) Girassol. Período de fase clara: 04/09/2022 a 09/09/2022. 11) Ervilha. Período de fase clara: 26/09/2022 a 30/09/2022. 12) Croqui da área experimental: microverdes de acelga. Período de fase clara: 15/09/2022 a 22/09/2022.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Massa fresca

Considerando os efeitos principais do fator espécie, microverdes de girassol tiveram maior MF em comparação às demais espécies, seguidos de repolho roxo. Menores médias de MF ocorreram em acelga e beterraba, que tiveram MF semelhantes entre si (Figura 6A). Já em relação aos efeitos principais da fonte de variação CE, SN1 e SN2 foram superiores a SSN com maiores médias de MF. Observou-se um incremento de 29% em SN2 em relação à SSN (Figura 6B). Os resultados resumidos da análise de variância podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Massa fresca (MF) (kg.m<sup>-2</sup>) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*\*.

| MF (kg.m <sup>-2</sup> ) | Espécies              |              |          |                      |                      |
|--------------------------|-----------------------|--------------|----------|----------------------|----------------------|
|                          | Beterraba             | Repolho roxo | Girassol | Ervilha              | Acelga               |
| CE                       |                       |              |          |                      |                      |
| SSN                      | 0.718c <sup>ns</sup>  | 1.754bC      | 2.345aC  | 1.043c <sup>ns</sup> | 0.776c <sup>ns</sup> |
| SN1                      | 0.872cd <sup>ns</sup> | 2.306bB      | 3.941aA  | 1.263c <sup>ns</sup> | 0.793d <sup>ns</sup> |
| SN2                      | 0.808c <sup>ns</sup>  | 3.437aA      | 2.954bB  | 1.166c <sup>ns</sup> | 0.923c <sup>ns</sup> |
| Fonte de variação        |                       |              |          |                      |                      |
|                          | Pr>Fc                 |              |          |                      |                      |
| Espécie                  | 0.0000*               |              |          |                      |                      |
| CE****                   | 0.0000*               |              |          |                      |                      |
| Espécie*CE               | 0.0000*               |              |          |                      |                      |
| CV (%)                   | 15.62                 |              |          |                      |                      |

\*: Significativo a 5% de probabilidade (p<0,05) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey (p<0,05). ns: Não foram observadas diferenças estatísticas (p>0.05).

Observa-se que houve efeito de ambos os fatores nas médias obtidas, bem como houve interação entre os fatores.

Em SSN, girassol obteve quantidade superior de MF colhida, situação que se repetiu em SN1. Em SN2, a MF de repolho roxo diferiu das demais espécies, sendo superior. Verificou-se semelhanças entre microverdes de acelga, ervilha e beterraba, que tiveram produtividades inferiores à repolho roxo e girassol nos três tratamentos, porém em SN1 a produtividade de ervilha e beterraba foram superiores a acelga (Tabela 2).

Apenas as médias de MF de girassol e repolho roxo diferiram em relação aos tratamentos de adubação. Em girassol, o mais alto potencial produtivo foi atingido em SN1, com incremento de 40% em relação a SSN. Microverdes de repolho roxo cultivados em SSN tiveram uma redução de 24% de produtividade em relação a SN1 e 49% em relação a SN2 (Tabela 2).

Incremento similar foi observado em microverdes de rúcula, onde a solução nutritiva de Hoagland a ¼ de força ocasionou um incremento de 47,4% em comparação ao tratamento controle (água destilada) (EL-NAKHEL et al., 2021).

Relatos demonstram que microverdes de beterraba obtiveram aumento de aproximadamente 21% com a combinação de adubação pré-emergência e pós-emergência. A produtividade de microverdes de beterraba chegou a 4,676 kg.m<sup>-2</sup> em ciclo de 15 dias, cerca de 5 vezes superior às médias encontradas no presente experimento. porém, o mesmo estudo reporta distinções no peso fresco em função do ciclo para esta espécie: sem tratamento de adubação, obteve MF de 428g.m<sup>-2</sup> em avaliação 7 dias após a semeadura e 2.612 kg.m<sup>-2</sup> em ciclo de 15 dias (MURPHY; LLORT; PILL, 2016).

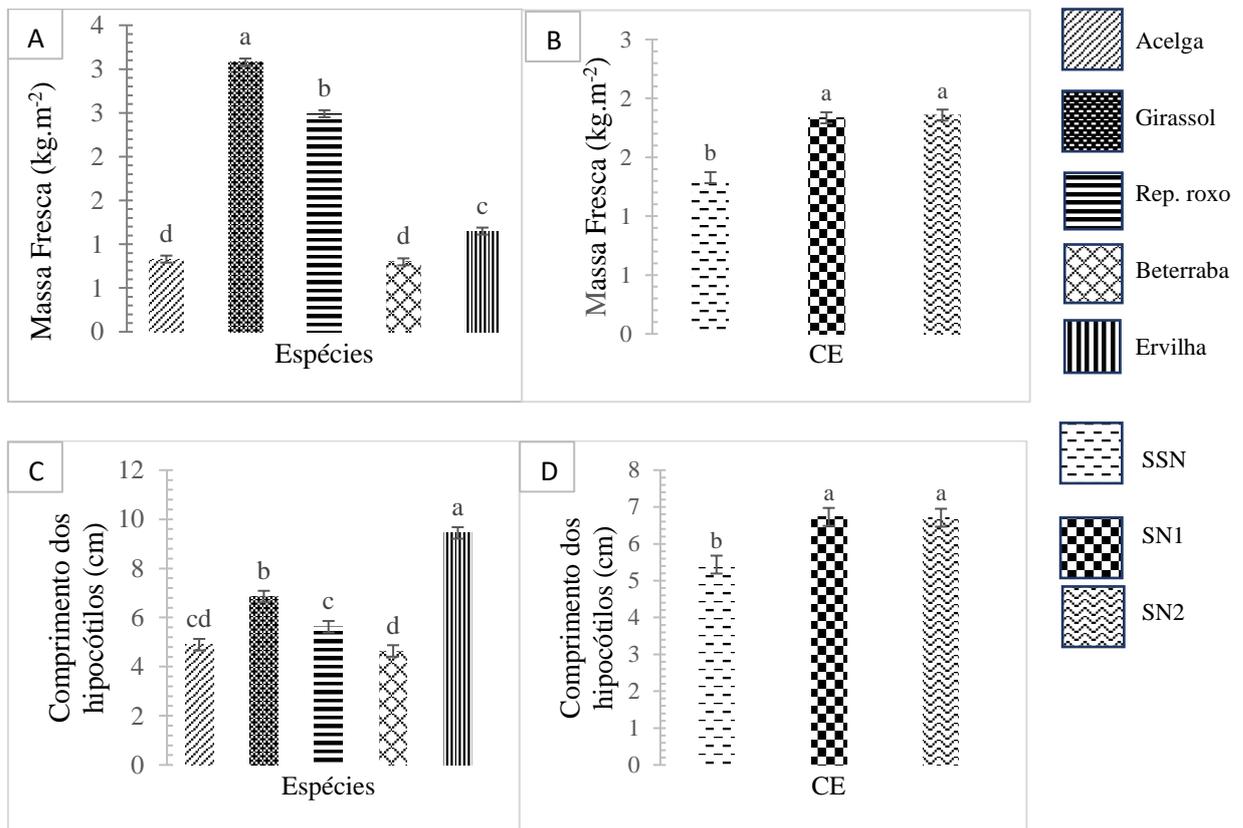
Semelhantemente, microverdes de repolho roxo tiveram incremento em MF com a maior condutividade elétrica da solução nutritiva, variando entre 1,1 kg.m<sup>-2</sup> em tratamento sem adubação a 2,3 kg.m<sup>-2</sup> em tratamento com CE 2.0 dS m<sup>-1</sup> em relatos de Wieth, Pinheiro, Duarte (2019). Em microverdes de *Spinacia oleracea* L., MF aumentou com o número de dias em que a solução nutritiva foi fornecida (0, 5, 10 e 20 dias). No mesmo estudo, entretanto, MF foi inversamente proporcional à MS, o que segundo os autores, pode indicar que a maior produtividade em MF pode estar atribuída a um maior teor de umidade no conteúdo dos tecidos celulares, provavelmente devido ao melhor funcionamento das raízes (PETROPOULOS et al., 2021). O aumento em massa fresca e decréscimo em matéria seca também foi observado em microverdes de rúcula e couve-de-bruxelas (EL-NAKHEL et al., 2021).

Os dados de MF observados no presente experimento em girassol (Tabela 2) são comparáveis ao observado por Poudel et al. (2023) de 2,9 a 3,5 kg.m<sup>-2</sup>, mas inferiores ao relatado para microverdes de ervilha no mesmo estudo (2,7 a 2,9 kg.m<sup>-2</sup>).

Portanto, apenas girassol e repolho roxo diferiram em relação à produtividade nos distintos tratamentos (Tabela 2), verificando-se incremento da produtividade em função de adubação. Maior nível de CE foi favorável à maior produtividade em microverdes de repolho roxo, enquanto SN1 foi favorável a microverdes de girassol.

### 3.2 Comprimento dos hipocótilos

Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação espécie, ervilha obteve maior CH que as demais espécies, enquanto beterraba obteve menor média nesta variável (Figura 6C). Considerando os efeitos principais da fonte de variação CE, maiores médias de CH foram encontradas entre as parcelas dos tratamentos que receberam adição de solução nutritiva (SN1 e SN2) em relação ao tratamento SSN. A redução média no CH de microverdes que não receberam solução nutritiva foi de 19% (Figura 6D).



**Figura 6** – Massa Fresca (MF) e Comprimento de Hipocótilos (CH) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Massa Fresca (kg.m<sup>-2</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Massa Fresca (kg.m<sup>-2</sup>) das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Comprimento dos hipocótilos (cm) das espécies avaliadas considerando os efeitos

principais das fontes de variação: espécie. D) Comprimento dos hipocótilos (cm) das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE.

Os dados resumidos referentes à Análise de variância encontram-se na Tabela 3. Observa-se que houve efeito de ambos os fatores nas médias obtidas, bem como houve interação entre os fatores.

Tabela 3. Comprimento dos hipocótilos (CH) (cm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*\*.

| CH (cm)           | Espécies              |              |          |          |                       |
|-------------------|-----------------------|--------------|----------|----------|-----------------------|
|                   | Beterraba             | Repolho roxo | Girassol | Ervilha  | Acelga                |
| CE                |                       |              |          |          |                       |
| SSN               | 4.563bc <sup>ns</sup> | 3.826cC      | 5.586bB  | 8.233aB  | 4.976bc <sup>ns</sup> |
| SN1               | 4.713c <sup>ns</sup>  | 5.286cB      | 7.780bA  | 10.870aA | 5.006c <sup>ns</sup>  |
| SN2               | 4.643c <sup>ns</sup>  | 7.766abA     | 7.200bA  | 9.229aB  | 4.706c <sup>ns</sup>  |
| Fonte de variação |                       |              |          |          |                       |
|                   | Pr>Fc                 |              |          |          |                       |
| Espécie           | 0.0000*               |              |          |          |                       |
| CE                | 0.0000*               |              |          |          |                       |
| Espécie*CE        | 0.0000*               |              |          |          |                       |
| CV (%)            | 16.41                 |              |          |          |                       |

\*: Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\*ns: Não foram observadas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ).

Quando cultivados sem utilização de solução nutritiva (SSN), ervilha obteve maior CH em comparação às demais espécies. Menor CH foi obtido em repolho roxo, neste tratamento. Quando cultivados em SN1, beterraba, acelga e repolho roxo exibiram comprimentos menores,

semelhantemente entre si. Neste tratamento, ervilha permaneceu com maior CH entre as espécies. Em SN2, microverdes de repolho roxo tiveram maior CH (mas ainda inferior a ervilha), enquanto microverdes de beterraba e acelga com CH inferior. Em todos os tratamentos, microverdes de girassol tiveram comprimentos de hipocótilos intermediários em relação às demais espécies (Tabela 3).

Microverdes de beterraba e acelga não exibiram diferenças quanto ao CH em função dos tratamentos. Em repolho roxo observou-se maiores médias em SN2, em girassol observou-se maiores médias em SN2 e SN1 e em ervilha, maiores médias em SN1, enquanto SSN e SN2 tiveram médias menores e semelhantes (Tabela 3).

Microverdes com altura de hipocótilos superiores a 5 cm são mais desejáveis por facilitar a colheita. Entretanto, no presente experimento, a média obtida para acelga e beterraba ficaram abaixo deste valor (Tabela 3), como também ocorreu em outro estudo de Hernández-Adasme; Palma-Dias; Escalona (2023) para microverdes de beterraba.

A adubação pós-emergente com CE da solução nutritiva  $0,41 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  e pH de 6,56 aumentou a altura da parte aérea de microverdes de cinco espécies em comparação ao tratamento sem fertilizantes. A média das espécies estudadas foi de 5,90 cm no tratamento sem fertilizantes e 6,08 cm quando houve adubação (LI et al., 2021a).

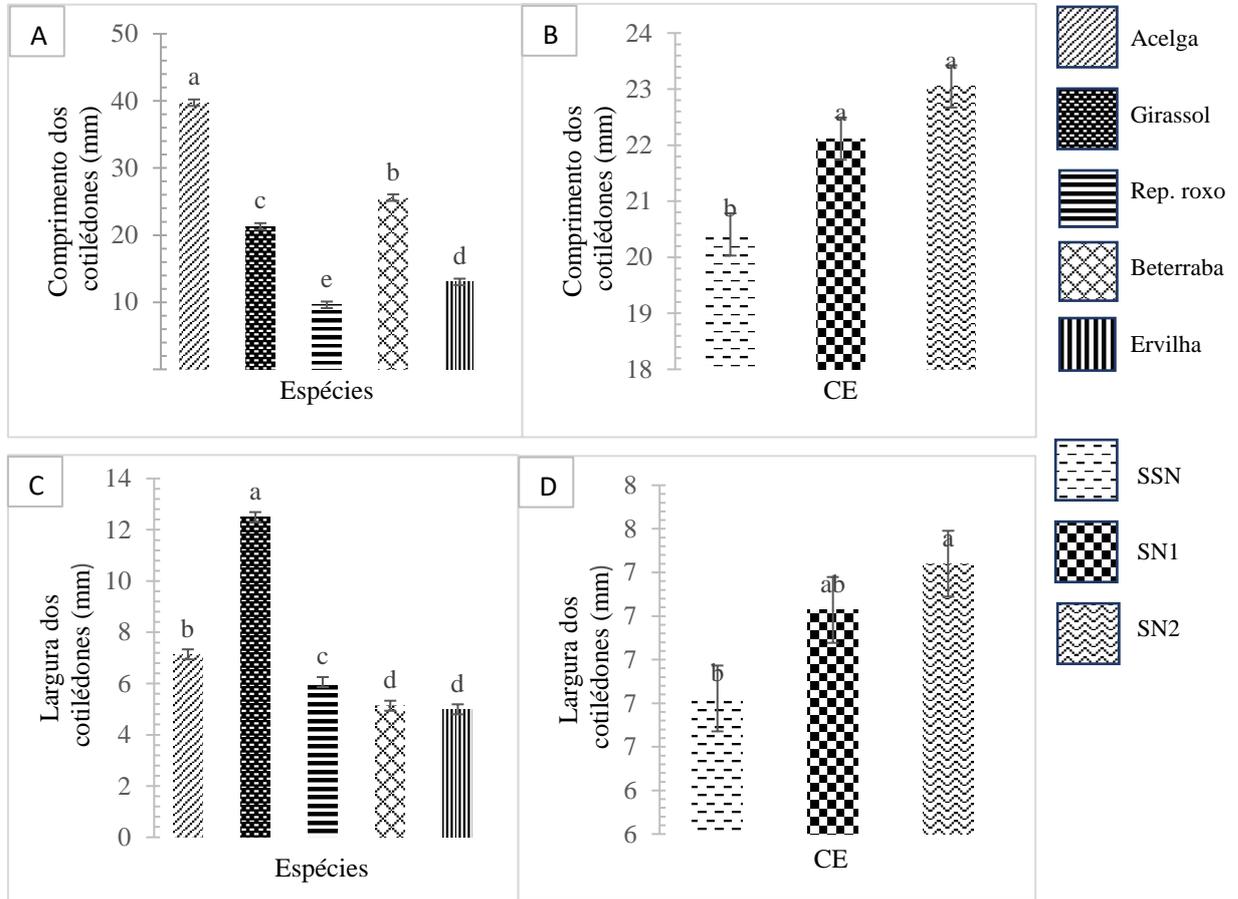
Em outro estudo conduzido em casa de vegetação, o comprimento médio de dez espécies de microverdes foi superior no tratamento que recebeu solução nutritiva com C.E. fixada em  $0,41 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  e pH fixado em 6,56 atingindo 5,7 cm, em relação ao tratamento controle, no qual continha apenas água, e atingiu 5,6 cm (LI et al, 2021b).

Em síntese, entre três espécies de microverdes em que foram observadas diferenças estatísticas significativas em relação à resposta da variável CH aos tratamentos de adubação, duas tiveram desempenho superior em SN1 e SN2 em relação ao tratamento SSN, que foram microverdes de repolho roxo e girassol. Em microverdes de ervilha, as médias de CH foram similares entre SSN e SN2, mas superior em SN1 (Tabela 3).

### **3.3 Comprimento e largura dos cotilédones**

Considerando-se apenas os efeitos principais da fonte de variação espécie, acelga obteve maior CC, enquanto girassol obteve maior LC. Microverdes de ervilha e beterraba obtiveram menores médias em LC (Figura 7A e 7C). Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação CE, SN1 e SN2 demonstraram superioridade na variável CC em comparação ao

tratamento SSN, bem como SN2 foi superior a SSN em relação à variável LC. A diminuição na variável LC foi de 8% quando não se utilizou adubação em relação ao tratamento SN2 (Figura 7B e 7D).



**Figura 7** – Comprimento dos cotilédones (CC) e de Largura dos cotilédones (LC) considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Comprimento dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Largura dos cotilédones (mm) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE.

Na Tabela 4 temos um resumo dos dados referentes à análise de variância para CC e LC. Pelo exposto, em ambas as variáveis houve efeito do fator espécie nas médias observadas. Para CC e LC, também se observou efeito do fator CE. Houve efeito da interação entre os dois fatores em CC, porém em LC isto não ocorreu.

Tabela 4. Comprimento dos cotilédones (CC) e Largura dos cotilédones (LC) (mm) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*\*.

| CC (mm)            |           | Espécies     |                       |                       |                       | LC (mm)    |                      | Espécies     |                       |                      |                      |
|--------------------|-----------|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|----------------------|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| CE                 | Beterraba | Repolho roxo | Girassol              | Ervilha               | Acelga                | CE         | Beterraba            | Repolho roxo | Girassol              | Ervilha              | Acelga               |
| SSN                | 20.995bC  | 8.006dB      | 19.920b <sup>ns</sup> | 12.913c <sup>ns</sup> | 40.206a <sup>ns</sup> | SSN        | 4.696c <sup>ns</sup> | 5.152cB      | 12.013a <sup>ns</sup> | 5.001c <sup>ns</sup> | 7.248b <sup>ns</sup> |
| SN1                | 25.171bB  | 9.841eAB     | 21.566c <sup>ns</sup> | 13.561d <sup>ns</sup> | 40.441a <sup>ns</sup> | SN1        | 5.279c <sup>ns</sup> | 6.224bcAB    | 12.461a <sup>ns</sup> | 5.101c <sup>ns</sup> | 7.078b <sup>ns</sup> |
| SN2                | 30.630bA  | 11.005dA     | 22.433c <sup>ns</sup> | 12.613d <sup>ns</sup> | 38.565a <sup>ns</sup> | SN2        | 5.426c <sup>ns</sup> | 6.794bA      | 13.006a <sup>ns</sup> | 4.880c <sup>ns</sup> | 7.092b <sup>ns</sup> |
| Fontes de variação |           |              |                       |                       |                       |            |                      |              |                       |                      |                      |
|                    | Pr > Fc   |              |                       |                       |                       |            | Pr > Fc              |              |                       |                      |                      |
| Espécie            | 0.0000    |              |                       |                       |                       | Espécie    | 0.0000               |              |                       |                      |                      |
| CE                 | 0.0000    |              |                       |                       |                       | CE****     | 0.0173               |              |                       |                      |                      |
| Espécie*CE         | 0.0000    |              |                       |                       |                       | Espécie*CE | 0.2336               |              |                       |                      |                      |
| CV (%)             | 9.45      |              |                       |                       |                       | CV (%)     | 11.59                |              |                       |                      |                      |

\*: Significativo a 5% de probabilidade (p<0,05) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey (p<0,05). ns: Não foram observadas diferenças estatísticas (p>0,05).

Quando cultivados sem a utilização de solução nutritiva, microverdes de acelga obtiveram maior CC, enquanto repolho roxo obteve menor CC. Neste mesmo tratamento, microverdes de girassol obtiveram maior LC, e beterraba, repolho roxo e ervilha obtiveram cotilédones com larguras semelhantes. Em SN1, acelga também possuiu maior CC e girassol maior LC. Entretanto, neste regime de adubação, microverdes de repolho roxo passaram a se assemelhar a acelga em LC, demonstrando médias superiores de LC quando comparados a beterraba e ervilha. A mesma situação se repetiu em SN2, entretanto, neste tratamento, microverdes de repolho roxo assemelharam-se a ervilha quanto às médias menores de CC em relação às demais espécies neste tratamento. Repolho roxo e acelga assemelharam-se quanto à LC (Tabela 4).

Apenas beterraba e repolho roxo diferiram em relação a CC nas distintas CE. Em ambas as espécies, SN2 proporcionou cotilédones mais compridos. Quanto à LC, observa-se que houve diferenças significativas apenas em microverdes de repolho roxo, que semelhantemente ao que ocorreu para CC, obteve cotilédones mais largos em SN2 (Tabela 4).

As dimensões cotiledonares estão relacionadas ao ponto de colheita, uma vez que os microverdes assim se caracterizam pela total expansão cotiledonar (XIAO et al., 2012) e plântulas com folhas cotiledonares mais expandidas são mais vistosas. Sabe-se que a área foliar está relacionada à quantidade de dias do ciclo, e apesar de comumente se utilizar a variável “comprimento dos hipocótilos” para o ponto de colheita, estudos têm mostrado que as dimensões cotiledonares também podem ser um indicativo (SENEVIRATHNE; GAMA-ARACHCHIGE; KARUNARATNE, 2019).

Em estudos de Keutgen et al. (2021), consumidores não treinados atribuíram notas em uma escala de 1 a 5 à aparência geral de cotilédones de microverdes de duas espécies (*Raphanus sativus* L. e *Lepidium sativum* L.) quando cultivados em solução nutritiva com diferentes concentrações, em comparação à água da torneira e água desmineralizada. As notas variaram entre 1,91 (água desmineralizada) a 3,63 (solução com maior concentração da solução nutritiva). A percepção de cotilédones mais atraentes pode estar relacionada ao seu maior tamanho.

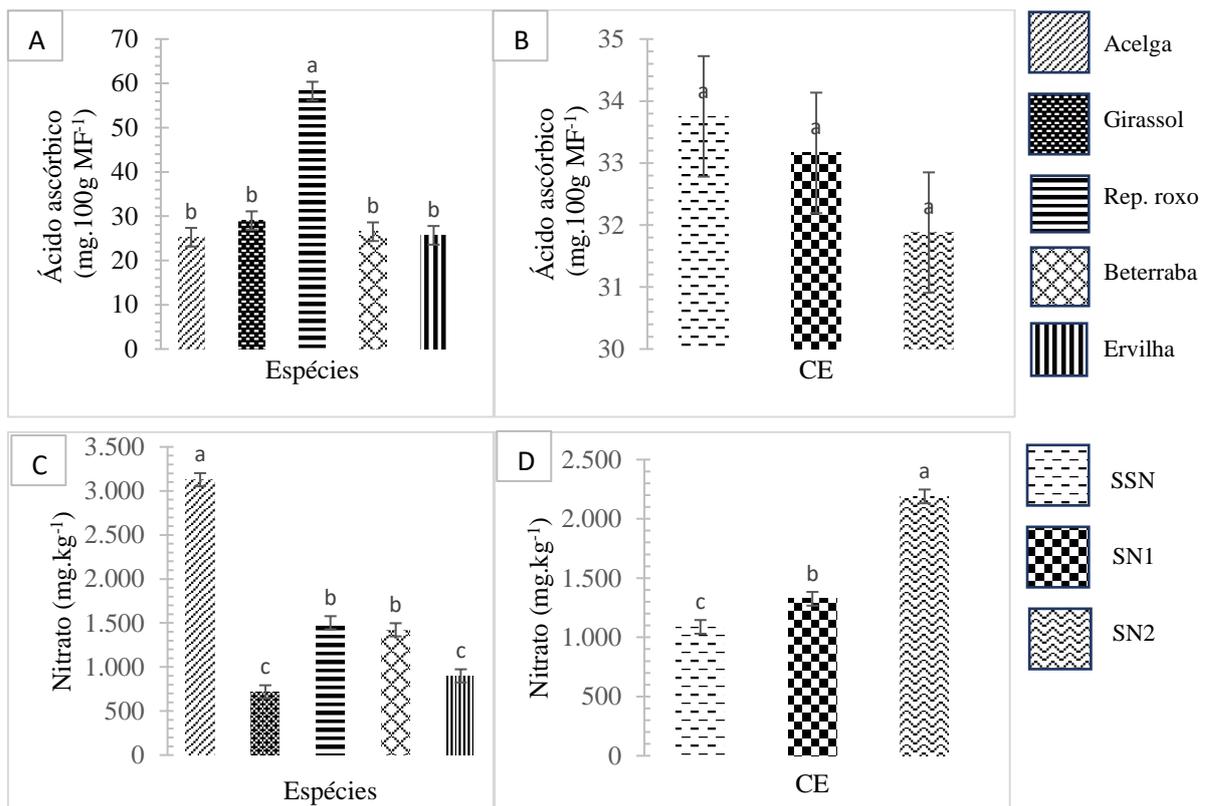
Di Bella et al. (2020) encontrou diferenças nas dimensões relacionadas a comprimento dos cotilédones em microverdes em três genótipos da mesma espécie (*Brassica oleracea* L.) cultivados sob as mesmas condições e ciclo.

Microverdes de dez espécies foram avaliados quanto à sua classificação visual. Metade das parcelas receberam um evento de adubação após a emergência. Significativa superioridade quanto à classificação visual foi relatada quando houve adubação em relação aos microverdes que não receberam adubação, em um dos dois ensaios (LI; LALK; BI, 2021).

No presente estudo a utilização de solução nutritiva impactou os resultados de CC – para microverdes de beterraba e repolho roxo – e de LC – apenas em microverdes de repolho roxo (Tabela 4). Em maior nível de condutividade elétrica, microverdes destas espécies tiveram cotilédones com maiores dimensões.

### 3.4 Teor de ácido ascórbico

Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação espécies, microverdes de repolho roxo apresentaram maior teor de AA e todas as demais espécies obtiveram dados semelhantes (Figura 8A).



**Figura 8.** Teores de ácido ascórbico (AA) e teores de nitrato (NO<sub>3</sub>-) de microverdes considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Ácido ascórbico (mg.100g MF<sup>-1</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Ácido ascórbico (mg.100g MF<sup>-1</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Teores de Nitrato (mg.kg<sup>-1</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Teores de Nitrato (mg.kg<sup>-1</sup>) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE.

Considerando-se os efeitos principais da fonte de variação CE, não foram verificadas diferenças entre o teor de ácido ascórbico entre os tratamentos de adubação (Figura 8B).

De acordo com a Tabela 5, pode-se observar que houve efeito da fonte de variação espécie no teor de AA. Porém, não houve efeito da CE no teor de AA. Ainda, observa-se que houve interação entre os dois fatores.

Tabela 5. Ácido ascórbico (AA) (mg.100g MF<sup>-1</sup>) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*\*.

| AA<br>(mg.100g<br>MF <sup>-1</sup> ) | Espécies |                        |              |                       |                       |                        |
|--------------------------------------|----------|------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                                      | CE       | Beterraba              | Repolho roxo | Girassol              | Ervilha               | Acelga                 |
| SSN                                  |          | 25.421b <sup>ns</sup>  | 65.056aA     | 25.581b <sup>ns</sup> | 28.580b <sup>ns</sup> | 24.126b <sup>ns</sup>  |
| SN1                                  |          | 26.001bc <sup>ns</sup> | 58.223aAB    | 32.456b <sup>ns</sup> | 23.685c <sup>ns</sup> | 25.453bc <sup>ns</sup> |
| SN2                                  |          | 28.060b <sup>ns</sup>  | 51.495aB     | 28.926b <sup>ns</sup> | 24.761b <sup>ns</sup> | 26.150b <sup>ns</sup>  |
| Fonte de variação                    |          |                        |              |                       |                       |                        |
|                                      |          | Pr > Fc                |              |                       |                       |                        |
| Espécie                              |          | 0.0000                 |              |                       |                       |                        |
| CE                                   |          | 0.3835                 |              |                       |                       |                        |
| Espécie*CE                           |          | 0.0027                 |              |                       |                       |                        |
| CV (%)                               |          | 16.18                  |              |                       |                       |                        |

\*: Significativo a 5% de probabilidade (p<0,05) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey (p<0,05). ns: Não foram observadas diferenças estatísticas (p>0.05).

Quando cultivados sem a utilização de solução nutritiva (SSN) ou com CE mais baixa (SN1) ou mais elevada (SN2) microverdes de repolho roxo obtiveram teores mais altos de AA que as demais espécies. Em seguida, em SN1, girassol obteve maior teor de AA, mas ainda inferior a repolho roxo, e ervilha obteve o menor teor (23,685 mg.100g MF). Em SN2,

semelhantemente a SSN, com exceção de repolho roxo, as demais espécies obtiveram médias semelhantes (Tabela 5).

Das cinco espécies avaliadas, apenas em microverdes de repolho roxo o teor de AA diferiu entre os tratamentos (Tabela 5), representante da família Brassicaceae, conhecida por possuir espécies com altos teores de compostos bioativos relevantes à saúde (MARCHIONI et al., 2021). Representantes da família Brassicaceae são conhecidas por conter altos teores de ácido ascórbico. Em especial, variedades roxas de repolho são conhecidas por conter maior teor de ácido ascórbico do que outras variedades (SINGH et al., 2006; LEJA et al., 2010). Isto está de acordo ao observado por Xiao et al. (2012), em que microverdes da mesma espécie foram superiores ao teor de ácido ascórbico total de 25 outras espécies.

De acordo com Rouphael, Kyriacou (2018) a aplicação efetiva de “estresse positivo” como privação de nutrientes ou salinidade reduzida pode levar ao acúmulo estratégico de metabólitos secundários de interesse, necessários para a adaptação a condições subótimas. Sabe-se que a produção de microverdes submete as plântulas a uma alta densidade de semeadura. Em especial, brássicas costumam ser semeadas a altas taxas de semeadura: bandejas de cultivo costumam ter valores aproximados de 1.500 cm<sup>2</sup>, e nestas condições mais de 2.000 sementes são necessárias (MCGEHEE et al., 2019).

Estresses abióticos como condições de alta luminosidade, falta de água, altas ou baixas temperaturas e injúrias mecânicas favorecem o fechamento estomático, aumentam a atividade da via fotorrespiratória, desequilibram a assimilação de CO<sub>2</sub> – o que por efeito em cadeia, desequilibra o transporte de elétrons, culminando na formação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e <sup>1</sup>O<sub>2</sub>, que juntamente com OH<sup>-</sup> são reativos a proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, danificando-os e causando morte celular. As plantas possuem mecanismos enzimáticos e não-enzimáticos para superar os estresses oxidativos. A biossíntese de ácido ascórbico é um dos mecanismos não-enzimáticos que aliviam estes danos oxidativos, assim como outros compostos como prolina, glutatona, carotenoides, flavonoides e tocoferóis (APEL; HIRT, 2004, FOYER; NOCTOR, 2009).

O ácido ascórbico, ou vitamina C é um metabólito secundário, cofator para o funcionamento de muitas enzimas, e possui a capacidade de neutralização, reparação de moléculas orgânicas oxidadas e regular processos fisiológicos como a tolerância a estresses. Genótipos que possuem quantidades endógenas mais altas destes compostos possuem maior tolerância a estresses abióticos (GODOY et al., 2021).

Em relação ao acúmulo de compostos bioativos com potencial de melhoria à saúde humana, outros trabalhos já haviam demonstrado que a aplicação de alguns tipos de estresse, como a privação de nutrientes, pode desencadear mecanismos fisiológicos nas plantas para que consigam superar as condições subótimas geradas pelo estresse aplicado. Neste sentido, já foram encontrados maiores teores de ácido ascórbico em microverdes de alface quando cultivados sem utilização de solução nutritiva ( $20,81 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$ ), em comparação ao tratamento com a utilização de solução de Hoagland ( $7,25 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$ ), bem como antocianinas (PANNICO et al., 2020). Microverdes de rúcula silvestre e repolho verde cultivados sem a utilização de solução nutritiva obtiveram teores superiores de ácido ascórbico em relação ao tratamento com aporte de nutrientes ( $246,3 \text{ mg.100 g}^{-1} \text{ MF}$  e  $286,5 \text{ mg.100 g}^{-1} \text{ MF}$ ). Para outra espécie, *Brassica oleracea* var. *gemmifera*, o tratamento com solução nutritiva teve maior acúmulo de ácido ascórbico (EL-NACKEL et al., 2021).

Para o incremento nos teores de ácido ascórbico, outros manejos agronômicos podem ser eficientes, como diferentes regimes de iluminação artificial (suplementar ou total) que podem trazer incremento para esta variável (SAMUOLIENÉ et al., 2012; BRAZAITYTE et al., 2016).

Portanto, os resultados do presente estudo estão em consonância com relatos anteriores. Repolho roxo é um representante da família Brassicaceae, que conhecidamente possui espécies com baixa quantidade de tecido de reservas na semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), e alto número de sementes por grama, o que ocasiona alta competição radicular pelos nutrientes presentes no tecido de reserva e pelos nutrientes presentes no substrato, configurando uma situação de estresse, o que pode ter favorecido um maior acúmulo do metabólito secundário ácido ascórbico no tratamento SSN (Tabela 5).

### **3.5 Teor de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )**

Considerando os efeitos principais do fator espécies, microverdes de acelga obtiveram maior acúmulo de nitrato (Figura 8C). Com relação aos efeitos principais da fonte de variação nível de CE, a adição de nutrientes na solução nutritiva também contribuiu para o aumento do acúmulo de nitrato, como se observa em SN1 e SN2 (Figura 8D).

Podemos observar que todos os fatores foram significativos no teor de nitratos encontrados em microverdes das cinco espécies avaliadas (Tabela 6).

Tabela 6. Teor de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2  $\text{dS m}^{-1}$  e pH 6,4 (SSN); 0,6  $\text{dS m}^{-1}$  e pH 5,5 (SN1); 1,2  $\text{dS m}^{-1}$  e pH 5,5 (SN2)\*\*.

| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Espécies |            |              |            |            |            |
|--|----------|------------|--------------|------------|------------|------------|
|  | CE       | Beterraba  | Repolho roxo | Girassol   | Ervilha    | Acelga     |
| SSN  |          | 476.666cC  | 480.000cC    | 433.333cB  | 1216.666bA | 2833.333aB |
| SN1  |          | 1341.666bB | 1428.333bB   | 626.666cB  | 961.666bcA | 2266.666aC |
| SN2  |          | 2450.000bA | 2600.000bA   | 1093.333cA | 520.000dB  | 4283.333aA |
| Fonte de variação                                      |          |            |              |            |            |            |
|  | Pr > Fc  |            |              |            |            |            |
| Espécie  | 0.0000*  |            |              |            |            |            |
| CE   | 0.0000*  |            |              |            |            |            |
| Espécie*CE   | 0.0000*  |            |              |            |            |            |
| CV (%)   | 20.71    |            |              |            |            |            |

\*: Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Sabe-se que o alto acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  em plantas é um potencial fator de risco à saúde humana devido à carcinogenicidade conhecida dos N-nitrosocompostos. Portanto, a exposição a esses compostos nos alimentos deve ser minimizada (WALKER, 1990). Apesar de não haver legislação específica para esta finalidade no Brasil, comumente adota-se o valor estabelecido pela OMS como valor admissível, que corresponde à dose diária de  $3,65 \text{mg.kg}^{-1}$  de íon nitrato por quilograma de peso corpóreo (WHO, 2004). Ainda, visto que as condições climáticas exercem forte influência nos teores de nitrato em produtos hortícolas, a Comunidade Europeia estabeleceu dois valores baseados nas condições de verão e inverno. Estes valores são usualmente aceitos no Brasil, entretanto dispõem apenas sobre *Lactuca sativa* e *Spinacia oleracea*. Para tal, os valores variam entre 2.000 e  $4.500 \text{mg.kg}^{-1}$ .

A adição de nutrientes na solução nutritiva, bem como sua utilização em maior nível de CE, ocasionou o aumento do acúmulo de nitratos em microverdes de beterraba, repolho roxo e girassol. Em microverdes de acelga, o tratamento SSN demonstrou maior acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  do que SN1, porém em SN2 o acúmulo foi 51% superior em relação ao tratamento sem adição de nutrientes (Tabela 6). Isso não foi observado para microverdes de ervilha, o que confirma o exposto por Kyriacou et al. (2019), de que a capacidade de acumulação de nitrato em microverdes pode estar sujeita a considerável variabilidade genética.

Todas as médias encontradas estariam acima da dose diária admissível recomendada pela OMS para uma pessoa adulta de 60 kg (Tabela 06), segundo os valores preconizados pela Comunidade Europeia para as culturas de alface e espinafre. Porém, considerando uma ingestão diária de 10g de microverdes de acelgas tratadas em SN2 por um adulto de 60 kg, 42,83 mg seriam consumidos, o que significa 19% do limite máximo aceitável para um adulto por este peso corpóreo. Embalagens comerciais contendo entre 20 e 60 gramas são a forma de apresentação mais comum para estes produtos no Brasil.

A redução de nitrato a amônio é mediada por duas enzimas: nitrato redutase e nitrito redutase. A maioria das plantas possuem dois genes codificadores da nitrato redutase, enquanto possuem apenas um gene que codifica a nitrito redutase. A expressão dos genes envolvidos é forte e a ativação da nitrato redutase é rapidamente induzida pela adição de nitrato. Como o nitrito é tóxico para as plantas, a atividade da nitrato redutase é regulada por vários mecanismos como a degradação e inativação reversível, entre outros (Hawkesford et al., 2012). Na maioria das espécies de plantas, tanto as raízes quanto a parte aérea são capazes de reduzir o nitrato, e a proporção de redução em cada local é dependente do nível de suprimento de nitrato, espécie e estágio fenológico. Em geral, com o aumento da oferta de nitrato, a capacidade de redução de nitrato nas raízes é limitada, sendo necessário o transporte do nitrato para a parte aérea, ao contrário do que ocorre em situação de baixo suprimento de nitratos, em que a redução ocorre nas raízes (Hawkesford et al., 2012).

Nas plantas superiores existem dois tipos de transportadores envolvidos na absorção de nitrato pelas raízes, pertencentes às famílias NRT1 e NRT2. Os níveis de fosforilação e desfosforilação destes transportadores estão relacionados às mudanças nas concentrações externas de nitrato. Os membros da família NRT2 mediam transportes de alta afinidade (quando as concentrações externas de nitrato são menores que 0,5mM). Uma característica do transportador AtNRT2.1 (principal componente da família NRT2) é o padrão diurno, com maior absorção de nitrato durante o dia (Hawkesford et al., 2012).

O maior acúmulo de nitrato em microverdes de beterraba, repolho roxo, acelga e girassol na presença de adubação provavelmente relaciona-se com o transporte de  $\text{NO}_3^-$  para a parte aérea em razão da limitada capacidade de redução do nitrato nas raízes destas espécie quando em maior oferta.

Anteriormente, Munekata et al. (2021) revisaram acerca dos altos teores de nitrato em variedades de *Beta vulgaris* (acelga, beterraba). Em acelga, os valores revisados variaram entre 0 e 9.093 (no verão)  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF e 967–5.999  $\text{mg.kg}^{-1}$  no inverno (MENAL-PUEY; ASENSIO, 2015). Em beterraba, os valores variaram entre 8 e 4.626 (WRUSS et al., 2015)  $\text{mg.kg}^{-1}$  em folhas maduras. Os altos valores de nitrato em variedades de *Beta vulgaris* L. têm potencial para serem explorados estrategicamente como ingrediente natural no processamento de produtos cárneos curados.

Kolota, Adamczewska-Sowinska, Balbierz (2017) obtiveram dados que demonstram que o aumento da dosagem de N de 100 para 200  $\text{kg.ha}^{-1}$  culminou em um incremento significativo no acúmulo de nitrato em *Beta vulgaris* L. em plantas cultivadas até o estágio maduro, independentemente do fertilizante utilizado. Também se percebeu que o acúmulo de nitrato nos pecíolos é quase 2 vezes superior aos tecidos foliares. Em outro estudo, folhas de acelga maduras tiveram teor de nitrato médio de 1.597  $\text{mg.kg}^{-1}$  (PARDO-MARÍN et al., 2010). Outro relato indica teores de nitrato mais altos em acelga do que em beterraba, que são botanicamente classificadas como variedades distintas da mesma espécie. Em estudos recentes, Schopfer et al. (2022) identificou teores iniciais de nitrato presente no extrato vegetal de 2.300  $\text{mg.kg}^{-1}$  para a beterraba e 20.100  $\text{mg.kg}^{-1}$  para a acelga, ambas em estágio maduro. Para microverdes de acelga, em contraposição, o dado relatado é de 1.061  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF (BULGARI et al., 2017).

Em folhas de acelga maduras cultivadas em substrato com proporção 3:1:1 de turfa, vermiculita e perlita, sob razões de  $\text{NH}_4:\text{NO}_3$  de 0:100, 50:50 e 100:0. foram relatados teores de 3.809  $\text{mg.kg}^{-1}$  na proporção  $\text{NH}_4:\text{NO}_3$  0:100 e 4.422  $\text{mg.kg}^{-1}$  na proporção  $\text{NH}_4:\text{NO}_3$  50:50 (SANTAMARIA et al., 1999), com valores expressos com base na matéria seca. Estes dados demonstram a característica da espécie em acumular altos teores de nitrato.

Relatos descrevem médias de nitratos em microverdes de coentro que variaram entre 186,5  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF a 980,6  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF em função de distintos substratos e condutividades elétricas. No geral, a concentração de nitrato no estudo foi maior em *pak choi* (601,6  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF) e couve-rábano (500,1  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF) do que em microverdes de coentro (398,5  $\text{mg.kg}^{-1}$

MF). Segundo os autores, estes dados confirmam a tendência de membros da família Brassicaceae a ter maior acúmulo de nitratos, tanto em microverdes como em suas contrapartes maduras (KYRIACOU et al., 2020).

Estudos de Kaigorodova et al. (2022) relatam teores de  $\text{NO}_3^-$  de  $127 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  MF para microverdes de ervilha, equivalentes a  $1.270 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF, valores comparáveis à média de SSN aqui exposta.

A privação de nutrientes durante 6 ou 12 dias antes da colheita demonstrou ser eficiente quanto à redução de  $\text{NO}_3^-$  acumulado em microverdes de alface, mostarda e rúcula, em comparação com microverdes das mesmas espécies que tiveram oferta de nutrientes na solução. O teor encontrado para microverdes de rúcula que não receberam privação de nutrientes foi de  $2.437,09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF, em contrapartida, com a privação de 12 dias o teor de  $\text{NO}_3^-$  encontrado nesta espécie foi de  $235,74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF. Segundo os mesmos autores, a estratégia de privação de nutrientes pode agir sob duplo efeito: reduzir a concentração de nitratos e modular a composição e a concentração de metabólitos secundários aumentando a quantidade de compostos bioativos (KYRIACOU et al., 2021).

Quando irrigadas apenas em solução com água destilada, microverdes de couve-de-bruxelas, repolho verde e rúcula silvestre obtiveram teores de nitrato, respectivamente, 97, 226 e 118 vezes inferiores ( $3,94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF em comparação a  $384,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF para couve-de-bruxelas,  $1,75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF em comparação a  $396,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF para repolho verde e  $4,54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF em comparação a  $536,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  MF para rúcula silvestre) do que parcelas que receberam aporte de nutrientes por meio de solução nutritiva Hoagland com  $\frac{1}{4}$  de força (EL-NAKHEL et al, 2021).

De forma muito semelhante ao que ocorreu no presente experimento, mudas de ervilha tiveram a absorção líquida de nitrato duas vezes inferior quando a presença de N foi superior, comparado com um meio sem a presença de N. Em plântulas inoculadas com *Rhizobium leguminosarum* houve mais de 50% de estimulação na absorção de nitrato em relação às plântulas não inoculadas. Em plântulas inoculadas ou não inoculadas, os níveis de nitrato foram respectivamente  $3,07 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  e  $2,12 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ , considerados teores baixos, sem riscos potenciais. Concluiu-se que mudas de ervilha são bem adaptadas para se desenvolverem em condições de escassez de nutrientes, tendo uma taxa insignificante de efluxo de  $\text{NO}_3^-$  das raízes se a concentração de nitrato externa permanecer baixa (DEANE-DRUMMOND, 1985).

Neste estudo, apenas o tecido referente à parte aérea foi avaliado. Segundo Marshner (2012) existe um padrão geral entre as espécies de plantas quanto à proporção de atividade da nitrato redutase nas raízes e parte aérea: em leguminosas de inverno, a maior parte do nitrato é reduzida nas raízes quando a concentração externa é baixa. O baixo fornecimento de nitrato na solução pode ter ocasionado o armazenamento deste nutriente nos vacúolos. Ainda segundo Hawkesford et al. (2012) o nitrato armazenado nos vacúolos pode ser um reservatório de N em situações de escassez do suprimento externo. Ainda, como anteriormente comentado, a ativação da nitrato redutase é rapidamente induzida pela adição de nitrato, o que pode ter ocorrido em microverdes de ervilha cultivados em SN1 e SN2 (Tabela 6).

O motivo pelo qual os teores encontrados em SN1 e SN2 foram mais baixos, ao contrário das demais espécies, pode estar relacionado à uma resposta específica de espécies leguminosas de acumular maior teor de nitrato na parte aérea em situação de estresse nutricional.

Enquanto espécies como espinafre, alface, brócolis, repolho, aipo, rabanete, beterraba, etc. possuem tendência de acumular nitratos, plantas de espécies como cenoura, couve-flor, vagens, ervilhas e batatas raramente acumulam nitratos (PARDO-MARÍN et al., 2010). Sabe-se que em meios que contêm nitratos em alta concentração há inibição da infecção, nodulação e fixação de N<sub>2</sub> por leguminosas. A competição por carbono e energia durante a redução de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N<sub>2</sub> em plantas da família Fabaceae pode ser significativa para que isto ocorra (FEENSTRA et al., 1982; DEANE-DRUMMOND, CHAFFEY, 1985).

Outra explicação para o baixo acúmulo de nitratos em tecidos vegetais de *Pisum sativum* na presença de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> externo foi proposta, e teria relação com a dinâmica de efluxo do íon que se igualaria ao influxo, como um padrão por plantas de ervilha não inoculadas cultivadas sem limitação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> externo. Durante períodos em que a absorção líquida de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é zero, efluxo e influxo do íon são equivalentes. Quando na privação de nutrientes, há um maior influxo, que parece não estar relacionado à concentração externa do meio, mas sim devido à concentração inicial (DEANE-DRUMMOND, CHAFFEY, 1985), como um mecanismo de adaptação à situações de escassez nutricional e ausência de bactérias fixadoras de nitrogênio.

A duração da fase clara pode interferir na absorção de nitratos em microverdes. Neste estudo, especificamente *Pisum sativum* L. atingiu o ponto de colheita em ciclo mais curto que as demais espécies avaliadas. O curto período de exposição à luz na produção de microverdes é uma característica específica destes produtos, e que está diretamente relacionada à atividade de membros das famílias de transportadores de nitrato, mais especificamente AtNRT-2.1

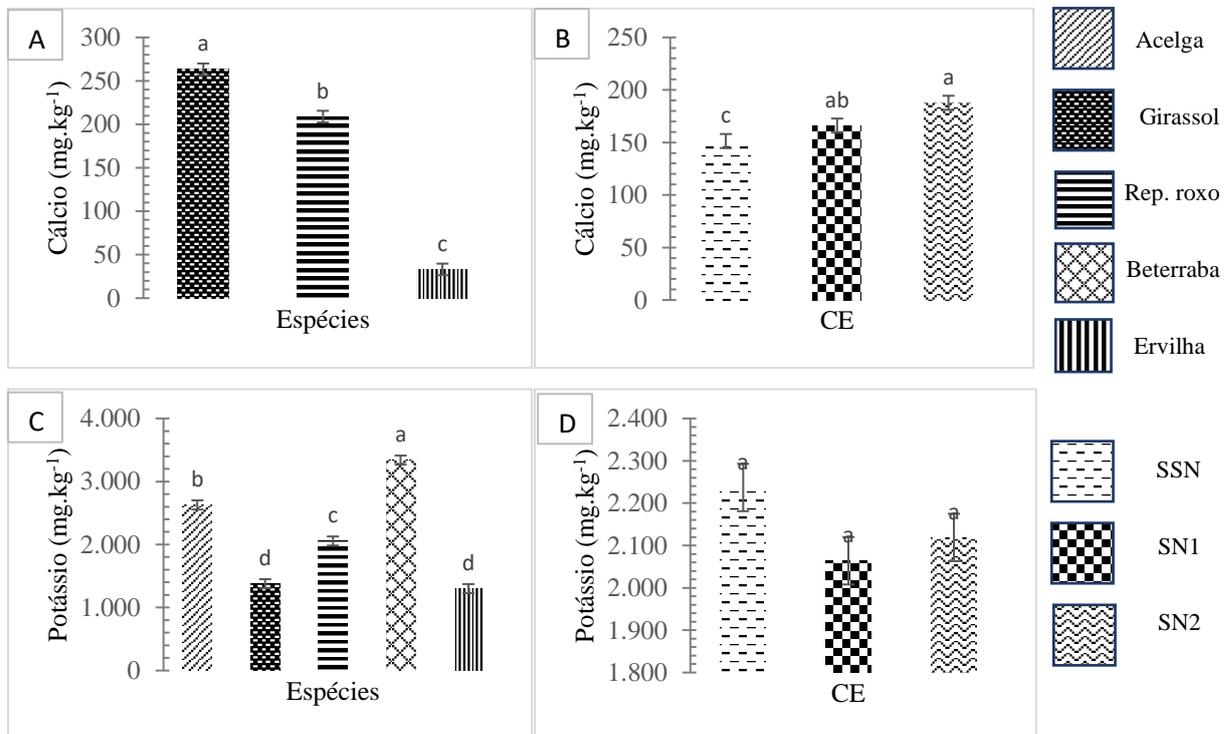
(Hawkesford et al., 2012), que é o mediador do transporte de alta afinidade (quando a concentração de nitrato do meio externo é inferior a 0,5mM) do meio externo para o interior das plantas, através da membrana plasmática radiculares (MASCHNER, 2012). Em situação de curto período de exposição à luz, há, portanto, menor absorção de nitrato quando a concentração do meio externo é baixa.

Mais estudos devem ser realizados para observação da absorção e acúmulo de nitrato em microverdes de ervilha, sob diferentes níveis de CE na solução nutritiva. Estes estudos devem avaliar a atividade das enzimas nitrato redutase e nitrito redutase, para avaliação nas análises levantadas no presente estudo, bem como avaliar o efeito da adubação na infecção e nodulação de bactérias fixadoras de N.

No presente estudo verificou-se que todas as espécies estudadas demonstraram diferenças no acúmulo de nitrato nos três tratamentos em que foram cultivadas (SSN, SN1 e SN2), havendo uma tendência de haver maior acúmulo de nitrato em razão do maior nível da CE cedida pela solução na água de irrigação, com exceção de *Pisum sativum* L (Tabela 6). Possivelmente, quando o maior acúmulo de nitrato ocorreu sob maior nível de CE, limitou-se a capacidade de redução de nitrato nas raízes e houve o transporte de nitrato para a parte aérea, das células da raiz para o xilema (Hawkesford et al., 2012).

### 3.6 Teor de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ )

Considerando os efeitos principais da fonte de variação espécie, microverdes de girassol demonstraram maiores médias de  $\text{Ca}^{2+}$  (7,9 vezes superior à ervilha), enquanto repolho roxo esteve logo em seguida. Os menores teores foram atribuídos a microverdes de ervilha, com média 6,3 vezes menor a repolho roxo. Houve insucesso na aferição de  $\text{Ca}^{2+}$  em microverdes de acelga e beterraba, com indicação de valor abaixo do intervalo de exibição do equipamento (Figura 9A). Microverdes de beterraba obtiveram os teores mais altos de potássio, enquanto ervilha obteve teores médios 61% menores que beterraba, em semelhança a girassol (Figura 9C). Considerando os efeitos principais da fonte de variação C.E., a solução em maior CE (SN2) ocasionou maiores teores de cálcio (Figura 9B). Quanto ao potássio, nenhuma variação foi observada entre os tratamentos (Figura 9D).



**Figura 9.** Teores de Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Teores de Potássio ( $\text{K}^+$ ) de microverdes considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie; CE. A) Teores de Cálcio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. B) Teores de Cálcio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE. C) Teores de Potássio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: espécie. D) Teores de Potássio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de microverdes das espécies avaliadas considerando os efeitos principais das fontes de variação: CE.

Tabela 7. Teor de Cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e Teor de Potássio (K<sup>+</sup>) (mg.kg<sup>-1</sup> MF) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2)\*\*

| Ca <sup>2+</sup><br>mg.kg <sup>-1</sup> MF | Espécies  |                        |                       | K <sup>+</sup><br>mg.kg <sup>-1</sup> MF | Espécies                |                         |             |                         |            |
|--|-----------|------------------------|-----------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
|  | CE        | Repolho roxo           | Girassol              |  | Ervilha                 | CE                      | Beterraba   | Repolho roxo            | Girassol   |
| SSN  | 143.333bC | 280.000a <sup>ns</sup> | 30.833c <sup>ns</sup> | SSN                                      | 3466.666a <sup>ns</sup> | 2016.666c <sup>ns</sup> | 1635.000cdA | 1283.333d <sup>ns</sup> | 2783.333bA |
| SN1  | 205.000bB | 258.333a <sup>ns</sup> | 35.000c <sup>ns</sup> | SN1                                      | 3383.333a <sup>ns</sup> | 2083.333b <sup>ns</sup> | 1286.666cAB | 1433.333c <sup>ns</sup> | 2133.333bB |
| SN2  | 278.333aA | 251.666a <sup>ns</sup> | 33.333b <sup>ns</sup> | SN2                                      | 3166.666a <sup>ns</sup> | 2066.666b <sup>ns</sup> | 1211.666cB  | 1183.333c <sup>ns</sup> | 2966.666aA |
| Fonte de variação                          |           |                        |                       |  | Fonte de variação       |                         |             |                         |            |
| Pr > Fc                                    |           |                        |                       |  | Pr > Fc                 |                         |             |                         |            |
| Espécie                                    | 0.0000*   |                        |                       | Espécie                                  | 0.0000*                 |                         |             |                         |            |
| CE   | 0.0015*   |                        |                       | CE                                       | 0.0890                  |                         |             |                         |            |
| Espécie*CE                                 | 0.0000*   |                        |                       | Espécie*CE                               | 0.0007*                 |                         |             |                         |            |
| CV (%)                                     | 16.82     |                        |                       | CV (%)                                   | 14.31                   |                         |             |                         |            |

\*: Significativo a 5% de probabilidade (p<0,05) pelo teste F. \*\*Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas ou maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si, de acordo com teste Tukey (p<0,05). \*\*ns: Não foram observadas diferenças estatísticas (p>0,05).

Na tabela 07 podemos observar dados resumidos da Análise de variância referentes aos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ). Observa-se que houve variação em todos os fatores e na interação entre os fatores.

Grande variabilidade foi encontrada nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  (30,833 a 280  $\text{mg.kg}^{-1}$ ) e  $\text{K}^+$  (1.183 a 3.466  $\text{mg.kg}^{-1}$ ).

Tanto em SSN quanto em SN1, microverdes de girassol obtiveram maiores teores de  $\text{Ca}^{2+}$ , enquanto ervilha obteve teor nove vezes inferior. Em SN2, microverdes de repolho roxo e girassol obtiveram médias semelhantes em relação ao teor de cálcio, enquanto ervilha obteve menor média. Somente em repolho roxo foram encontradas diferenças entre os tratamentos, com maior acúmulo de  $\text{Ca}^{2+}$  no tratamento SN2, enquanto a menor média ocorreu em SSN (Tabela 7).

Em relação ao teor de  $\text{K}^+$ , em todos os tratamentos as maiores médias ocorreram em microverdes de beterraba. Em SN2 o teor de potássio em acelga assemelhou-se. Microverdes de ervilha obtiveram menores teores em todos os tratamentos, mas em SN1 e SN2, girassol obteve teores semelhantes. Diferenças entre os tratamentos foram encontradas apenas em acelga e girassol. Microverdes de acelga obtiveram maiores teores em SSN e SN2, enquanto girassol obteve maior teores em SSN e menor em SN2 (Tabela 7).

Renna et al. (2018) avaliou microverdes de três genótipos (duas variedades de chicória e uma variedade de alface) cultivados em distintos níveis de  $\text{K}^+$  no regime de adubação, e observou que 100 g de microverdes cultivados sem  $\text{K}^+$  ou com baixos níveis de  $\text{K}^+$ , forneceriam cerca de 7,7 a 8,6% da ingestão diária de  $\text{K}^+$  recomendada para pacientes afetados por doença renal crônica. Quando cultivados usando uma concentração superior de  $\text{K}^+$  na solução nutritiva, 100 g de os microverdes forneceriam cerca de 15,8–16,5% do recomendado. Foi observado que o fator genótipo não foi significativo, mas sim as concentrações de potássio na solução nutritiva, e maiores concentrações resultaram em maior teor de  $\text{K}^+$  nos microverdes avaliados.

Li, Lark, Bi (2021) observou que um evento de adubação aumentou teores de macro e micronutrientes em microverdes de dez espécies, porém houve diminuição no teor de  $\text{Ca}^{2+}$ , o que segundo os autores pode ter sido ocasionado pela ausência do nutriente no fertilizante utilizado. Em outro relato, o mesmo ocorreu em microverdes de espinafre: quando cultivados sem adubação, microverdes acumularam 147  $\text{mg.kg}^{-1}$  MF de cálcio. Quando cultivados em 5 e 10 dias de fornecimento da solução nutritiva, os teores foram, respectivamente 115 e 95,6

mg.kg<sup>-1</sup> MF (PETROUPOULOS et al, 2021). Nas avaliações de Renna et al. (2018) quando na maior concentração de K<sup>+</sup> na solução nutritiva (117 mg.L<sup>-1</sup>), o decréscimo no teor de Ca<sup>2+</sup> foi de 50,41% em relação ao tratamento sem adição de K<sup>+</sup>.

Aumento de Ca<sup>2+</sup> no conteúdo celular foi verificado por Kou et al. (2014) em microverdes de brócolis cultivados com a pulverização diária pré-colheita, por 10 dias, de solução contendo CaCl<sub>2</sub> a 10mM. Comparado a tratamento controle o teor de Ca foi de aproximadamente 300 mg.kg<sup>-1</sup> para aproximadamente 900 mg.kg<sup>-1</sup>.

Teores de Ca<sup>2+</sup> em microverdes de girassol de 90,8 mg.100g<sup>-1</sup> MF são entre três a quatro vezes superiores ao encontrado no presente estudo (GHOORA et al, 2020). Johnson (2021) também relatou teores maiores de Ca<sup>2+</sup> em microverdes de repolho roxo do que ervilha.

Em *Beta vulgaris* L. (acelga e beterraba) o teor de Ca<sup>2+</sup> esteve abaixo da capacidade de leitura do equipamento LAQUAtwin *compact calcium ion meter* (Horiba®) calibrado com soluções-padrão de cálcio. A seiva da planta usualmente contém apenas traços das substâncias pecticas (ou seja, materiais que contem ácidos poligalacturônico em sua composição) dissolvidas (MCCREADY, 1970). Mostafa and Ulrich (1976) observaram que em plantas jovens de beterraba sacarina, 27 e 19% do total de Ca estavam disponíveis na forma solúvel em água quando o suprimento deste nutriente foi de respectivamente 0,33 e 5mM. Em contrapartida, quando o suprimento de Ca foi mais baixo, 51% de Ca total estava ligado como pectatos na parede celular, e quando o suprimento foi inferior, 31% de Ca total também estava nesta forma de ligação, o que pode explicar o baixo teor de Ca<sup>2+</sup> no extrato dos tecidos.

Poucos estudos avaliaram o teor de pectatos em microverdes, Wojdyło et al. (2020) observou baixos teores de pectinas em distintas espécies de brotos e microverdes, os quais incluíam beterraba e ervilha. Para haver a quebra de pectatos de cálcio em pectinas, as enzimas poligalacturonase e polimetilgalacturonase são necessárias (JAYANI, SAXENA, GUPTA, 2005; PAIVA, LIMA, PAIXÃO, 2009).

Sais de oxalato solúveis podem estar ligadas ao Ca<sup>2+</sup>. Simpson et al (2009) observou que folhas cruas de acelga continham 20% do total de Ca<sup>2+</sup> ligado a oxalatos solúveis. Wojdyło et al. (2020) observou teores altos de ácido oxálico em microverdes: especificamente, em microverdes de beterraba os teores obtidos foram de 13,4 mg.100g<sup>-1</sup> MF, o que segundo os autores pode ter sido ocasionado por tratamentos pós-colheita, já que o material vegetal foi obtido do comércio local. Entretanto, vários outros trabalhos já haviam relatado altos teores de ácido oxálico nesta espécie, como revisado por Simpson et al., 2009. A ligação do oxalato

solúvel ao cálcio é desejável, pois quando isto ocorre, há a formação de oxalato de cálcio insolúvel,  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , que resulta na indisponibilidade do mineral e na inibição da absorção do íon oxalato. Uma dieta rica em oxalatos solúveis é amplamente conhecida por estar associada a um risco aumentado de desenvolver cálculos renais, porém após o consumo, os sais insolúveis de oxalato passam em grande parte pelo trato digestivo de humanos sem serem absorvidos e são degradados por bactérias degradadoras de oxalato ou excretados (SIMPSON et al., 2009).

Segundo classificação de Hawkesford et al. (2012), Kinzel (1982) e White (2005) as plantas superiores podem ser classificadas em três fisiotipos quanto à nutrição de cálcio: calciotróficos, plantas de oxalato e plantas de potássio. Os calciotróficos contêm altas concentrações de cálcio solúvel em água nos vacúolos e o acúmulo deste nutriente é fortemente estimulado pelo aumento do suprimento de Ca. As plantas de oxalato podem possuir cristais de oxalato ou oxalato solúvel em seus vacúolos. O incremento no suprimento de cálcio ocasiona o incremento deste nutriente em plantas que precipitam Ca-oxalatos, mas o mesmo não ocorre em plantas que possuem oxalatos solúveis nos vacúolos. As plantas de potássio possuem uma alta relação K:Ca em seus tecidos e baixa quantidade de cálcio solúvel.

A Figura 9 nos permite observar que considerando os efeitos principais da fonte de variação espécie, microverdes de beterraba foram superiores aos demais em relação ao teor de potássio. Em seguida, acelga foi inferior apenas à beterraba nesta variável, o que sugere haver uma alta relação K:Ca em microverdes de beterraba e acelga (ambos *Beta vulgaris*), o que os classificaria como plantas de potássio.

Entretanto, segundo Hawkesford et al. (2012) em células de tecidos totalmente expandidos (como no caso das folhas cotiledonares) existem áreas e compartimentos distintos com alta ou baixíssima distribuição de cálcio, de forma que altas concentrações são encontradas na lamela média das paredes celulares, na superfície externa da membrana plasmática, no retículo endoplasmático e no vacúolo, e há baixa concentração de cálcio livre no citosol. Esta baixa concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  é importante para evitar a precipitação de fósforo inorgânico (Pi), pela competição com  $\text{Mg}^{2+}$  por sítios de ligação, entre outros fatores. Além disso, Simpson et al. (2009) verificou que grande parte de oxalatos presentes em *Beta vulgaris* L. var. *cicla* são solúveis. Os dados observados na Tabela 07 estão de acordo com o comportamento esperado para plantas de oxalato, com maior teor de oxalatos solúveis, quando há o suprimento com fertilizantes contendo  $\text{Ca}^{2+}$  (HAWKESFORD et al. 2012; KINZEL, 1982; WHITE, 2005).

Dessa forma, mais estudos são necessários acerca da nutrição de cálcio e formas de ligação deste macronutriente em microverdes de *Beta vulgaris* L., de forma a obter uma melhor compreensão sobre o seu comportamento em resposta à adubação, bem como biodisponibilidade a humanos. A avaliação de compostos antinutrientes como oxalatos é necessária, de forma a mitigar riscos à saúde humana.

Cálcio e potássio são dois dos 14 elementos inorgânicos requeridos pelas plantas para completar o seu ciclo de vida, classificados como macronutrientes devido à sua concentração na matéria seca das plantas (VAN MAARSCHALKERWEERD; HUSTED, 2015). Suas funções no metabolismo vegetal são respectivamente, relacionadas à estruturação e estabilização das membranas, paredes celulares e citoesqueleto e sinalização ( $\text{Ca}^{2+}$ ), e regulação osmótica, fornecimento de turgor para o crescimento vegetal, regulação da abertura estomática, atuação no balanço cátion-aniônico, e estabilização na ligação com biomoléculas (DE BANG et al. 2021). Estes elementos possuem importância para a saúde humana, uma vez que são obtidos de fontes alimentares (MARTINEZ-BALLESTA et al., 2010).

O cálcio é um elemento frequentemente relacionado com a qualidade dos produtos hortícolas, devido ao seu elevado valor na saúde (ROSALES et al., 2009). A IDR de cálcio para adultos equivale a 1000 mg (ANVISA, 2005). Bulgari et al (2017) observou que microverdes de rúcula, manjerição e acelga podem ser considerados como fontes escassas neste nutriente, levando em consideração que o consumo de microverdes tende a ocorrer em baixas quantidades. Segundo Poneros e Erdman Junior (1989) a biodisponibilidade de cálcio em alimentos de origem vegetal com teores de ácido oxálico é inferior a de derivados do leite, pois há a inibição da absorção do nutriente pela formação de sais insolúveis de oxalato de cálcio no intestino delgado.

Em comparação com outros minerais, a absorção de  $\text{Ca}^{2+}$  pelo corpo é insuficiente. Apenas 25 a 30% do  $\text{Ca}^{2+}$  é absorvido pelo nosso organismo. Íons de cálcio desempenham papéis importantes nos processos metabólicos humanos, além do nutriente ser de fundamental importância para a densidade óssea (BALAMI; SHARMA; KARN, 2019).

De acordo com os dados fornecidos pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), 150 e 180  $\text{mg.kg}^{-1}$  foram os valores reportados para o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  em beterraba cozida e crua, respectivamente. 430  $\text{mg.kg}^{-1}$  foi o valor relatado para acelga em estádio convencional, consumida na forma crua, 240  $\text{mg.kg}^{-1}$  para vagens de ervilha e 220  $\text{mg.kg}^{-1}$  para a forma enlatada e drenada. 440 e 430  $\text{mg.kg}^{-1}$  foram, respectivamente, os valores obtidos para repolho

roxo em estágio maduro quando cru e refogado (NEPA, 2011). Considerando os teores obtidos no presente estudo, microverdes de repolho roxo e ervilha obtiveram menor teor deste mineral que suas contrapartes maduras (Tabela 7).

Microverdes de repolho roxo e girassol obtiveram teor de cálcio 2,7 vezes inferior a grão-de-bico cozido ( $720 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (SANTOS, 2020), 2,8 vezes inferior a folhas de agrião em estágio maduro (HARO et al. 2018) e 1,8 vezes inferior a brócolis cozido. A ingestão de cálcio geralmente está associada à ingestão de produtos lácteos, como leite, iogurte e queijo: estes podem possuir até  $10.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Cereais geralmente possuem entre  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$  podendo chegar até  $1800 \text{ mg.kg}^{-1}$  quando biofortificados. Amêndoas, gergelim e chia podem fornecer entre  $2.500$  e  $6.000 \text{ mg.kg}^{-1}$  (CORMICK, BELIZÁN, 2019).

De la Fuente et al. (2019) avaliaram quatro genótipos de microverdes quanto ao conteúdo nutricional e biodisponibilidade. Teores de  $\text{Ca}^{2+}$  entre  $300$  e  $400 \text{ mg.kg}^{-1}$  em microverdes de brócolis, couve, mostarda e rabanete foram relatados. A biodisponibilidade de macronutriente presente nos microverdes variou entre  $33,91$  e  $61,68\%$ .

Desta forma, microverdes das espécies avaliadas possuíram baixa quantidade de  $\text{Ca}^{2+}$  não retido nas paredes celulares (Tabela 7) em comparação à outras fontes ricas neste macronutriente.

A presença de  $\text{K}^+$  na dieta em concentrações indicadas, é fundamental para funcionamento estável do coração, fígado, vasos sanguíneos, rins, músculos, células cerebrais e outros órgãos. Um importante papel do potássio no organismo é a participação na transmissão de impulsos nervosos: através deste elemento, as contrações musculares, incluindo aquelas no miocárdio, são controladas. No entanto, a absorção excessiva de  $\text{K}^+$  pode resultar em condição tóxica chamada hipercalemia (ELISEEVA; ZEMLIANYI, 2020).

A doença renal é uma doença crônica enfrentada por humanos em todo o mundo e pacientes com insuficiência renal requerem uma restrição de dieta rica em potássio, com valores máximos estipulados em  $1.500 \text{ mg}$  por dia (NAKAL et al., 2007). Nestes pacientes, o excesso de potássio na corrente sanguínea pode levar a arritmias, bradicardia, fraqueza muscular, paralisia (inclusive respiratória), parestesia, reflexos hipoativos, náuseas, vômitos e até mesmo morte súbita (FOUQUE et al., 2007). Assumindo-se uma ingestão diária de  $100 \text{ g}$ , microverdes de beterraba assumiriam entre  $2,11$  a  $2,31\%$  de contribuição no limite máximo estipulado para pacientes com doenças renais crônicas (Tabela 7).

Considera-se o aumento da ingestão de potássio como uma das mais eficazes intervenções não-farmacológicas para a prevenção e tratamento da hipertensão. O intervalo proposto nestas recomendações para a IDR de potássio é de 3.500 a 5.000 mg/dia, preferencialmente a partir da alimentação (BROOK; RAJAGOPALAN, 2017). Os requisitos reais de potássio variam de acordo com a genética de um indivíduo, o status da pressão arterial e a ingestão de sódio (STONE, MARTYN, WEAVER, 2016). Observa-se que entre as espécies avaliadas, o consumo de 10g de microverdes de beterraba pode contribuir com 0,95% da IDR mínima (média de 33,38 mg.100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 7). Considerada uma das melhores fontes de potássio, 10g de banana fornecem 35,8 mg.100 g<sup>-1</sup> (RANJHA et al., 2020) valor comparável ao encontrado para microverdes de beterraba.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2.450 mg.kg<sup>-1</sup> foi o conteúdo de K<sup>+</sup> reportado para beterraba cozida e 3.750 mg.kg<sup>-1</sup> para beterraba crua, 3.110 mg.kg<sup>-1</sup> em vagens de ervilha e 1.470 mg.kg<sup>-1</sup> em ervilhas drenadas de conserva, forma usualmente consumida por brasileiros, 2.440 mg.kg<sup>-1</sup> para acelga crua, 3.280 e 3.210 mg.kg<sup>-1</sup> para respectivamente, repolho roxo cru e repolho roxo refogado (NEPA, 2011). As médias obtidas entre os tratamentos demonstram que microverdes de beterraba obtiveram maior teor de K<sup>+</sup> do que o anteriormente reportado para a parte tradicionalmente comestível em estágio de colheita convencional, quando cozida. Comparando-se ao reportado para o produto convencional cru, a média deste estudo foi inferior. Microverdes de repolho roxo, em todos os níveis de CE, obtiveram teor de K<sup>+</sup> inferior à sua tradicional contraparte madura crua ou cozida (Tabela 7). Sem a presença de adubação, microverdes de acelga obtiveram maior teor de K<sup>+</sup> ao anteriormente relatado para a mesma espécie colhida em estágio convencional. Com a presença de adubação (SN1 e SN2) microverdes de ervilha obtiveram teores semelhantes ao relatado para a forma madura consumida em conserva, mas inferior ao relatado para o consumo das vagens.

Em outro estudo, porém, casca, bagaço, caules, folhas e suco de beterrabas maduras obtiveram teores de respectivamente 635mg.100g<sup>-1</sup>, 1.971,6 mg.100g<sup>-1</sup>, 2.831,3 mg.100g<sup>-1</sup>, 2.196,1 mg.100g<sup>-1</sup>, 3.053,7 mg.100g<sup>-1</sup> (ABDO et al., 2020), pelo menos 19 vezes superiores aos teores obtidos no presente estudo em microverdes de beterraba.

Teores de K<sup>+</sup> em microverdes de girassol entre três a quatro vezes superiores ao encontrado no presente estudo foram obtidos por Ghoora et al., (2020). Teores de K<sup>+</sup> de 106 mg.100g<sup>-1</sup> MF (1.060 mg.kg<sup>-1</sup> MF) foram relatados em microverdes de ervilha, comparáveis ao presente estudo (KAIGORODOVA et al., 2022). De seis espécies avaliadas, microverdes de

beterraba tiveram maiores teores de  $K^+$ , em concordância ao presente estudo, além de também observar que o teor de  $K^+$  em microverdes de repolho roxo foi próximo ao dobro do observado em microverdes de ervilha (JOHNSON, 2021).

A média entre os tratamentos do conteúdo de  $K^+$  em microverdes de acelga foi semelhante ao teor reportado para hortaliças de raiz ( $2662.1 \text{ mg.kg}^{-1}$  em base úmida) mas inferior ao reportado para repolho e outras hortaliças folhosas (respectivamente,  $3140.3 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $3307.6 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (MALAVOLTI et al., 2021).

Portanto, no presente estudo verifica-se que houve efeito da condutividade elétrica no teor de cálcio apenas em microverdes de repolho roxo, e no teor de potássio apenas em microverdes de girassol e acelga. A adição de fertilizantes na solução nutritiva, em maior nível de CE, favoreceu o acúmulo de  $Ca^{2+}$ , e em menor nível também ocorreu maior teor deste nutriente em comparação ao tratamento sem adição de fertilizantes, em repolho roxo. O contrário foi verificado em relação ao acúmulo de potássio, em microverdes de girassol. Sem a adição de nutrientes na solução, o acúmulo do nutriente foi 26% superior em relação a SN2. Em microverdes de acelga, quando cultivados em SSN e SN2 se verificou as médias no teor de potássio foram similares e superiores a SN1 (Tabela 7).

### **3.7 Análise de correlação**

Na Tabela 8 estão apresentados dados referentes aos valores do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre as variáveis analisadas, considerando-se os efeitos principais do fator de variação “níveis de CE”. A classificação de intensidade da correlação foi: muito forte ( $r \pm 0,91$  a  $\pm 1,00$ ), forte ( $r \pm 0,71$  a  $\pm 0,9$ ), média ( $r \pm 0,51$  a  $\pm 0,70$ ) e fraca ( $r \pm 0,31$  a  $\pm 0,50$ ) (CARVALHO et al., 2004).

Tabela 8. Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) para características de Massa Fresca (MF), Comprimento dos Hipocótilos (CH), Comprimento dos Cotilédones (CC), Largura dos Cotilédones (LC), Ácido Ascórbico (AA), Teor de nitratos (NO) e potássio (K) em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.), repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), girassol (*Helianthus annuus* L.) acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) e ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivados sob três níveis de condutividade elétrica: água de torneira 0,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 6,4 (SSN); 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN1); 1,2 dS m<sup>-1</sup> e pH 5,5 (SN2), considerando os efeitos principais da fonte de variação: nível da CE.

| R  | MF | CH      | CC     | LC      | AA      | NO      | K       |
|----|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| MF | 1  | 0,9986* | 0,95   | 0,9538  | -0,767  | 0,6942  | -0,9379 |
| CH | -  | 1       | 0,9322 | 0,9366  | -0,7321 | 0,6553  | -0,9549 |
| CC | -  | -       | 1      | 0,9999* | -0,929  | 0,8842  | -0,7828 |
| LC | -  | -       | -      | 1       | -0,9244 | 0,8784  | -0,7903 |
| AA | -  | -       | -      | -       | 1       | -0,9943 | 0,4969  |
| NO | -  | -       | -      | -       | -       | 1       | -0,4015 |
| K  | -  | -       | -      | -       | -       | -       | 1       |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. \*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Correlações positivas muito fortes ocorreram entre as variáveis MF e CH, CC e LC ( $p < 0,05$ ), MF e CC, CH e LC, CH e CC, LC e MF. Ainda que somente as duas primeiras correlações citadas demonstraram significância estatística, correlações negativas muito fortes ocorreram entre as variáveis CC e AA, LC e AA, AA e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, MF e K<sup>+</sup> e CH e K<sup>+</sup>. Correlações positivas fortes ocorreram entre CC e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e entre LC e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Correlações fortes negativas ocorreram entre MF e AA, CH e AA, CC e K<sup>+</sup> e entre LC e K<sup>+</sup>. Correlações médias positivas ocorreram entre MF e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e entre CH e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. As demais correlações foram fracas, sendo a correlação entre AA e K<sup>+</sup> positiva e entre NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e K<sup>+</sup> uma correlação fraca negativa (Tabela 8).

O incremento em produtividade correlaciona-se com o crescimento dos hipocótilos, classificando-se como uma correlação positiva muito forte. Também se observa que as correlações entre as variáveis de crescimento cotiledonar e comprimento dos hipocótilos foram positivas e muito fortes. Isto significa que o aumento em produtividade e de incremento em variáveis de crescimento estão diretamente relacionados (Tabela 8).

Diferentemente do que ocorreu no capítulo anterior, o incremento na produtividade e em variáveis de crescimento dos hipocótilos e cotilédones correlacionou-se negativamente com o aumento no teor de AA. Estas correlações são classificadas como fortes ou muito fortes,

porém não significativas considerando-se os efeitos principais da adubação. Portanto, correlações negativas fortes ou muito fortes foram encontradas entre o teor de ácido ascórbico e produção em MF, variáveis de crescimento dos hipocótilos e cotilédones (Tabela 8).

O teor de AA e o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  demonstraram correlação negativa muito forte, indicando que na produção de microverdes, a biossíntese de ácido ascórbico pode contribuir na redução do acúmulo de nitrato (Tabela 8), o que pode estar relacionado à ação do ácido ascórbico como agente de defesa, por ser um metabólito secundário (GODOY et al., 2021) contra estresses, como agente regulador da nitrato redutase contra a presença tóxica de nitrito. Isto também foi observado por Koh, Charoenprasert, Mitchell (2012) na avaliação de variedades de espinafre.

Pelo exposto, o incremento em produtividade ocasionado pelo manejo de adubação correlaciona-se com o decréscimo no conteúdo de potássio e teor de ácido ascórbico.

Há poucos relatos de análise de correlação entre variáveis de produtividade e crescimento na produção de microverdes, havendo um maior número de trabalhos que correlacionam características nutricionais. Widiwurjani et al. (2020) observou forte correlação entre teor de água e clorofilas totais, teor de água e teor de fibras e entre clorofilas totais e teor de fibras em microverdes de brócolis, havendo significância em todas as correlações citadas.

Tan et al. (2020) relataram significativas correlações entre atributos como aparência e cheiro ( $r = 0.65$ ) e entre a aceitabilidade geral e sabor ( $r = 0.67$ ) em microverdes de brócolis, amaranto, ervilha, couve, entre outras três espécies.

#### **4 CONCLUSÕES**

A prática de adubação contribuiu para o aumento de variáveis de interesse agrônomo no cultivo de microverdes de beterraba, repolho roxo e girassol, apesar do curto ciclo de produção. A adubação não proporcionou diferenças significativas para a maior parte das variáveis analisadas em ervilha e acelga, mas, em microverdes de acelga observou-se maior acúmulo de nitrato, e em ervilha a adubação em menor CE tornou os hipocótilos mais compridos.

Correlações significativas muito fortes entre produtividade e comprimento dos hipocótilos foram encontradas, bem como entre variáveis de crescimento cotiledonar ( $r > 0,99$ ), o que reforça a observação destas variáveis quanto ao ponto de colheita.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os substratos 85%Bioplant 15%Zeofert 0410, Bioplant Plus e Vivatto Slim Plus proporcionaram médias superiores nas variáveis analisadas no Capítulo 1. O substrato Bioplant Plus demonstrou ser adequado e mais econômico para a produção de microverdes em casa de vegetação, para a maior parte das variáveis avaliadas. Verificou-se que substratos que proporcionam menor área de contato com as sementes, como PG, resultaram em baixa produtividade de microverdes e/ou uma produção fora do padrão comercial.

A adubação foi favorável a grande parte das variáveis de interesse agrônomo no cultivo de microverdes de repolho roxo. De oito variáveis observadas, a adição de nutrientes favoreceu o incremento de duas em microverdes de girassol e beterraba. Em ervilha e acelga, se observou incremento ocasionado pela adubação em apenas uma variável.

O presente estudo utilizou coeficientes de correlação entre variáveis de características produtivas e nutricionais, o que havia sido até então pouco estudado.

Dado a variabilidade de respostas observadas entre as espécies e sabendo-se que a adição de fertilizantes na solução nutritiva é um fator adicional ao custo de produção, mais espécies devem ser avaliadas para observação do custo-benefício da prática de adubação na produção de microverdes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, E.; EL-SOHAIMY, S.; SHALTOUT, O.; ABDALLA, A.; ZEITOUN, A. Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage. **Plants**, v. 9, 1752, 2020. DOI: 10.3390/plants9121752.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 269**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p. 373-399, 2004. DOI: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701.

BALAMI, S.; SHARMA, A.; KARN, R. Significance Of Nutritional Value Of Fish For Human Health. **Malaysian Journal of Halal Research**, v.2, p. 32-34, 2019. DOI: 10.2478/mjhr-2019-0012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília, DF, 2009. 399 p.

BRAZAITYTE, A.; SAKALAIUSKIENE, S.; VIRSILE, A.; JANKAUSKIENE, J.; SAMUOLIENE, G.; SIRTAUTAS, R.; VASTAKAITE, V.; MILIAUSKIENE, J.; DUCHOVSKIS, P.; NOVICKOVAS, A.; DABASINSKAS, L. (). The effect of short-term red lighting on Brassicaceae microgreens grown indoors. **Acta Horticulturae**, v. 1123, p. 177-184, 2016. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1123.25.

BROOK, R. D.; RAJAGOPALAN, S. Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. **Journal of the American Society of Hypertension**. v. 12(3):238, 2018. DOI: 10.1016/j.jash.2018.01.004.

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**, v. 45:2, p. 119-129, 2017. DOI: 10.1080/01140671.2016.1259642.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitárias da UFPel, p.142, 2004.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. (Eds.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

CORMICK, G.; BELIZÁN, J. M. Calcium Intake and Health. **Nutrients**, v. 11, 1606, 2019. DOI: 10.3390/nu11071606.

DEANE-DRUMMOND, C. E.; CHAFFEY, N. J. Characteristics of nitrate uptake into seedlings of pea (*Pisum sativum* L. cv. Feltham First). Changes in net NO<sub>3</sub> uptake following inoculation with *Rhizobium* and growth in low nitrate concentrations. **Plant, Cell & Environment**, v. 8(7), p. 517–523, 1985. DOI:10.1111/j.1365-3040.1985.tb0168.

DEANE-DRUMMOND, C. E. A comparison of regulatory effects of chloride on nitrate uptake, and of nitrate on chloride uptake into *Pisum sativum* seedlings. **Physiologia Plantarum**, v. 66, p. 115-121, 1986. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1986.tb01242.x.

DE BANG, T.C.; HUSTED, S.; LAURSEN, K.H.; PERSSON, D. P.; SCHJOERRING, J. K. The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist Foundation**, v. 229: p. 2446-2469, 2021. DOI: 10.1111/nph.17074.

DE LA FUENTE, B.; LÓPEZ-GARCÍA, G.; MÁÑEZ, V.; ALEGRÍA, A.; BARBERÁ, R.; CILLA, A. Evaluation of the Bioaccessibility of Antioxidant Bioactive Compounds and Minerals of Four Genotypes of Brassicaceae Microgreens. **Foods**. v. 8, 250. 2019. DOI: 10.3390/foods8070250.

DI BELLA, M. C.; NIKLAS, A.; TOSCANO, S.; PICCHI, V.; ROMANO, D.; LO SCALZO, R.; BRANCA, F. Morphometric Characteristics, Polyphenols and Ascorbic Acid Variation in *Brassica oleracea* L. Novel Foods: Sprouts, Microgreens and Baby Leaves. **Agronomy** v. 10, 782, 2020. DOI: 10.3390/agronomy10060782.

ELISEEVA, T.; ZEMLIANYI, O. Potassium and its effects on human health. **Scientific achievements of modern society**. Abstracts of the 9th International scientific and practical conference. p. 91-96, 2020.

EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; KYRIACOU, M.C.; GASPARI, A.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Nutrient Supplementation Configures the

Bioactive Profile and Production Characteristics of Three Brassica L. Microgreens Species Grown in Peat-Based Media. **Agronomy**, v. 11, 346, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11020346.

FEENSTTA. W. J.; JACOBSEN. E.; VAN SWAAY, A.C.P.M.; DE VISSER. A. J. C. Effect of nitrate on acetylene reduction in a nitratereductase deficient mutant of pea (*Pisum sativum* L.). **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, v. 105(5), p. 471-474, 1982. DOI: 10.1016/S0044-328X(82)80045-7.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FOUQUE, D.; VENNEGOOR, M.; TER WEE, P.; WANNER, C.; BASCI, A.; CANAUD, B.; HAAGE, P.; KONNER, K.; KOOMAN, J.; MARTIN-MALO, A.; PEDRINI, L.; PIZZARELLI, F.; TATTERSALL, J.; TORDOIR, J.; VANHOLDER, R. EBPG guideline on nutrition. **Nephrology, dialysis, transplantation**, v. 22, p. 45–87, 2007. DOI: 10.1093/ndt/gfm020.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Redox regulation in photosynthetic organisms: Signaling, acclimation, and practical implications. **Antioxid. Redox Signal**. v. 11, p. 861–905, 2009.

GHOORA, M. D.; HALDIPUR, A. C.; SRIVIDYA, N. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, 100046, 2020. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100046.

GODOY, F.; OLIVOS-HERNÁNDEZ, K.; STANGE, C.; HANDFORD, M. Abiotic Stress in Crop Species: Improving Tolerance by Applying Plant Metabolites. **Plants**, 10, 186, 2021. DOI: 10.3390/plants10020186.

HARO, G.; IKSEN, I.; RUMANTI, R. M.; MARBUN, N.; SARI, R. P.; GULTOM, R. P. J. Evaluation of antioxidant activity and minerals value from watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). **Rasayan Journal of Chemistry**, v. 11(1), p. 232-237, 2018. DOI: 10.7324/RJC.2018.1112011.

HAWKESFORD, M., HORST, W., KICHEY, T., LAMBERS, H., SCHJOERRING, J., MØLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. **Marschner's**

**Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition).** Pergamon, p.135-189, 2012. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6.

HERNÁNDEZ-ADASME, C.; PALMA-DIAS, R.; ESCALONA, V.H. The Effect of Light Intensity and Photoperiod on the Yield and Antioxidant Activity of Beet Microgreens produced in an Indoor System. **Horticulturae**, v. 9, 493, 2023 DOI: 10.3390/horticulturae9040493.

JAYANI, R. S.; SAXENA, S.; GUPTA, R. Microbial pectinolytic enzymes: A review. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 9, p. 2931-2944, 2005. DOI: 10.1016/j.procbio.2005.03.026.

JOHNSON, S. A.; PRENNI, J. E.; HEUBERGER, A. L.; ISWEIRI, H.; CHAPARRO, J. M.; NEWMAN, S. E.; UCHANSKI, M. E.; OMERIGIC, H. M.; MICHELL, K. A.; BUNNING, M.; FOSTER, M. T.; THOMPSON, H. J.; WEIR, T. L. Comprehensive Evaluation of Metabolites and Minerals in 6 Microgreen Species and the Influence of Maturity. **Current developments in nutrition**, v. 5(2), 2020. DOI: 10.1093/cdn/nzaa180.

KAIGORODOVA, I.; USHAKOV, V.; GOLUBKINA, N.; KOTLYAR, I.; PRONINA, E.; ANTOSHKINA, M. Nutritional value, quality of raw materials and food value of vegetable pea culture (*Pisum sativum* L.). **Vegetable Crops of Russia**, v. 3, p. 16-32, 2022.

KEUTGEN, N.; HAUSKNECHT, M.; TOMASZEWSKA-SOWA, M.; KEUTGEN, A. J. Nutritional and Sensory Quality of Two Types of Cress Microgreens Depending on the Mineral Nutrition. **Agronomy**, v. 11, 1110, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11061110.

KINZEL, H. **Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel**. Stuttgart, Germany, Ulmer, 1982.

KOŁOTA, E.; ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA, K.; BALBIERZ, A. Response of swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.) to nitrogen fertilization. **Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus**, v. 16, p. 47–56, 2017. DOI: 10.24326/asphc.2017.2.0.

KOU, L.; YANG, T.; LUO, Y.; LIU, X.; HUANG, L.; CODLING, E. Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, v. 87, p.70-78, 2014. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.00.

KOWITCHAROEN, L.; PHORNVILLAY, S.; LEKKHAM, P.; PONGPRASERT, N.; SRILAONG, V. Bioactive Composition and Nutritional Profile of Microgreens Cultivated in Thailand. **Applied Sciences**, v. 11, 7981, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11177981>.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A., GRAZIANI, G.; SOTERIOU, G. A.; GIORDANO, M.; ZARRELLI, A.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y.

Genotype-Specific Modulatory Effects of Select Spectral Bandwidths on the Nutritive and Phytochemical Composition of Microgreens. **Frontiers in Plant Science**, v. 10:1501, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.01501.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; SOTERIOU, G. A.; GIORDANO, M.; PALLADINO, M.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Phenolic Constitution, Phytochemical and Macronutrient Content in Three Species of Microgreens as Modulated by Natural Fiber and Synthetic Substrates. **Antioxidants**, v. 9, 252, 2020. DOI: 10.3390/antiox9030252.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; SOTERIOU, G. A.; GRAZIANI, G.; KYRATZIS, A.; ANTONIOU, C.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Preharvest Nutrient Deprivation Reconfigures Nitrate, Mineral, and Phytochemical Content of Microgreens. **Foods**, v. 10, 1333, 2021. DOI: 10.3390/foods10061333.

LEJA, M.; KAMINSKA, I.; KOLTON A. Some parameters of antioxidant capacity of red cabbage as related to different forms of nutritive nitrogen. **Folia Horticulturae**, v. 22. 19/1, p. 19-24, 2010. DOI: 10.2478/fhort-2013-0146.

LI, T.; LALK, G. T.; ARTHUR, J. D.; JOHNSON, M. H.; BI, G. Shoot Production and Mineral Nutrients of Five Microgreens as Affected by Hydroponic Substrate Type and Post-Emergent Fertilization. **Horticulturae**, v. 7, 129, p. 1-17, 2021a. DOI: 10.3390/horticulturae7060129.

LI, T.; LALK, G.T.; BI, G. Fertilization and Pre-Sowing Seed Soaking Affect Yield and Mineral Nutrients of Ten Microgreen Species. **Horticulturae**, v. 7, 14, 2021. DOI: 10.3390/horticulturae7020014.

MALAVOLTI, M.; NASKA, A.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J.; MALAGOLI, C.; VESCOVI, L.; MARCHESI, C.; VINCETI, M.; FILIPPINI, T. Sodium and Potassium Content of Foods Consumed in an Italian Population and the Impact of Adherence to a Mediterranean Diet on Their Intake. **Nutrients**, v. 13, 2681, 2021. DOI: 10.3390/nu13082681.

MARCHIONI, I.; MARTINELLI, M.; ASCRIZZI, R.; GABBRIELLI, C.; FLAMINI, G.; PISTELLI, L.; PISTELLI, L. Small Functional Foods: Comparative Phytochemical and Nutritional Analyses of Five Microgreens of the Brassicaceae Family. **Foods** v. 10, 427, 2021. DOI: 10.3390/foods10020427.

MARTÍNEZ-BALLESTA, M. C., DOMINGUEZ-PERLES, R., MORENO, D. A, MURIES, B. ALCARAZ-LÓPEZ, C.; BASTÍAS, C.; GARCIA-VIGUERA, C.; CARVAJAL, M.

Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, 30 (2), 2010. DOI: 1051/agro/2009022ff.

MC CREADY, R. M. Pectin. In: JOSLYN, M. **Methods in food analysis**. New York. Academic Press, 10<sup>a</sup> edição, 1970.

MCGEHEE, C. S.; RAUDALES, R. E.; ELMER, W.H.; MCAVOY, R. J. Efficacy of biofungicides against root rot and damping-off of microgreens caused by *Pythium* spp., **Crop Protection**, v. 121, p. 96-102, 2019. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.12.007.

MENAL-PUEY, S.; ASENSIO, E. Validation of a rapid method for detecting nitrate in chard (*Beta vulgaris* cycla). Analysis of Spanish commercial samples marketed in the region of Huesca, Spain, and estimation of the daily intake. **Revista Española de Nutrición Humana y Dietética**, v. 19, p. 4–11, 2015. DOI: 10.14306/renhyd.19.1.110.

MORETTI, C. L. ; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.

MOSTAFA, M. A. E.; ULRICH, A. Absorption, distribution and form of Ca in relation to Ca deficiency (tip burn) of sugarbeets. **Crop Science**. v. 16, p. 27–30, 1976. DOI: 10.2135/cropsci1976.0011183X001600010007x.

MUNEKATA, P. E. S.; PATEIRO, M.; DOMÍNGUEZ, R.; POLLONIO, M. A. R.; SEPÚLVEDA, N.; ANDRES, S. C.; REYES, J.; SANTOS, E. M.; LORENZO, J. M. *Beta vulgaris* as a Natural Nitrate Source for Meat Products: A Review. **Foods** v. 10, 2094, 2021. DOI: 10.3390/foods10092094.

MURPHY, C. J.; LLORT, K. F.; PILL, W. G. Factors Affecting the Growth of Microgreen Table Beet, **International Journal of Vegetable Science**, v. 16(3), p. 253-266, 2010. DOI: 10.1080/19315261003648241.

NAKAO, T.; SANAKA, T.; TSUBAKIHARA, Y.; HATTORI, M.; HONDA, M.; MIZUIRI, S.; WATANABE, Y.; KANAZAWA, Y.; KANNO, T. Dietary recommendations for chronic kidney disease. **Nihon Jinzo Gakkai shi**, v. 49(8), p. 871–878, 2007.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) 4<sup>a</sup> ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. 161 p.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 17-28, 1995.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXAO, J. A. Pectina: Propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímeros**. v. 10, 2009.

PANNICO, A.; GRAZIANI, G.; EL-NAKHEL, C.; GIORDANO, M.; RITIENI, A.; KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens. **Italus Hortus**, v. 27, p. 41-52, 2020.

PARDO-MARÍN, O.; YUSÀ-PELECHÀ, V.; VILLALBA-MARTÍN, P.; PEREZ-DASÍ, J.A. Monitoring programme on nitrates in vegetables and vegetable-based baby foods marketed in the Region of Valencia, Spain: levels and estimated daily intake. **Food Additives & Contaminants**, v. 27(4), p. 478-486, 2010. DOI: 10.1080/19440040903439804.

PETROPOULOS, S.A.; EL-NAKHEL, C.; GRAZIANI, G.; KYRIACOU, M.C.; ROUPHAEL, Y. The Effects of Nutrient Solution Feeding Regime on Yield, Mineral Profile, and Phytochemical Composition of Spinach Microgreens. **Horticulturae**, v. 7, 162, p. 1-14, 2021. DOI: 10.3390/horticulturae7070162.

PONEROS, A. G.; ERDMAN JUNIOR, J. W. Bioavailability of calcium from sesame seeds, almond powder, whole wheat bread spinach and nonfat dry milk in rats. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 1, p. 150-153, 1989.

POUDEL, P.; DI GIOIA, F.; LAMBERT, J. D.; CONNOLLY, E. L. Zinc biofortification through seed nutri-priming using alternative zinc sources and concentration levels in pea and sunflower microgreens. **Frontiers in Plant Science**. v. 14:1177844, 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1177844.

RANJHA, M. M. A. N.; IRFAN, S.; NADEEM, M.; MAHMOOD, S. A Comprehensive Review on Nutritional Value, Medicinal Uses, and Processing of Banana. **Food Reviews International**, v. 38(2), 199–225, 2020. DOI: 10.1080/87559129.2020.1725890.

RAVIV, M.; BAR-TAL, A. D.; WALLACH, R. Substrates and their analysis. **Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals**. p. 25-102, 2002.

RENNA, M.; CASTELLINO, M.; LEONI, B.; PARADISO, V. M.; SANTAMARIA, P. Microgreens Production with Low Potassium Content for Patients with Impaired Kidney Function. **Nutrients**, v.10, p. 675, 2018. DOI: 10.3390/nu10060675.

ROSALES, M. A.; CERVILLA, L. M.; RÍOS, J. J.; BLASCO, B.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; ROMERO, L.; RUIZ, J. M. Environmental conditions affect pectin solubilization in cherry tomato fruits grown in two experimental Mediterranean greenhouses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67(2), p. 320–327, 2009. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2009.07.011.

ROUPHAEL, Y.; KYRIACOU, M. C. Enhancing Quality of Fresh Vegetables Through Salinity Eustress and Biofortification Applications Facilitated by Soilless Cultivation. **Frontiers of Plant Science**. v. 9, 1254, 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.01254.

SALEH, R.; GUNUPURU, L. R.; LADA, R.; NAMS, V.; THOMAS, R. H.; ABBEY, L. Growth and Biochemical Composition of Microgreens Grown in Different Formulated Soilless Media. **Plants**, v. 11, 3546, 2022. DOI: 10.3390/plants11243546.

SANTAMARIA, P.; ELIA, A.; SERIO, F.; GONNELLA, M.; PARENTE, A. Comparison between nitrate and ammonium nutrition in fennel, celery, and Swiss chard. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22(7), p. 1091–1106, 1999. DOI: 10.1080/01904169909365698.

SANTOS, M. C. M. DOS. **Bebida de grão-de-bico e coco fermentada por *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81 elaborada com diferentes teores de açúcar.** 2020. 98 f., il. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

SAMUOLIENĖ, G.; BRAZAITYTĖ, A.; SIRTAUTAS, R.; SAKALAIUSKIENĖ, S.; JANKAUSKIENĖ, J.; DUCHOVSKIS, P.; NOVIČKOVAS, A. The Impact Of Supplementary Short-Term Red Led Lighting On The Antioxidant Properties Of Microgreens. **Acta Horticulturae**, v. 956, p. 649-656, 2012. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.956.78.

SCHOPFER, B.; MITRENGA, S.; BOULAABA, A.; ROOLFS, K.; PLÖTZ, M.; BECKER, A. Red beet and Swiss chard juice extract as natural nitrate sources for the production of alternatively-cured emulsion-type sausages. **Meat Science**, v. 188, 2022, 108780. DOI: 10.1016/j.meatsci.2022.108780.

SENEVIRATHNE, G. I.; GAMA-ARACHCHIGE, N. S.; KARUNARATNE, A. M. Germination, harvesting stage, antioxidant activity and consumer acceptance of ten microgreens. **Ceylon Journal of Science**, v. 48(1), p. 91–96, 2019. DOI: 10.4038/cjs.v48i1.7593.

SIMPSON, T. S.; SAVAGE, G. P.; SHERLOCK, R.; VANHANEN, L. P. Oxalate content of silver beet leaves (*Beta vulgaris* var. *cicla*) at different stages of maturation and the effect of cooking with different milk sources. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 10804–10808, 2009. DOI: 10.1021/jf902124w.

SINGH J., UPADHYAY A.K., BAHADUR A., SINGH B., SINGH K.P., RAI M. Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). **Scientia Horticulturae**, v. 108(3), p. 233-237, 2006. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.01.017.

STONE, M. S.; MARTYN, L.; WEAVER, C. M. Potassium Intake, Bioavailability, Hypertension, and Glucose Control. **Nutrients**, v. 8(7), 444, 2016. DOI: 10.3390/nu8070444.

TAN, L.; NUFFER, H.; FENG, J.; KWAN, S. H.; CHEN, H., TONG, X.; KONG, L. Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms. **Food Science and Human Wellness**, v. 9(1), p. 45-51, 2020. DOI: 10.1016/j.fshw.2019.12.002.

TENG, J.; LIAO, P.; WANG, M. The role of emerging micro-scale vegetables in human diet and health benefits—an updated review based on microgreens. **Food & Function**, v. 12, p. 1914-1932, 2021. DOI: 10.1039/D0FO03299A.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Annals of Biochemistry**, v. 4, p. 604-608, 1979.

TOSCANO, S.; ROMANO, D.; PATANÈ, C. Effect of application of biostimulants on the biomass, nitrate, pigments, and antioxidants content in radish and turnip microgreens. **Agronomy**, v.13, 145, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13010145.

TRANI, P. E.; TRANI, A. L. **Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 29 p. online (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 208).

VAN MAARSCHALKERWEERD M.; HUSTED, S. Recent developments in fast spectroscopy for plant mineral analysis. **Frontiers in Plant Science** v.6: 169, 2015. DOI: 10.3389/fpls.2015.00169.

WALKER, R. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications, **Food Additives & Contaminants**, v. 7:6, p. 717-768, 1990. DOI: 10.1080/02652039009373938.

WHITE, P. J. Calcium. In: BROADLEY M. R., WHITE P. J. **Plant Nutritional Genomics**, Blackwell, Oxford, p. 66–86, 2005.

WHO. World Health Organization. Fruits and vegetables for health. Report of a Joint FAO/WHO Workshop, 2004, Kobe, Japan. Kobe; 2004.

WIDIWURJANI, G.; SARI, N. K.; ANDANSARI, P. Microgreen Quality of Broccoli Plants (*Brassica oleracea* L.) and Correlation between Parameters **Journal of Physics: Conference Series** v. 1569 042093, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1569/4/042093.

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(4), 2019. DOI: 10.1590/1983-21252019v32n414rc.

WOJDYLO, A.; NOWICKA, P.; TKACZ, K.; TURKIEWICZ, I. P. Sprouts vs. microgreens as novel functional foods: Variation of nutritional and phytochemical profiles and their in vitro bioactive properties. **Molecules**, 25, 4648, 2020. DOI: 10.3390/molecules25204648.

WRUSS, J.; WALDENBERGER, G.; HUEMER, S.; UYGUN, P.; LANZERSTORFER, P.; MÜLLER, U.; HÖGLINGER, O.; WEGHUBER, J. Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.42, p. 46–55, 2015. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.03.005.

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**, v. 60(31), p. 7644–7651, 2012. DOI: 10.1021/jf300459b.