

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANA MÁRCIA DE OLIVEIRA FEBRAIO

**INDICADORES FISIOLÓGICOS E QUALIDADE DE CEBOLINHA EM  
SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SULFATO  
DE MAGNÉSIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2021

ANA MÁRCIA DE OLIVEIRA FEBRAIO

**INDICADORES FISIOLÓGICOS E QUALIDADE DE CEBOLINHA EM  
SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SULFATO  
DE MAGNÉSIO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR, como requisito parcial para obtenção do  
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Dalva Paulus

DOIS VIZINHOS

2021

ANA MÁRCIA DE OLIVEIRA FEBRAIO

**INDICADORES FISIOLÓGICOS E QUALIDADE DE CEBOLINHA EM  
SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SULFATO  
DE MAGNÉSIO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR, como requisito parcial para obtenção do  
título de Engenheiro Agrônomo.

Data de aprovação: 02 de Agosto de 2021.

---

Adalberto Luiz De Paula  
Prof. Dr. Engenheiro Agrônomo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Gilmar Antônio Nava  
Prof. Dr. Engenheiro Agrônomo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

DOIS VIZINHOS

2021

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Pai Celestial, que com sua infinita bondade, me concedeste a oportunidade de viver, aprender e evoluir nesse plano terreno.

Aos meus pais, Marcia Aparecida de Oliveira Febraio e Valdemir Febraio, fonte de amor, princípios e valores. Todas as minhas conquistas devo a base sólida da nossa família.

À minha amada filha, Manuela Aparecida Febraio Quadros, sua presença ilumina os meus passos, potencializa os meus melhores sentimentos, me inspira a ser melhor e me dá forças para construir um mundo melhor.

Ao meu companheiro, Gian Ricardo Conrado Quadros, que com respeito, amor e carinho, compartilha os dias, os obstáculos, e multiplica conquistas e felicidade.

Aos meus irmãos, João Vinicius de Oliveira Febraio e Mateus de Oliveira Febraio, guardiões das memórias da nossa infância saudável e alegre.

À minha amorosa família, avós, tios, tias, primos e primas, por nutrir tanto amor e orgulho, serem presentes, transformando momentos em lembranças inesquecíveis.

Aos meus amigos, Alinne Bisolo e Renan Henrique de Oliveira Bazanella, irmãos unidos pelo sonho da Agronomia, mas sustentados pela amizade sincera, sintonia e carinho. A caminhada acadêmica foi leve e feliz ao lado de vocês.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em especial Campus Dois Vizinhos, por todo suporte durante a graduação. Em todos os setores, em qualquer situação, sempre encontrei um sorriso, uma palavra de conforto e apoio.

Aos doutores e mestres professores, com o dom da palavra, transmitiram lições e proporcionaram a minha evolução acadêmica, profissional e pessoal.

À minha professora orientadora, Dalva Paulus, pela dedicação, apoio e incentivo, fundamentais para realizar este estudo.

A todos os amigos e colegas que fiz pelo caminho, durante esses anos em Dois Vizinhos, sem dúvidas, contribuíram à sua maneira para essa conquista.

“Cada um de nós compõe a sua história  
E cada ser em si  
carrega o dom de ser capaz  
E ser feliz”

(Almir Sater / Renato Teixeira)

## RESUMO

FEBRAIO, Ana Marcia de Oliveira. **Indicadores fisiológicos e qualidade de cebolinha em sistema hidropônico com diferentes concentrações de sulfato de magnésio**. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

A cebolinha é um condimento apreciado na culinária, consumida na forma fresca ou processada por agroindústrias. Os consumidores são atraídos pela integridade e qualidade das hortaliças, características atreladas a intensidade da cor, aroma, composição nutricional, grau de doçura e maturação, além de menor susceptibilidade a degradação. Objetivou-se acompanhar as respostas fisiológicas e os atributos de qualidade da cebolinha europeia (*Allium schoenoprasum*), cultivar “Todo Ano”, em sistema hidropônico, com diferentes concentrações de sulfato de magnésio. Sabendo da essencialidade do magnésio para as plantas, como constituinte da molécula de clorofila e ativador enzimático, os tratamentos avaliados consistiram em acréscimos de sulfato de magnésio na solução padrão proposta por Furlani et al. (1999): T1 – composição original ( $0,4 \text{ g L}^{-1}$ ), T2 – 5 %, T3 – 10 %, T4 – 15 % e T5 – 20 % a mais que a composição original. O experimento foi conduzido no setor de Olericultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, de outubro a novembro de 2020. Para determinar a qualidade da cebolinha hidropônica fresca, no momento da colheita foram analisados os atributos de cor, os sólidos solúveis ( $^{\circ}$  Brix), o teor de compostos fenólicos, a acidez titulável, o pH, os níveis de pungência, além da leitura do índice relativo de clorofila (IRC). As variáveis que compõem a cor são a luminosidade ( $L^*$ ), a tonalidade (ângulo  $^{\circ}$ hue), a cromaticidade ( $C^*$ ) e as coordenadas de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ). A dose de 20 % a mais de sulfato de magnésio na solução nutritiva resultou no clareamento das plantas, evidenciado pelo maior valor de  $L^*$  (32,63). O acréscimo de sulfato de magnésio contribuiu para ganhos na tonalidade verde com tendência ao amarelo, demonstrado pelo comportamento quadrático do ângulo  $^{\circ}$ hue. Os valores negativos obtidos na coordenada  $a^*$  representam o maior conteúdo de verde, enquanto os valores positivos da coordenada  $b^*$  configuram a proporção de amarelo. O índice relativo de clorofila demonstrou que houve incremento no teor de clorofila e, conseqüentemente, na cor verde das plantas. O maior valor de clorofila (586,37) foi observado com a maior dose (20 %) de sulfato de magnésio. Além disso, a maior dose também proporcionou maior grau de doçura e maturação, com a elevação do conteúdo de sólidos solúveis. As doses avaliadas influenciaram significativamente na quantidade de compostos bioativos presentes na cebolinha, com o incremento de 50,6% no teor de fenólicos na dose de 20 %. O principal ácido orgânico presente na cebolinha é o ácido pirúvico e, sua concentração determina os níveis de pungência, que para as doses avaliadas apresentou teor médio de  $0,081 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , não diferindo significativamente entre os tratamentos. A cebolinha é considerada um vegetal de baixa acidez, e as doses de sulfato de magnésio também não exerceram influência na acidez titulável, com valor médio de  $0,63 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$  de massa fresca. O maior valor de pH (6,66) do extrato das folhas foi observado na maior dose de sulfato de magnésio na solução nutritiva. Constatou-se que o acréscimo de magnésio no cultivo de cebolinha hidropônica foi benéfico nas condições do experimento, melhorando a aparência visual das folhas para atender aos padrões de qualidade que o consumidor busca nessa hortaliça.

**Palavras-chave:** *Allium schoenoprasum*, magnésio, hidroponia, clorofila.

## ABSTRACT

FEBRAIO, Ana Marcia de Oliveira. **Physiological indicators and quality of chives in hydroponic system under different concentrations of magnesium sulfate.** 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

Chives are a popular culinary condiment, consumed fresh or processed by agribusinesses. Consumers are attracted by the integrity and quality of vegetables, characteristics linked to color intensity, aroma, nutritional composition, degree of sweetness and maturation, in addition to lesser susceptibility to degradation. The objective of this study was to monitor the physiological responses and quality attributes of the scallions (*Allium schoenoprasun*), cultivar “Todo Ano”, in a hydroponic system, with different concentrations of magnesium sulfate. Knowing the essentiality of magnesium for plants, as a constituent of the chlorophyll molecule and enzymatic activator, the evaluated treatments consisted of additions of magnesium sulfate in the standard solution proposed by Furlani et al. (1999): T1 – original composition ( $0.4 \text{ g L}^{-1}$ ), T2 – 5 %, T3 – 10 %, T4 – 15 % and T5 – 20 % more than the original composition. The experiment was carried out in the Horticulture sector of the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, from October to November 2020. To determine the quality of fresh hydroponic chives, at harvest time, the color attributes and soluble solids were analyzed ( $^{\circ}$  Brix), the content of phenolic compounds, the titratable acidity, the pH, the pungency levels, in addition to the reading of the relative chlorophyll index (IRC). The variables that make up the color are luminosity ( $L^*$ ), hue ( $^{\circ}$ hue angle), chromaticity ( $C^*$ ) and chromaticity coordinates ( $a^*$  and  $b^*$ ). The dose of 20 % more magnesium sulfate in the nutrient solution resulted in the lightening of the plants, as evidenced by the higher value of  $L^*$  (32.63). The addition of magnesium sulfate contributed to gains in the green hue with a tendency to yellow, demonstrated by the quadratic behavior of the  $^{\circ}$ hue angle. The negative values obtained in the  $a^*$  coordinate represent the greater green content, while the positive values in the  $b^*$  coordinate set the proportion of yellow. The relative chlorophyll index showed that there was an increase in the chlorophyll content and, consequently, in the green color of the plants. The highest chlorophyll value (586.37) was observed with the highest dose (20 %) of magnesium sulfate. In addition, the highest dose also provided a higher degree of sweetness and maturation, with an increase in the soluble solids content. The doses evaluated significantly influenced the amount of bioactive compounds present in chives, with an increase of 50.6 % in the phenolic content at a dose of 20 %. The main organic acid present in chives is pyruvic acid and its concentration determines the pungency levels, which for the evaluated doses had an average content of  $0.08 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , not differing significantly between treatments. Chives are considered a vegetable with low acidity, and the doses of magnesium sulfate did not influence the titratable acidity either, with an average value of  $0.63 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$  of fresh mass. The highest pH value (6.66) of the leaf extract was observed in the highest dose of magnesium sulfate in the nutrient solution. It was found that the addition of magnesium in the cultivation of hydroponic chives was beneficial under the conditions of the experiment, improving the visual appearance of the leaves to meet the quality standards that the consumer seeks in this vegetable.

**Keywords:** *Allium schoenoprasun*, magnesium, hydroponics, chlorophyll.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESPAÇO DE COR CIE L* a* b* .....	21
FIGURA 2 – ESPAÇO DE COR CIE L*C*h° .....	22
FIGURA 3 – MODELO ESQUEMÁTICO DE SISTEMA NFT .....	25
FIGURA 4 – CULTIVO DE CEBOLINHA EM SISTEMA HIDROPÔNICO .....	27
FIGURA 5 – SOLUÇÕES COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO GÁLICO .....	31
FIGURAS 6 E 7 – COLORÍMETRO KONICA MINOLTA, MODELO CR-400. ....	35
FIGURA 8 – ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA DE CEBOLINHA HIDROPÔNICA EM RESPOSTA AO ACRÉSCIMO DE MgSO <sub>4</sub> NAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS .....	36
FIGURA 9 – COMPOSTOS FENÓLICOS DE CEBOLINHA CULTIVADA EM HIDROPONIA COM DIFERENTES DOSES DE MgSO <sub>4</sub> .....	37
FIGURA 10 – ° BRIX DE CEBOLINHA HIDROPÔNICA COM DIFERENTES DOSES DE SULFATO DE MAGNÉSIO .....	39
FIGURA 11 – RELAÇÃO SS/AT DAS CEBOLINHAS CULTIVADAS EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SULFATO DE MAGNÉSIO .....	40
FIGURA 12 – pH DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE CEBOLINHA HIDROPÔNICA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SULFATO DE MAGNÉSIO .....	41
FIGURA 13 – COMPORTAMENTO DA LUMINOSIDADE (L*) DAS FOLHAS DE CEBOLINHA CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE SULFATO DE MAGNÉSIO .....	42
FIGURAS 14 – A) CROMATICIDADE C; B) COORDENADA CROMATICIDADE a*; C) COORDENADA CROMATICIDADE b*; DE FOLHAS DE CEBOLINHA CULTIVADAS COM ACRÉSCIMO DE MgSO <sub>4</sub> .....	43
FIGURA 15 – RESPOSTA DO ÂNGULO °hue DE FOLHAS DE CEBOLINHA CULTIVADAS COM DOSES CRESCENTES MgSO <sub>4</sub> .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B – Boro  
° Brix – Graus Brix, escala numérica de Sólidos Solúveis  
Ca – Cálcio  
Chl a – Clorofila a  
Chl b – Clorofila b  
CH<sub>3</sub> – Grupo metil  
CHO – Grupo aldeído  
Cu – Cobre  
C-3 – Posição do carbono  
EDTA – Ácido etilenodiaminotetracético  
Fe – Ferro  
g – Grama  
IRC – Índice Relativo de Clorofila  
m – Metro  
M – Molaridade  
mEq - Miliequivalente  
mg - Miligramas  
mL – Mililitros  
Mg<sup>2+</sup> – Cátion divalente de Magnésio  
MgSO<sub>4</sub> – Sulfato de Magnésio  
Mn – Manganês  
Mo – Molibdênio  
N – Nitrogênio  
NaOH – Hidróxido de sódio  
Ni – Níquel  
nm – Nanômetro  
PAL – *phenylalanine ammonia lyase*  
pH – Potencial hidrogeniônico  
rpm – Rotações por minuto  
SS – Sólidos Solúveis  
Zn – Zinco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1	CEBOLINHA.....	13
2.2	ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE.....	14
2.3	MACRONUTRIENTE: MAGNÉSIO .....	22
2.4	SISTEMAS HIDROPÔNICOS .....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	26
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	27
3.3	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	28
3.4	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	29
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	46
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	47
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos, principalmente de hortaliças, é dependente das condições favoráveis de clima e solo, materiais propagativos saudios e o correto desempenho dos tratos culturais. Conforme a região ou período do ano, os produtores no sistema convencional priorizam os cultivos de menor risco frente às particularidades edafoclimáticas, ocasionando a regionalização e disponibilidade estacional dos produtos.

O cultivo protegido de plantas, em casa de vegetação ou outra estrutura similar, é alternativa para as adversidades climáticas, permitindo também a produção em áreas pouco aptas para a agricultura e/ou épocas inapropriadas às espécies. O controle do ambiente viabiliza o aproveitamento dos recursos, água e nutrientes, de forma racional e econômica. Desse modo, é possível planejar toda a produção, atendendo as necessidades das plantas e antecipando colheitas. As vantagens englobam a ampliação dos períodos produtivos e consequentemente resultam em maiores produtividades por planta e por unidade de área (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000; FILGUEIRA, 2013).

Dentre os sistemas de produção sob estruturas de proteção, com ou sem substrato, o cultivo hidropônico consiste no fornecimento de uma solução aquosa e nutritiva ao sistema radicular das plantas, capaz de absorver os elementos essenciais dissolvidos (BEZERRA NETO; BARRETO, 2013).

A hidroponia é teoricamente viável a todas as espécies vegetais, mas as de pequeno porte são mais responsivas ao sistema em termos agronômicos e econômicos. Hortaliças, frutíferas, ornamentais, forrageiras, medicinais e condimentares, são cultivadas comercialmente com essa técnica, no entanto os maiores volumes são de alface e rúcula (BEZERRA NETO; BARRETO, 2000; BORGES; DAL'SOTTO, 2016).

Relativamente nova na produção em escala, a expansão da hidroponia para outras culturas depende do desenvolvimento dos conhecimentos específicos para cada espécie, principalmente no que tange a quantificação dos elementos minerais essenciais e com isso o dimensionamento de sistemas eficientes.

Pertencentes à família Alliaceae, gênero *Allium*, a cebolinha comum – *Allium fistulosum* – e a cebolinha europeia – *Allium schoenoprasum* – são amplamente utilizadas na culinária como condimento, sendo as folhas a parte comestível. Cultivadas principalmente por pequenos olericultores em sistema convencional, desempenham papel importante na agricultura familiar,

principalmente no estado do Paraná, onde se concentra 90 % da produção nacional de plantas medicinais, condimentares e aromáticas (CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2014).

De caráter perene, a cebolinha dispõe de baixa durabilidade pós-colheita, em função do alto teor de água e elevada atividade metabólica. A cultivar “Todo Ano”, europeia, está entre as mais usuais pelos produtores, apresentando numerosas folhas cilíndricas e fistulosas, de coloração verde clara, compondo touceiras (FREDDO et al., 2013; ZARATE; VIEIRA, 2004).

O sucesso na comercialização da cebolinha está atrelado principalmente ao seu bom aspecto visual, coloração, porte e sanidade. O rápido crescimento da planta e menor resistência do tecido foliar podem acarretar tombamento da parte aérea e depreciação do vegetal (SANTOS et al., 2015).

Constituinte da molécula de clorofila, o magnésio precisa ser fornecido em proporções adequadas, a fim de evitar sua deficiência e conseqüentemente a desestruturação dos tecidos e clorose das folhas. O desequilíbrio nutricional afeta também os mecanismos de defesas das plantas, de modo que há maior susceptibilidade a patógenos (COMETTI et al., 2006).

Em sistemas hidropônicos, a disponibilidade dos nutrientes deve condizer com a cultura trabalhada associada as demais variáveis, como a interação entre os elementos da solução, condições de temperatura e luminosidade, bem como o estágio fenológico das plantas (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000).

O presente estudo objetivou avaliar as possíveis melhorias em atributos físico-químicos da cebolinha europeia com o acréscimo de magnésio na solução hidropônica de cultivo.

As características analisadas foram a intensidade da cor, o teor de compostos fenólicos totais, os sólidos solúveis, a acidez titulável, os níveis de pungência e o índice relativo de clorofila. Esses atributos físico-químicos estão relacionados a qualidade visual e nutricional da cebolinha, de modo que incrementos podem torná-la mais atrativa aos consumidores.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CEBOLINHA

Cultivadas principalmente em pequenos estabelecimentos rurais, as duas espécies de cebolinha – *Allium schoenoprasum* e *A. fistulosum* – são amplamente difundidas na culinária, sendo suas folhas consumidas como condimento. No Brasil, são cerca de 87.000 estabelecimentos onde há produção de cebolinha, que segundo o último Censo Agropecuário de 2017, totalizaram 120.000 toneladas (IBGE, 2017).

Segundo o DERAL (Departamento de Economia Rural do Estado do Paraná) a produção de cebolinha no Paraná, na safra de 2019, foi de 11.948 toneladas em 628 hectares, movimentando no mercado o valor de R\$ 71.685.000 (SALVADOR, 2020).

A cultivar “Todo Ano”, de origem europeia (*Allium schoenoprasum*), apresenta folhas de coloração verde-clara e detém maior representatividade, por estar mais difundida entre os produtores. Porém há também cultivares de coloração verde-intensa, como a japonesa Nebuka ou Evergreen (FILGUEIRA, 2013).

Semelhante à cebola (*Allium cepa*), a cultura apresenta folhas macias e aromáticas, de formato tubular e alongado. Caracteriza-se pelo perfilhamento intenso, de tal maneira a formar uma touceira, com estatura entre 0,3 a 0,7 m, não sendo observada a formação de bulbo diferenciado (ZÁRATE; VIEIRA, 2004).

De caráter perene e adaptada a uma ampla faixa de temperatura, a cebolinha propaga-se por divisão de touceiras ou via sementes, que podem ser dispostas em sementeiras e em seguida, com porte de mudas, cerca de 15 cm, transplantadas para o canteiro definitivo. Próximo aos 80 dias após a semeadura ou 50 dias após o transplante das mudas inicia-se a colheita, quando as plantas atingem cerca de 35 cm (FILGUEIRA, 2013).

Conforme as preferencias do mercado atendido, as plantas são colhidas por inteiro ou apenas tem suas folhas cortadas, favorecendo o rebrote e diversas colheitas. Geralmente a venda é feita por meio de maços de folhas frescas amarradas, com raízes aparadas ou em associação com a salsinha, popularmente conhecida como cheiro-verde.

Conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA/UNICAMP, 2011) em 100 g de parte comestível de cebolinha comum (*Allium fistulosum*) crua, há 93,9 % de umidade, 3,6 g de fibra alimentar, 1,9 g de proteínas, 0,4 g de

lipídios, 3,4 g de carboidratos, 27 mg de fósforo, 0,6 mg de ferro, 206 mg de potássio, 80 mg de cálcio, 25 mg de magnésio e cerca de 31,8 mg de vitamina C.

Os dados fornecidos no site do Departamento de Informática em Saúde, da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (2014), estabelecem que 100 g de cebolinha (*Allium schoenoprasum*) crua contém em média: 90,65 g de água, 3,27 g de proteína, 92 mg de cálcio, 1,6 mg de ferro, 42 mg de magnésio, 58 mg de fósforo e 296 mg de potássio. Além disso, os mesmos 100 g do vegetal fornecem 2,5 g de fibra alimentar, 58,1 mg de vitamina C (ácido ascórbico total) e 4.353 U.I. de vitamina A.

Estudando os benefícios nutricionais da cebolinha europeia, o Centro Médico da Universidade de Maryland nos Estados Unidos concluiu que em sua composição há substâncias anti-inflamatórias e antioxidantes. O consumo associado com uma dieta balanceada propiciou a redução nos riscos de câncer de mama, colón, próstata e ovário. A ingestão do vegetal ainda fresco, que pode ser adicionado a outros alimentos antes de servir, é a melhor opção para manter suas propriedades nutracêuticas (BIZ, 2017).

Segundo Zárate et al. (2010) a cebolinha é capaz de estimular o apetite, auxiliar na digestão, além de agir no combate à gripe e doenças das vias respiratórias.

Além dos benefícios proporcionados pelo seu consumo, o cultivo consorciado de cebolinha com demais espécies pode ser vantajoso por aumentar a capacidade de uso da área, mas também porque esta apresenta características repelentes. Devido ao caráter aromático, a cebolinha atua como planta biocontroladora de pragas e doenças em sistemas agrícolas orgânicos. Dentre as possibilidades de sua utilização cita-se sua capacidade de repelir vaquinhas e combater pulgões e lagartas (MANGIÉRI JUNIOR, 2002).

## 2.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FISÍCOS DE QUALIDADE

### 2.2.1 Teor de Clorofila

A clorofila é o principal pigmento responsável pela absorção de luz na fotossíntese, processo metabólico essencial para a sobrevivência de todos os organismos vivos. Organizadas na forma de grânulos, em organelas chamadas cloroplastos, no interior de todas as células fotossintéticas, as clorofilas conferem as tonalidades verdes dos tecidos (LEHNINGER et al., 2002; CERQUEIRA, 2012).

Conforme a espécie, os pigmentos fotossintéticos presentes e suas concentrações variam. Os organismos com fotossíntese oxigênica possuem a clorofila *a* (Chl *a*), fundamental na etapa fotoquímica. Outros tipos de clorofilas também participam da fotossíntese de forma acessória, contribuindo na absorção e transferência de energia. A clorofila *b* (Chl *b*) está presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias; a Chl *c* é encontrada em feófitas e diatomáceas; enquanto a Chl *d*, em algas vermelhas (TAIZ & ZEIGER, 2004; STREIT, 2005).

A molécula de clorofila é uma porfirina, que consiste em uma estrutura macrocíclica assimétrica e insaturada, formada por quatro anéis de pirrol e um átomo central de magnésio (Mg). As clorofilas *a* e *b* são encontradas na natureza na proporção aproximada de 3:1, e diferem-se estruturalmente nos substituintes de carbono C-3. Na clorofila *a* o anel de porfirina contém um grupo metil (-CH<sub>3</sub>) no C-3 e na clorofila *b* há um grupo aldeído (-CHO) (FENNEMA, 2000; STREIT, 2005).

O teor de clorofila total pode ser obtido de forma não destrutiva através de um clorofilômetro. O aparelho determina o índice relativo de clorofila (IRC) e auxilia o monitoramento do estado nutricional das plantas, permitindo a leitura direta das folhas. Fundamenta-se na relação entre a intensidade da coloração verde dos tecidos e o teor de clorofila, apresentando também dados para avaliar a concentração de nitrogênio (N) (GODOY et al., 2008).

### 2.2.2 Compostos fenólicos

As plantas são capazes de produzir uma diversidade de compostos químicos, denominados fitoquímicos. Os compostos fenólicos são fitoquímicos essenciais no crescimento e reprodução, contribuem na pigmentação, sustentação e atuam como agente antipatogênico. Em condições de estresse, como ferimentos, ataques de patógenos e intempéries, o metabolismo secundário das plantas produz fenólicos principalmente por duas vias: via ácido chiquímico e via ácido malônico. Os fenólicos conferem aos tecidos vegetais: cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa. Além de atrativos para a alimentação humana, também despertam o interesse de animais que atuam na polinização e dispersão de sementes (BRAVO, 1998; NACZK; SHAHIDI, 2004; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005; VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010).

Amplamente distribuídos na natureza, com cerca de 8.000 moléculas conhecidas, os fenólicos são compostos bioativos e multifuncionais, pois possuem estrutura variável e podem estar presentes nos vegetais na forma livre ou conectados a açúcares e proteínas. Quimicamente são descritos como substâncias que possuem anel aromático, no qual pelo menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila. Os flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, cumarinas e ligninas, são exemplos de compostos fenólicos (SHAHIDI, 1997; BRAVO, 1998; ANGELO; JORGE, 2007; CARDOZO, et al., 2007).

A ação antioxidante dos compostos fenólicos deve-se a sua capacidade de interromper a cadeia de reação, doando elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, tornando-os termodinamicamente estáveis. Também podem reagir com os radicais livres, gerando um complexo lipídio-antioxidante, com potencial de reagir novamente com outro radical livre. Esse mecanismo atua na redução da oxidação lipídica em tecidos vegetais e animais. Doenças crônico-degenerativas estão associadas a atividade de radicais livres, produtos do próprio organismo, de modo que os compostos fenólicos apresentam potencial para neutralizar (ADEGOKE et al., 1998; SOARES, 2002; ROCHA et al., 2011).

O conteúdo nutricional e bioativo em hortaliças é variável em função das condições climáticas, variedade, tratos culturais, grau de maturação, armazenagem e processamento. Os sistemas produtivos influem na concentração dos compostos fenólicos nos tecidos vegetais, resultando em diversos níveis mesmo entre cultivos da mesma espécie. A incidência luminosa, por exemplo, é fator determinante na formação de flavona e flavonol, classes de flavonoides. A atividade da enzima fenilalanina amônia liase (PAL, *phenylalanine ammonia lyase*), entre o metabolismo primário e secundário, é aumentada por fatores ambientais, como a luminosidade, que exerce efeito nos fitocromos. Desse modo, folhas e partes externas das plantas, mais expostas a luz, apresentam maiores concentrados destes compostos (HEERMANN, 1976; RIGUEIRA et al., 2016; TAIZ et al., 2017).

Extratos de plantas do gênero *Allium* possuem potencial antioxidante atribuído aos compostos fenólicos da classe flavonoide, principalmente a quercetina (LANZOTTI, 2006; QUEIROZ, 2010).

Determinar o teor de compostos fenólicos totais em estruturas vegetais é essencial no estudo da funcionalidade e avaliação biológica do alimento, embasando o estímulo ao consumo e aplicações na prevenção de doenças. Para que cheguem até o consumidor, cabe a eficácia nos processos produtivos, de modo a favorecer as características benéficas de cada espécie.

### 2.2.3 Sólidos Solúveis (SS)

A cebolinha é um condimento altamente perecível, devido ao seu elevado teor de água e conseqüentemente intensa atividade metabólica. Os atributos de qualidade das hortaliças dependem da variedade, das condições edafoclimáticas, do manejo adequado durante o cultivo, no momento da colheita e na pós-colheita. O período de comercialização é limitado pelos processos de senescência, de modo que o estágio de maturação em que a hortaliça é colhida, influi na qualidade e vida útil.

Determinar o grau de maturidade dos produtos hortícolas é essencial para expansão dos mercados consumidores. Os índices de maturação abrangem características físico-químicas que se alteram ao longo da maturaescência (AZZOLINI, JACOMINO; BRON, 2004).

A concentração de sólidos solúveis é um dos critérios utilizados para avaliar a maturação, pois indica a proporção de sólidos dissolvidos na polpa ou suco. Engloba os açúcares totais presentes nos vegetais, os sais, algumas pectinas, os aminoácidos, as vitaminas hidrossolúveis e os ácidos. O teor de SS geralmente tende a aumentar com o avanço da maturação, sendo expresso em ° Brix ou quantidade, em gramas, de compostos solúveis a cada 100 gramas de solução (polpa ou suco) (LIMA et al., 2001; CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A escala numérica Brix é amplamente utilizada na indústria de alimentos para medir a concentração de todos os sólidos dissolvidos em água. O refratômetro é o instrumento utilizado para determinar o índice de refração da solução, que considera o desvio angular do feixe de luz ao passar pelo meio e sua resistência a passagem de radiação. Sabe-se que o índice de refração da água é 1,333 a 20 °C, de modo que a presença de solutos altera esse valor, permitindo determinar a concentração de SS em soluções aquosas de açúcar. A aferição também pode ser feita ainda no campo, com o auxílio de um refratômetro portátil (ZENEBO; PASCUET, 2005).

Os teores de sólidos solúveis contribuem para as percepções de aroma e sabor, e são susceptíveis a alterações conforme o ponto de colheita e manipulação do vegetal. Com isso, para determinar a maturação de determinados produtos hortícolas, sua medição é complementar a outras análises, como níveis de pungência, acidez e coloração (LIMA et al., 2001; GRANGEIRO et al., 2008).

#### 2.2.4 Acidez titulável

A presença de ácidos orgânicos nos vegetais influencia no sabor, odor, e cor, mas também na estabilidade e durabilidade. A importância da acidez vai além das percepções organolépticas do alimento, possuindo diversas aplicações na indústria, como conservante e indicador sensorial de qualidade (CECCHI, 2003).

A acidez, em conjunto com outros parâmetros, indica o grau de maturação e preservação dos produtos hortícolas. Os ácidos orgânicos tendem, de forma geral, a diminuir durante o amadurecimento, pois alimentam os processos respiratórios durante essa fase (SEYMOUR; TAYLOR; TUCKER, 2012).

A maioria das hortaliças apresenta baixa acidez, o que as torna mais susceptíveis à deterioração bacteriana. Os ácidos orgânicos comumente encontrados são: ácido cítrico (abacaxi, figo, laranja e tomate), ácido málico (banana, maçã, alface e espinafre), ácido tartárico (uva) e ácido pirúvico (cebola, cebolinha e alho). As proporções relativas dessas substâncias variam conforme o grau de maturação e condições de crescimento dos vegetais (PASCHOALINO, 1997; CHITARRA & CHITARRA, 2005; AROUCHA et al., 2010).

#### 2.2.5 pH

A potência hidrogeniônica, pH ( $-\log [H^+]$ ), expressa a concentração dos íons  $H^+$  que estão dissociados na solução ou ionizados no equilíbrio e indica a acidez real ou atual de uma solução. Em alimentos, o pH é um parâmetro que indica a susceptibilidade ao desenvolvimento de microrganismos, pois está associada inversamente com a acidez. Valores mais altos de pH e baixa acidez, favorecem o crescimento e desenvolvimento de grande parte dos agentes patogênicos (AROUCHA et al., 2010).

Os valores de pH também são critério de palatabilidade, pois estão relacionados com as percepções de sabor e aroma, principalmente as sensações de ácido, azedo e adstringente (SILVA et al., 2015).

O armazenamento, o transporte, a comercialização e a expansão da vida útil de um produto hortícola, dependem da manutenção de sua integridade e qualidade. Como parâmetro de segurança em relação a susceptibilidade a contaminação e degradação por microrganismos, a aferição do pH e determinação de valores padrões em hortaliças é ferramenta útil.

### 2.2.6 Pungência

O sabor é uma percepção composta por estímulos no olfato e paladar, sendo dividido em cinco sabores primários: doce, amargo, salgado, ácido e umami. Outros atributos compõem a compreensão do sabor, como a pungência, a adstringência, a sensação de azedo, o sabor metálico e o efeito refrescante. A pungência é o conjunto de sensações provocadas pelos nervos que partem do cerebelo para as cavidades oral e nasal, produzindo ardência, queimação, irritação e lacrimação. O efeito pungente ou picante é desencadeado por compostos capsaicinoides, piperina, alicina e gingerol, presentes em especiarias como as pimentas, mostarda, alho, cravo e gengibre (BADUI DERGAL, 2016).

A pungência só é sentida quando provocamos a ruptura dos tecidos vegetais. Cortar, manusear e mastigar uma cebola, rompe células e libera seus conteúdos, iniciando a produção dos precursores do sabor e aroma. Ácidos sulfênicos, ácido pirúvico e amônia, são as principais substâncias fabricadas e transformadas. Dentre esses compostos pungentes, o ácido pirúvico é o mais estável, sendo a sua concentração utilizada para estimar o grau de pungência em cebolas. O ácido pirúvico também está presente em outras espécies do gênero *Allium* com caráter picante, como o alho e a cebolinha (OLIVEIRA, 2003; MUNIZ, 2007; GRANGEIRO et al., 2008; BERNO, 2013).

Schwimmer & Weston (1961) estudando a percepção olfativa das cebolas, encontraram um método para estimar o aspecto pungente através da correlação significativa com as concentrações de ácido pirúvico e seus derivados, como o piruvato. Ao preparar o suco com bulbos macerados, as maiores quantidades de ácido pirúvico desenvolvido enzimaticamente estavam em consonância com as sensações olfativas dos materiais mais pungentes.

Compreender e quantificar a pungência confere melhor uso dos vegetais, atendendo as preferências de cada mercado consumidor. No geral, para o consumo *in natura*, se busca variedades dos tipos doces ou suaves, materiais com menor grau de pungência. Já as variedades com elevada pungência, são interessantes para as unidades processadoras, pois parte das características organolépticas pode ser perdida durante os processos (VILELA et al., 2005).

### 2.2.7 Cor

Dentre as características de maior atenção por parte dos consumidores, está a aparência das hortaliças, que engloba aspectos como cor, textura, tamanho, forma e brilho. Por gerar a

primeira impressão no consumidor, a cor interage com a percepção de outros atributos sensoriais. Para ser aceito, o alimento deve apresentar cores dentro de uma faixa esperada. Isso porque, a cor é um parâmetro que representa a segurança do alimento, pois suas alterações indicam processos dinâmicos, como a maturação e a deterioração (FRANCIS, 1995; MALHEIROS, 2007).

A coloração dos vegetais advém principalmente da presença dos pigmentos: carotenoides, antocianinas e clorofila. Os carotenoides são responsáveis pelos tons de amarelo ao vermelho, enquanto as antocianinas conferem tonalidades do vermelho ao violeta. Os tons de verde indicam a presença de clorofila, sendo o pigmento em maior abundância na natureza e o principal em absorver energia luminosa na fotossíntese (CHITARRA & CHITARRA, 2005; CERQUEIRA, 2012).

Organelas das células vegetais, os cloroplastos são aparelhos fotossintéticos, que nas plantas superiores sempre contêm dois tipos de clorofila: clorofila *a* e clorofila *b*. Para a percepção humana a clorofila *a* compreende a tonalidade verde – azulada, à medida que a clorofila *b*, verde – amarelada. Geralmente a razão molar entre clorofila *a* e *b* é de 3:1 e apesar de ambas serem verdes, apresentam espectros de absorção ligeiramente distintos (SCHWARTZ & LORENZO, 1990; MALHEIROS, 2007).

A colorimetria é a ciência que reúne o conjunto de técnicas, estudos e modelos matemáticos, buscando descrever e representar a interação da luz com os corpos, captada pelos órgãos visuais e interpretada pelo cérebro (FERREIRA; SPRICIGO, 2017).

A cor possui como atributos principais a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade. Os equipamentos mais conhecidos para mensurar numericamente a composição de uma cor são os espectrofotômetros e os colorímetros, que eliminam o aspecto subjetivo da avaliação visual.

Os espectrofotômetros demonstram em cada comprimento de onda, conforme faixa de medição do instrumento, a curva de distribuição de refletância da amostra. Enquanto os colorímetros, de forma análoga ao sistema visual humano, separam os componentes RGB (Red, Green, Blue – Vermelho, Verde e Azul) da luz. (LOPES, 2009; FERREIRA; SPRICIGO, 2017).

Por possuir três combinações de filtro-fotocélula, semelhantes as respostas dos cones do olho (vermelhos, verdes e azuis), os colorímetros triestímulos fazem a leitura direta do objeto e gera valores que são convertidos em relações matemáticas para representar a cor. Com iluminantes e observadores padronizados, fornecem coordenadas colorimétricas universais, permitindo a transmissão desses dados via internet e a posterior reprodução da cor. Desse modo,

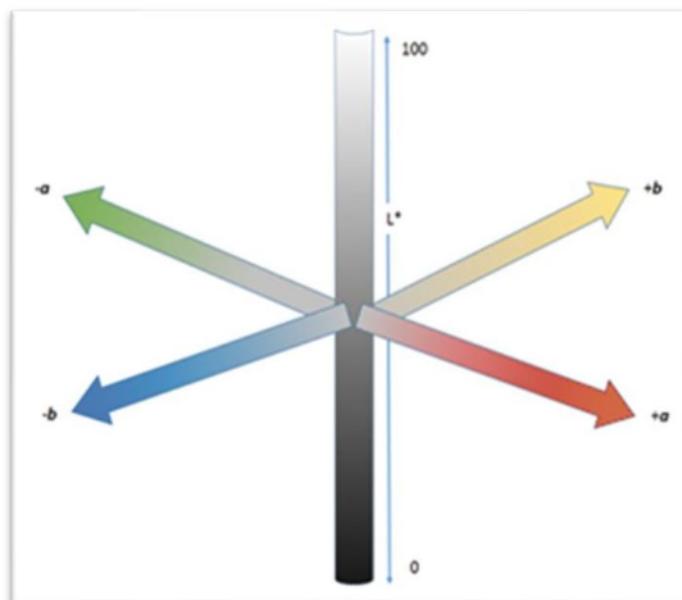
“medir a cor” corresponde a localizá-la em termos de coordenadas dentro de um espaço de cores (FRANCIS, 1995; MALHEIROS, 2007).

A CIE (Comissão Internacional de L’Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) surgiu em 1931, criou o observador padrão 2° (leia-se observador padrão dois graus) e os iluminantes A, B e C. Desenvolveu também os cálculos com os valores triestímulos (XYZ) e as coordenadas de cromaticidade xy.

Os valores triestímulos XYZ representam um espaço tridimensional, de difícil definição em termos visuais, assim como o diagrama de cromaticidade xy, pois estes são aplicados apenas a cores que possuem a mesma iluminância. As cores se diferem em cromaticidade, mas também em luminância, se fazendo necessário métodos que contemplem estas variáveis.

O espaço psicométrico CIELAB (CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) (Figura 1) passou a ser recomendado como padrão em 1976, por ser mais preciso e próximo a percepção humana. É organizado em coordenadas retangulares cartesianas, onde o eixo principal  $L^*$  (luminosidade) assume valores de 0 para preto e 100 para o branco. A coordenada  $a^*$  representa o conteúdo de verde (-a) ao vermelho (+a) e  $b^*$  do azul (-b) ao amarelo (+b) (FERREIRA; SPRICIGO, 2017).

Figura 1 – Espaço de cor CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$ .

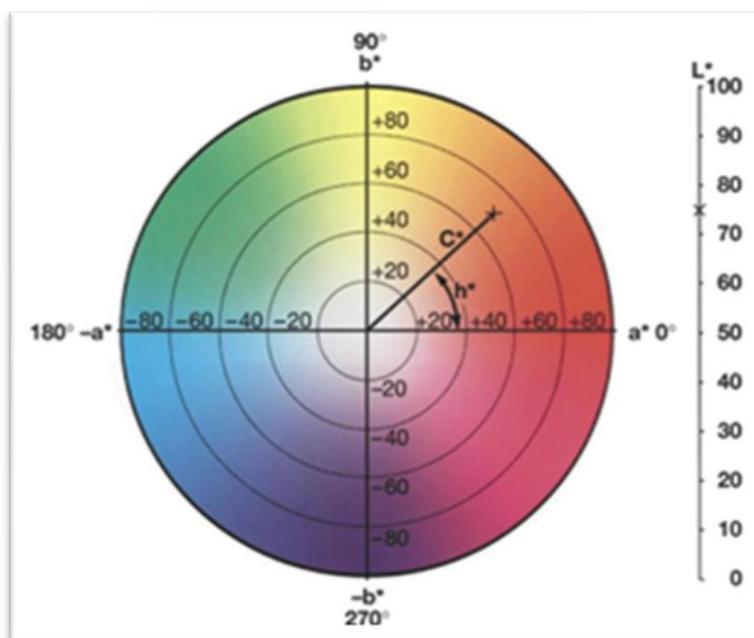


Fonte: FERREIRA; SPRICIGO (2017).

O sistema CIELCH (CIE  $L^*$  = lightness;  $C^*$  = chroma;  $h^\circ$  = hue angle) também é recomendado como padrão pela CIE, mas utiliza coordenadas cilíndricas de luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $C^*$ ) e ângulo de matiz ou hue ( $h^\circ$ ) (Figura 2), de modo que uma cor pode ser descrita como um ponto no espaço tridimensional matiz-luminosidade. O ângulo de matiz varia de  $0^\circ$  a

270° e representa a tonalidade, onde de 0° a 90° estão os vermelhos, de 90° a 180° os verdes e de 180° a 270° os azuis. A luminosidade ou claridade assume valores entre 0 e 100 e refere-se ao brilho do objeto, como azul claro ou azul escuro. O valor de croma ou saturação, varia de 60 para cores vivas à 0 para cores neutras, representando o desvio do matiz ao cinza neutro, como por exemplo o azul puro ou azul acinzentado (MCGUIRE, 1992; MALHEIROS, 2007; CERQUEIRA, 2012; LAWLESS & HEYMANN, 2013).

Figura 2 – Espaço de cor CIE L\*C\*h°.



Fonte: FERREIRA; SPRICIGO (2017).

A utilização de colorímetro para análise instrumental de alimentos é interessante por ser um método não destrutivo, com relação direta aos teores de pigmentos vegetais, fornecendo dados para avaliar a qualidade *in natura* e/ou processados, determinante da vida útil de um produto (SINNECKER et al., 2002).

### 2.3 MACRONUTRIENTE: MAGNÉSIO

Os elementos minerais essenciais para o crescimento vegetal compõem estruturas ou atuam no metabolismo, de modo que a ausência acarreta anormalidades, podendo impedir a conclusão do ciclo de vida das plantas. Conforme as concentrações relativas nos tecidos vegetais, são classificados como macro e micronutrientes (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O magnésio é o macronutriente absorvido em menor quantidade em comparativo com os demais, sendo consumido pelas plantas como cátion divalente ( $Mg^{2+}$ ). Alguns tecidos vegetais apresentam concentrações de macro e micronutrientes muito próximas e por isso, pesquisadores também os classificam de acordo com o seu papel bioquímico e funções fisiológicas. Nessa classificação, os nutrientes minerais foram divididos em quatro grupos básicos e, o magnésio ficou alocado no terceiro grupo, juntamente com o potássio, o cálcio, o zinco, o cloro e o sódio. Esses elementos minerais permanecem na forma iônica, ou seja, estão presentes nos tecidos como íons livres dissolvidos na água do vegetal ou ligados a substâncias da parede celular. Do ponto de vista fisiológico, o magnésio é essencial na transferência de fosfatos e como integrante da clorofila. O átomo de magnésio garante configuração das moléculas, ficando no centro das clorofilas *a* e *b* (EPSTEIN; BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006; FILGUEIRA, 2013; TAIZ et al., 2017).

Além da sua funcionalidade no pigmento fotossintético, o magnésio é um catalizador enzimático importante na transformação energética. Isso porque, está envolvido na transferência de energia via adenosina trifosfato (ATP), de modo que as ATPases necessitam do complexo Mg-ATP para atuar. Ativando mais enzimas do que qualquer outro nutriente mineral, tem papel fundamental no ciclo de Calvin-Benson, com o acionamento da Rubisco. Atua no controle do pH nas células, no equilíbrio de cargas e é essencial na síntese das estruturas de RNA, DNA e proteínas. Fundamental no metabolismo celular, o magnésio é móvel na redistribuição no interior da planta (SILVA; WILLIAMS, 2001; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O desequilíbrio no fornecimento de magnésio ocasiona a clorose de folhas mais velhas, e quando persiste o déficit, as folhas mais jovens também são afetadas. O excesso de magnésio no substrato pode afetar o aproveitamento de potássio e cálcio, enquanto baixas concentrações acarretam a maior probabilidade de doenças, principalmente fúngicas. Na formulação de soluções nutritivas, é necessário manter o balanço de cátions, de modo que a recomendação é que a concentração de Mg não seja superior que a de Ca, permitindo assim o pleno desenvolvimento dos vegetais. Os distúrbios podem acontecer principalmente no sistema radicular, mais sensível à deficiência de cálcio (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000; NASCIMENTO et al., 2009).

Ao avaliar a exclusão de magnésio em solução nutritiva no cultivo hidropônico de manjeriço (*Ocimum* sp.), Amaral et al (1999) observaram o aparecimento de clorose internerval e pequenas necroses irregulares e acinzentadas, que se iniciavam nas margens e posteriormente atingiam o limbo foliar, na porção superior da parte aérea. Nesse mesmo

experimento, houve o aumento significativo na concentração e na quantidade de cálcio nas raízes, provocada possivelmente pelo antagonismo entre esse elemento e o magnésio.

A cultura da cebola (*Allium cepa* L. var. Baía Piriforme precoce de Piracicaba) quando sujeita a deficiência de magnésio apresentou secamento do ápice das folhas e bulbos menores (HAAG; HOMA; KIMOTO, 1968).

Belfort e Haag (1983) analisando a carência de macronutrientes em cebolinha através da restrição nas soluções nutritivas, concluíram que a ausência de magnésio ocasiona em folhas mais velhas a coloração verde esbranquiçada e secamento do ápice.

## 2.4 SISTEMAS HIDROPÔNICOS

Das palavras gregas “hydros” e “ponos”, água e trabalho respectivamente, originou-se o termo hidroponia. Conhecida também de povos de tempos remotos, presente nos jardins suspensos da Babilônia e jardins flutuantes dos astecas, a técnica passou a ser usual a nível comercial no Brasil na década de 80. Aliada aos conhecimentos de nutrição mineral de plantas, o cultivo hidropônico oportuniza a produção de vegetais na ausência de solo, pois consiste no fornecimento de nutrientes minerais essenciais através de soluções aquosas balanceadas (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000; FILGUEIRA, 2013).

O desempenho dos sistemas hidropônicos depende dos conhecimentos a respeito das necessidades nutricionais dos vegetais a serem trabalhados, bem como os fatores climáticos, fitossanitários e levantamento dos recursos financeiros disponíveis para a instalação da infraestrutura. Isso porque, a hidroponia requer ambiente protegido, equipamentos e insumos. No entanto, não são necessários tratamentos culturais comuns ao sistema convencional, como a rotação de culturas, controle de plantas daninhas, preparo e correção do solo. Sabido as exigências em nutrientes, é possível cultivar qualquer espécie de planta.

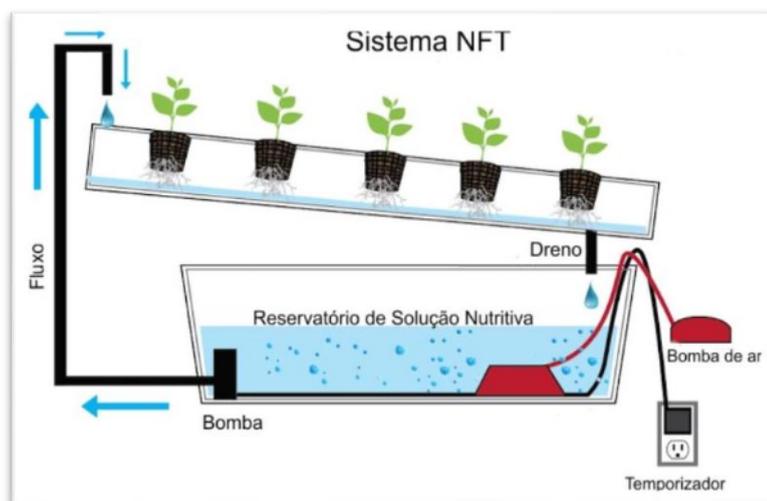
Várias são as técnicas de produção através de soluções aquosas, como a hidroponia de aeração estática, o cultivo em água profunda ou floating, a fertirrigação e o sistema de fluxo laminar de nutrientes (Nutrient Film Technique – NFT), sendo esta última a mais empregada (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000).

O sistema NFT surgiu em 1965, na Inglaterra. Compreende ao método em que as plantas são cultivadas em canais, calhas ou tubos, nos quais a solução nutritiva circula intermitentemente, com intervalos controlados por temporizador (COMETTI, 2003).

As raízes das plantas em contato com a solução nutritiva são capazes de absorver os nutrientes, de modo que ficam parcialmente submersas na lâmina de água, permitindo a manutenção da respiração. A espessura do fluxo da solução deve ser suficiente para que a planta absorva o necessário, mas não deverá ser elevada de tal forma que as raízes fiquem submergidas, pois nessa situação há falta de oxigenação radicular, apodrecimento e consequentes perdas produtivas (BEZERRA NETO; BARRETO, 2013).

Atualmente se têm disponível conjuntos hidropônicos apropriados ao cultivo NFT, composto por perfis, motobomba, reservatório de solução nutritiva, sistema de distribuição e painel de controle com temporizador, de modo facilitar e garantir a eficiência da produção (Figura 3).

Figura 3 – Modelo esquemático de sistema NFT.



Fonte: Tudo Hidroponia (2013).

Através dos sistemas hidropônicos é possível atender a demanda por produtos hortícolas de alta qualidade. Com a otimização dos recursos naturais e melhorias na ergonomia, associadas à precocidade e às elevadas produtividades em espaços reduzidos, a hidroponia possibilita o abastecimento independentemente da sazonalidade e adversidades edafoclimáticas locais (PADOVA, 2000; FILGUEIRA, 2013).

#### 2.4.1 Soluções nutritivas

O solo é o principal meio de cultivo de vegetais, mas pode ser dispensado. Areia, vermiculita, argila expandida, fibra de coco e serragem são alguns exemplos de outros meios

sólidos utilizados na agricultura. No entanto, sabe-se que estes cumprem a função de fornecer sustentação, de modo a ser um sistema inerte para levar a solução nutritiva ao sistema radicular. Em sua essência, a produção vegetal depende da disponibilidade dos nutrientes essenciais na fração aquosa do sistema, em concentrações e proporções adequadas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Visto a grande diversidade de plantas e suas particularidades, bem como a infinidade de interações as quais participam, dificilmente uma formulação única de sais seja ideal para todas as culturas. Porém, conhecidas as exigências de cada espécie em cada estágio fenológico e as condições as quais estão inseridas, os esforços científicos buscam determinar a composição de soluções nutritivas balanceadas, a fim de favorecer elevadas produtividades associadas à eficiência econômica na gerência dos sistemas (JONES JR, 1982; DOUGLAS, 2001).

O nitrato de potássio, o fosfato de cálcio e o sulfato de magnésio, são capazes de fornecer basicamente todos os macronutrientes requeridos, porém a adição de mais um sal promove maior flexibilidade na determinação de concentrações e proporções de íons. Assim, os macronutrientes potássio, cálcio e magnésio devem compor a solução na forma de cátions, enquanto o fósforo e o enxofre como ânions, fosfato e sulfato (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A principal fonte de nitrogênio é na forma de ânion nitrato, mas também pode ser fornecido como cátion amônio. Somado ao dimensionamento dos macronutrientes na solução, esta deve conter níveis relativamente baixos, mas apropriados de micronutrientes, além da manutenção do pH em faixa ideal. A temperatura, a umidade, a luminosidade, a força iônica, bem como fatores relativos à presença de moléculas orgânicas, como as substâncias quelantes, norteiam as adequações das soluções (COMETTI et al., 2006; EPSTEIN; BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O experimento foi realizado na Unidade de Ensino e Pesquisa de Olericultura, instalada na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (25°42'S, 53°06'W e altitude 520 m). Segundo a classificação de Köppen o clima da região se enquadra em Cfa (ALVARES et al., 2013).

Os perfis hidropônicos com os tratamentos ficaram alocados durante o período do experimento, entre outubro e novembro de 2020, em ambiente protegido tipo arco. A estrutura de 9 m de largura e 48 m comprimento, com 3,5 m de pé direito, possui cobertura de polietileno transparente com 150 µm de espessura e laterais abertas. O sistema conta também com uma tela vermelha com 35 % de sombreamento (Figura 4).

Figura 4 – Cultivo de cebolinha em sistema hidropônico.



Fonte: A autora (2020).

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido com o delineamento blocos ao acaso, composto por cinco tratamentos com cinco repetições cada. O sistema hidropônico foi de fluxo laminar de nutrientes (NFT). A partir da solução original proposta por Furlani et al. (1999) para diversas hortaliças, os tratamentos foram dimensionados de forma a fornecer diferentes concentrações de sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ), além da concentração padrão constante na solução original. O tratamento padrão (Tabela 1) compreendeu a concentração original T1 ( $0,4 \text{ g L}^{-1}$ ), T2 (T1 + 5 %), T3 (T1 + 10 %), T4 (T1 + 15 %) e T5 (T1 + 20 %).

Tabela 1 – Composição da solução nutritiva padrão.

Sal ou fertilizante	g/450L
Nitrato de cálcio	337,5
Nitrato de potássio	225
Fosfato monoamônio (MAP)	67,5

Sulfato de magnésio	180
Micronutrientes(CONMICROS STANDARD®)	11,25

Fonte: Adaptado de Furlani et al (1999).

Cada tratamento consistiu em uma mesa de produção, composta por oito perfis hidropônicos com 15 plantas cada. Os perfis das bordas foram desconsiderados na análise, caracterizando cada perfil como uma repetição, totalizando cinco para cada tratamento.

### 3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

#### 3.3.1 Aquisição e transplante das mudas

A cultivar de *Allium schoenoprasum* foi a “Todo Ano”, em função da sua disponibilidade no viveiro local e maior aceitabilidade por parte dos produtores.

As mudas foram produzidas via sementes, com o substrato comercial Agrinobre®, em bandejas de isopor de 200 alvéolos. O padrão comercializado pelo viveiro são plantas com 30 dias e altura média de 15 cm, que foram transplantadas ao sistema hidropônico no dia 07 de outubro de 2020.

#### 3.3.2 Preparo das soluções nutritivas

A partir da solução nutritiva proposta por Furlani et al (1999) para o cultivo de diversas hortaliças, foram formuladas as soluções correspondentes aos tratamentos, diferindo nas concentrações de sulfato de magnésio e adaptando-as para o volume de 450 litros. Com o auxílio da balança de precisão do setor de Olericultura todos os fertilizantes foram pesados e devidamente identificados para posterior diluição nos reservatórios das soluções. Para atender a demanda de micronutrientes utilizou-se o produto comercial ConMicros, composto por: B 1,82 %, Cu EDTA 1,82 %, Fe EDTA 7,26 %, Mn EDTA 1,82 %, Mo 0,36 %, Na 0,335 % e Zn EDTA 0,73 %.

### 3.3.3 Mesas de produção e limpeza do sistema

As soluções nutritivas ficaram armazenadas em reservatórios de polietileno, tipo caixa d'água de 500 litros, sendo uma para cada mesa de cultivo. As mesas de produção, compostas por oito perfis de polipropileno de seis metros de comprimento cada, foram sustentadas por cavaletes de madeira com declividade de 8 %.

Desse modo, com auxílio de uma moto bomba de 45 watts (marca Atman®), a solução nutritiva foi succionada a altura manométrica de 2,5 m e elevada até o sistema injetor, que disponibilizou a solução para as plantas. Por um sistema de calhas, a solução foi recolhida e retornou ao reservatório.

Diariamente, o volume de água nos reservatórios foi monitorado a fim de se completar a diferença absorvida. Foram realizadas leituras a cada dois dias do pH, para manter a faixa de 5,5 a 6,5 e da condutividade elétrica próxima a 2,0 mS cm<sup>-1</sup>. Para a conferência desses valores, as amostras coletadas das soluções nutritivas de cada caixa d'água passaram por análises com o phmetro portátil (marca GEHAKA®, modelo PG 1400) e condutivímetro portátil (marca GEHAKA® modelo CG1400), disponíveis no setor de Olericultura.

Antecedendo a instalação do experimento todos os perfis foram higienizados com água e sabão líquido neutro, de modo a eliminar resíduos de cultivos anteriores e organismos indesejados, como algas.

## 3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Para a determinação da qualidade da cultura da cebolinha, foram coletados dados no momento da colheita, dia 18 de novembro de 2020.

### 3.4.1 Teor de clorofila

Com o clorofilômetro portátil, ClorofiLog, marca Falker®, avaliou-se no momento da colheita, o teor de clorofila presente nas folhas das cebolinhas, resultando no Índice Relativo de Clorofila (IRC). Através de princípios ópticos, baseados na absorbância e refletância da luz pelas folhas, o equipamento fez a leitura do material foliar de quatro plantas por tratamento, de forma aleatória. Em cada planta, a leitura foi realizada em dois pontos diferentes, próximo ao ápice da folha e outro próximo à base.

### 3.4.2 Compostos fenólicos

A determinação do teor de compostos fenólicos totais presentes na cebolinha baseou-se no método colorimétrico desenvolvido por Singleton & Rossi (1965) e adaptada por Nuutila et al. (2003). Em solução alcalina, esta metodologia utiliza o reagente Folin – Ciocalteu, que consiste em uma mistura de ácidos fosfotúngstico e molibidico.

Na presença de redutores, no caso os fenóis, o molibdênio e o tungstênio passam para o estado de oxidação, permitindo a quantificação de substâncias redutoras. A cor azul gerada na reação refere-se as moléculas reduzidas, enquanto as não reduzidas são amarelas e decompõem-se lentamente em pH alcalino, necessário para a manutenção da estrutura do fenol (SHAHIDI, 1997; ANGELO; JORGE, 2007; SOUZA et al., 2009).

Primeiramente foi necessário preparar a solução de Folin – Ciocalteu a 10 %, adicionando em um béquer 10 mL do reagente e 90 mL de água destilada, homogeneizando na sequência. A solução de carbonato de sódio também foi preparada com antecedência, consistindo na pesagem de 4 g desse sal, diluindo-os em 80 mL de água destilada e completando o seu volume para 100 mL.

Para avaliar os diferentes tratamentos, amostrou-se seis plantas de cada, compondo assim as seis repetições. De cada planta se retirou cerca de 1 g de material foliar, que foi macerado com gral de porcelana e pistilo, na presença de solvente, 1 mL de água destilada. Essas amostras foram alocadas em tubos com 9 mL de água destilada, seguindo para a centrifuga (NovaTécnica – Modelo NT 810).

Após a centrifugação a 3500 rpm por trinta minutos, 1 mL do sobrenadante foi transferido para tubo de ensaio, onde adicionou-se 2,5 mL da solução de Folin – Ciocalteu 10 %. Com uma breve agitação do tubo, incorporou-se na sequência 2,0 mL de carbonato de sódio a 4 %.

A leitura das absorbâncias em espectrofotômetro digital (Global Analyzer, modelo GTA-96) só foi possível após as amostras passarem por duas horas no escuro, em temperatura ambiente, dentro de uma caixa de papelão. A cor azul produzida na reação de redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenóis foi mensurada com espectrofotometria na faixa de absorção de 735 nm.

A quantificação do teor de fenólicos baseou-se nos valores de absorbância das amostras e na curva padrão de ácido gálico. Para elaborar a curva, preparou-se sete concentrações diferentes (0,100 a 0,600  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) de ácido gálico (Figura 5), submetendo-as a metodologia

descrita acima, a partir da adição da solução de Folin – Ciocalteau. Com as concentrações de ácido gálico conhecidas e com os valores de absorvância das mesmas, foi possível gerar a seguinte equação no software Excel:

$$y = 1,9671x - 0,0613 \quad (R^2 = 0,9885)$$

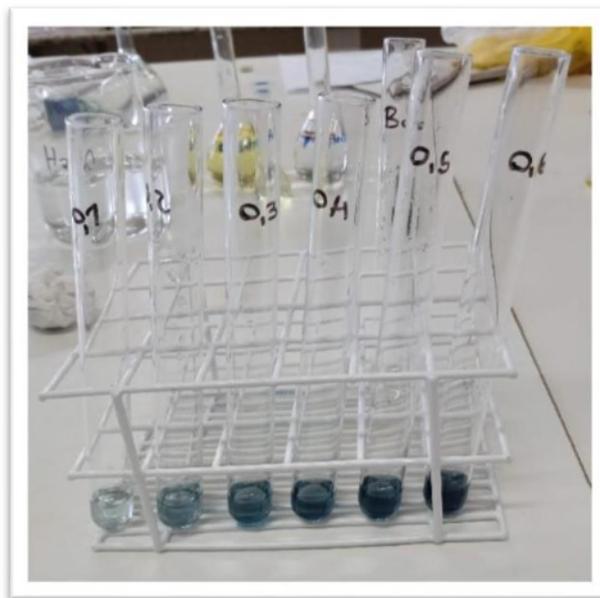
Onde:

y = teor de fenólicos totais

x = valor de absorvância

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação do modelo

Figura 5 – Soluções com diferentes concentrações de ácido gálico.



Fonte: A autora (2020).

Com os valores das leituras de absorvância das amostras de extrato de cebolinha na equação da curva padrão, o teor de fenólicos totais foi expresso em miliequivalentes de ácido gálico por grama de massa fresca de cebolinha.

### 3.4.3 Sólidos Solúveis

O conteúdo de sólidos solúveis (SS), expressos em ° Brix, foi obtido pela leitura direta dos extratos das folhas pelo refratômetro digital. Para obter o suco da cebolinha, foi necessário

cortar uma folha ao meio e, com o auxílio de uma espátula, raspar o conteúdo, retirando cerca de duas gotas. A amostragem consistiu em duas plantas por repetição de cada tratamento.

#### 3.4.4 Acidez titulável

A acidez real ou atual de uma solução é expressa pelo pH ( $-\log [H^+]$ ), que indica a concentração de íons  $H^+$  no equilíbrio ou dissociados. A acidez potencial corresponde a concentração de ácidos não ionizados ou não dissociados que podem vir a se ionizar. A soma dos  $H^+$  ionizados e não ionizados de uma solução compõem a acidez total.

Para mensurar a acidez total de um alimento geralmente adota-se a análise volumétrica ácido-base. O método de titulação consiste na determinação da quantidade de ácido da amostra que reage com uma base de concentração conhecida. Em amostras de coloração clara, onde é possível visualizar a mudança de cor, pode-se utilizar uma substância indicadora do ponto de viragem, como a fenolftaleína. No caso de amostras coloridas, como o extrato da cebolinha, o parâmetro adotado na verificação da viragem é a medida do pH. O pH de viragem na titulação é 8,2, onde se estima que todo o ácido orgânico presente foi neutralizado pela base. Em alimentos, os ácidos avaliados são de caráter fraco e as bases fortes, resultando em uma solução básica (CECCHI, 2003).

Baseada na metodologia exposta por Moretti et al. (1998) para mensurar ácido cítrico em tomates e adaptada por Muniz (2007) para quantificar o ácido pirúvico em cebolas, a determinação da acidez titulável da cebolinha iniciou-se com o preparo da solução base. Pesou-se 1 g de hidróxido de sódio (NaOH), dissolvendo-o em 250 mL de água destilada, a fim de obter uma solução de NaOH 0,1 N.

Para cada tratamento, coletaram-se seis plantas, onde cada uma forneceu 10 g de material foliar. No liquidificador, com a adição de 90 mL de água destilada, as amostras foram homogeneizadas. Cada amostra foi alocada em um frasco Erlenmeyer, devidamente identificado, com o respectivo tratamento e repetição.

Com o auxílio da bureta graduada, foi possível determinar o volume da solução de NaOH gasto para que cada amostra atingisse o pH 8,2, verificado pelo pHmetro de bancada do laboratório de Biologia Molecular da UTFPR. Todas as amostras tiveram a aferição do pH antes da adição da solução de NaOH.

A determinação da acidez da cebolinha foi expressa em miliequivalentes de ácido pirúvico por kg de matéria fresca e calculada através da relação:

$$\text{Acidez titulável} = \frac{V * N}{Pa}$$

Onde:

V (mL) = volume gasto da base

N = normalidade da solução de NaOH

Pa (g) = peso da amostra

#### 3.4.5 Ratio

A ratio foi determinada através da relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SS/AT) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

#### 3.4.6 pH

O pH do extrato de cebolinha foi avaliado pelo método eletrométrico, utilizando o phmetro portátil. Conforme os métodos químicos e físicos para análise de alimentos, do Instituto Adolfo Lutz (1985), pesou-se 10 g de folhas de cebolinha, triturando-as no liquidificador com o acréscimo de 100 mL de água. Após a agitação e uniformidade, o pH da solução foi determinado com o aparelho previamente calibrado.

Para cada tratamento, analisou-se o material foliar de três plantas, representando as repetições.

#### 3.4.7 Pungência

A pungência das cebolinhas foi determinada baseada nos teores de ácido pirúvico, no método desenvolvido por Schwirmer & Weston (1961) para cebolas, modificado por Anthon & Barrett (2003) e adaptado novamente no presente estudo. As mudanças foram feitas principalmente nas concentrações e volumes dos extratos e reagentes.

Para avaliar cada tratamento, foram coletadas aleatoriamente cinco plantas, correspondendo as cinco repetições, de onde se retirou uma pequena porção de folhas, cerca de uma grama.

O material foliar foi pesado em balança de precisão e macerado com gral de porcelana e pistilo, na presença de solvente, 1 mL de água destilada. Com a homogeneização da amostra, sendo visível a total destruição da estrutura foliar, adicionou-se 1 mL de água destilada,

transferindo todo o conteúdo para tubos de ensaio, que permaneceram em repouso por 10 minutos.

Com o auxílio de uma pipeta eletrônica, 0,5 mL do sobrenadante de cada amostra, foi transferido para outro tubo de ensaio com 1,5 mL de ácido tricloroacético 5 %. Cada tubo foi agitado no vortex, por cerca de 1 minuto, seguido por repouso de 1 hora.

Passado este período, adicionou-se 1 mL de água destilada e 1 mL 0,0125 % de 2,4 - dinitrofenilhidrazina (DNPH), agitando novamente no vortex. Na sequência, os tubos de ensaio foram colocados em banho-maria a 37 °C por 10 minutos. As soluções foram refrigeradas em água e gelo e logo após adicionou-se 5 mL a 0,6 M de NaOH, responsável por paralisar a reação enzimática. As leituras foram feitas em espectrofotômetro digital (Global Analyzer, modelo GTA-96) a 420 nm.

Por espectrofotometria este método avalia o desenvolvimento enzimático do ácido pirúvico como indicador do grau de pungência. Os valores de absorbância determinaram a concentração de ácido pirúvico das amostras através da curva padrão do piruvato de sódio. A produção enzimática do ácido pirúvico foi expressa em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de ácido pirúvico/grama de cebolinha.

Para a elaboração da curva padrão, preparou-se 6 concentrações diferentes de piruvato de sódio (0 a 50  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ), submetendo-as a toda metodologia descrita acima no lugar do extrato de cebolinha. Com as concentrações conhecidas e os valores de absorbância, foi possível gerar a curva padrão no programa Excel.

#### 3.4.8 Cor

A análise de cor da epiderme foi realizada por meio do colorímetro portátil da marca Konica Minolta, modelo CR-400 (Figuras 6 e 7), que fornece valores triestímulos (XYZ), coordenadas de cromaticidade xy e opera nos espaços de cores CIELAB e CIELCH.

Figuras 6 e 7 – Colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400.



Fonte: A autora (2020).

Para cada tratamento, coletaram-se quatro plantas, analisando aleatoriamente cinco folhas de cada. As leituras foram feitas próximas a região apical e basal das folhas, com repetição frente e verso, totalizando 80 análises para cada tratamento.

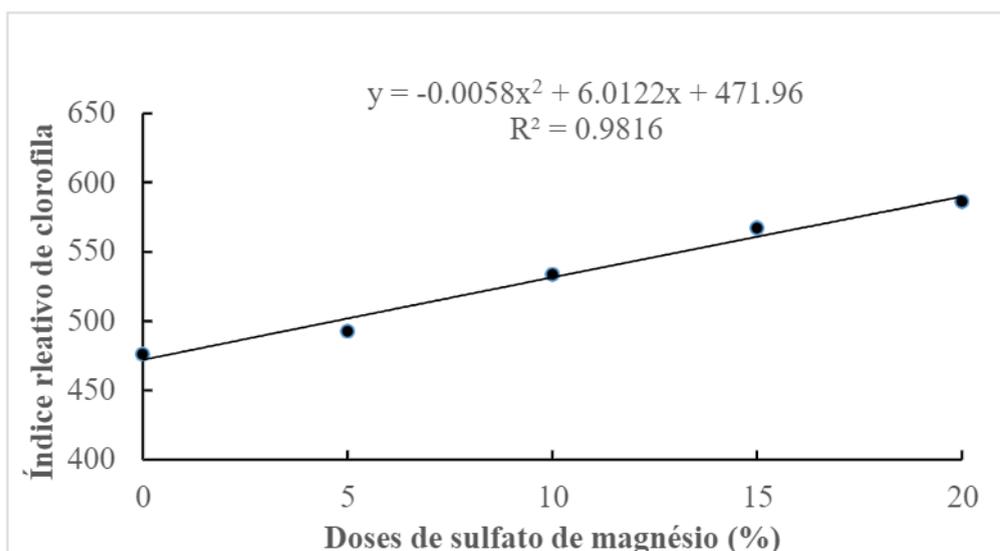
### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para testar a normalidade dos dados efetuou-se o teste de Normalidade de Shapiro-Wilk (S – W), sendo realizado com grau de confiança de 95 % (nível de significância de 5 %). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância com teste F ( $p < 0,01$ ) e quando significativo o efeito dos tratamentos foi aplicado análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico “SAS Studio” (SAS Institute, 2014).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice relativo de clorofila demonstrou que o acréscimo de sulfato de magnésio nas soluções nutritivas proporcionou o incremento na cor verde das plantas (Figura 8). O maior valor de clorofila (586,37) foi observado na maior dose (20 %) de sulfato de magnésio.

Figura 8 – Índice Relativo de Clorofila de cebolinha hidropônica em resposta ao acréscimo de sulfato de magnésio nas soluções nutritivas.

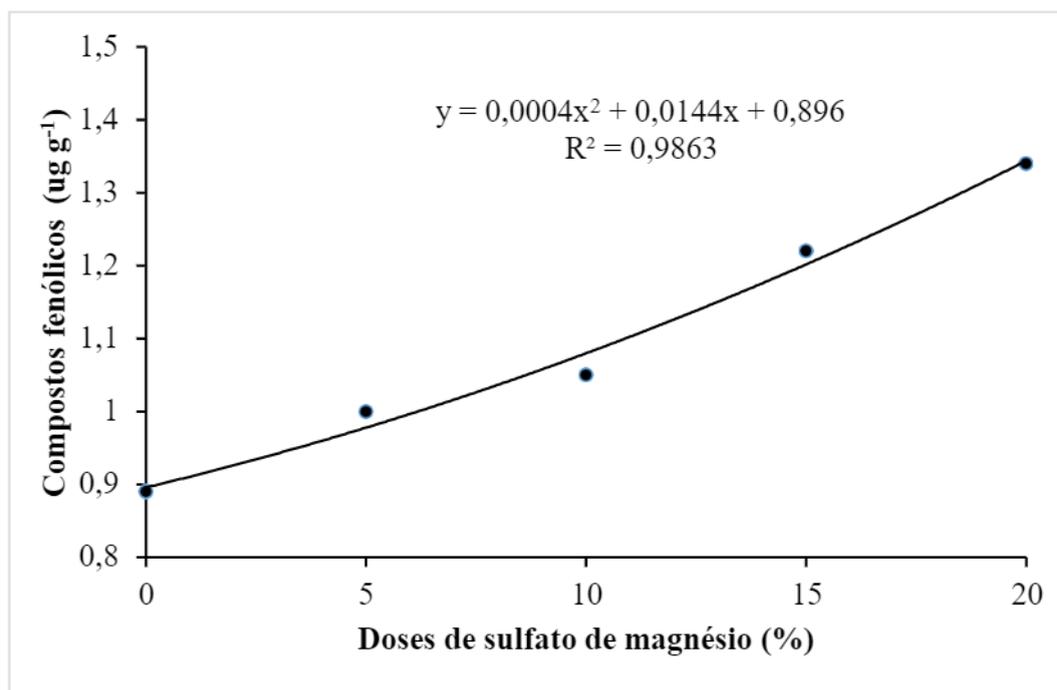


Fonte: A autora (2021).

Ganhos no teor de clorofila podem contribuir para a atratividade e consumo de hortaliças verdes, pois relaciona-se com a intensidade da cor, o estágio de maturação e valor nutritivo. Além dos fatores genéticos e luminosidade, a disponibilidade de nutrientes durante o cultivo é fator intrínseco a síntese de clorofila. O magnésio é imprescindível na composição do pigmento cloroplastídico, ocupando posição central na molécula. Aproximadamente 10% do Mg total das folhas está alocado nas clorofilas, de modo que aumentar o fornecimento do mineral no substrato pode propiciar maior absorção e concentração do pigmento (MALAVOLTA, 2006; SILVA et al., 2015).

As doses de sulfato de magnésio avaliadas influenciaram significativamente o conteúdo de compostos fenólicos presentes na cebolinha europeia (*Allium schoenoprasum*) (Figura 9). As plantas submetidas ao tratamento com a dose de 20 % de sulfato de magnésio, demonstraram incremento de 50,6 % de compostos fenólicos em relação a dose padrão.

Figura 9 – Compostos fenólicos de cebolinha cultivada em hidroponia com diferentes doses de sulfato de magnésio.



Fonte: A autora (2021).

O manejo das culturas, principalmente da adubação e nutrição mineral, influencia na composição e na qualidade dos vegetais. Diferentes sistemas de produção, como o convencional e o orgânico resultam em alimentos com variados teores de compostos bioativos. Mitchell et al. (2007) acompanhando durante dez anos o teor de fenólicos em tomates secos, cultivados e processados com preceitos orgânicos e convencionais, constataram que os vegetais do manejo orgânico tiveram aumento nos níveis de flavonoides ao longo do tempo. Os autores atribuíram esses ganhos ao equilíbrio e disponibilidade de nutrientes presentes no solo das parcelas de agricultura orgânica. Sugerem também, que o excesso e acúmulo de nitrogênio, aplicado constantemente nas áreas de cultivo convencional, favoreceu o crescimento das plantas e acúmulo de matéria seca, mas resultou na redução da concentração de metabólitos secundários.

A eficiência dos sistemas hidropônicos está associada a formulação de soluções nutritivas adequadas, que atendam às necessidades de cada espécie, em consonância com as interações dos elementos dissolvidos. Os diferentes tipos de fertilizantes possuem efeito expressivo na concentração de compostos antioxidantes (TOOR; HEEB, 2006; DEUS et al., 2019).

O presente estudo constatou que a dose de 20 % de  $MgSO_4$  a mais que a solução padrão, contribuiu para o incremento no teor de compostos fenólicos da cebolinha, o que pode estar

relacionado ao melhor desempenho do metabolismo vegetal frente as concentrações de magnésio e dos demais sais dissolvidos neste tratamento.

As rotas de biossíntese de metabólitos secundários possuem inter-relações com o metabolismo primário do carbono. Os compostos fenólicos são produzidos em sua maioria pela rota do ácido chiquímico, que converte precursores de carboidratos derivados da glicólise e da rota da pentose fosfato em aminoácidos aromáticos, principalmente fenilalanina (TAIZ, et al., 2017).

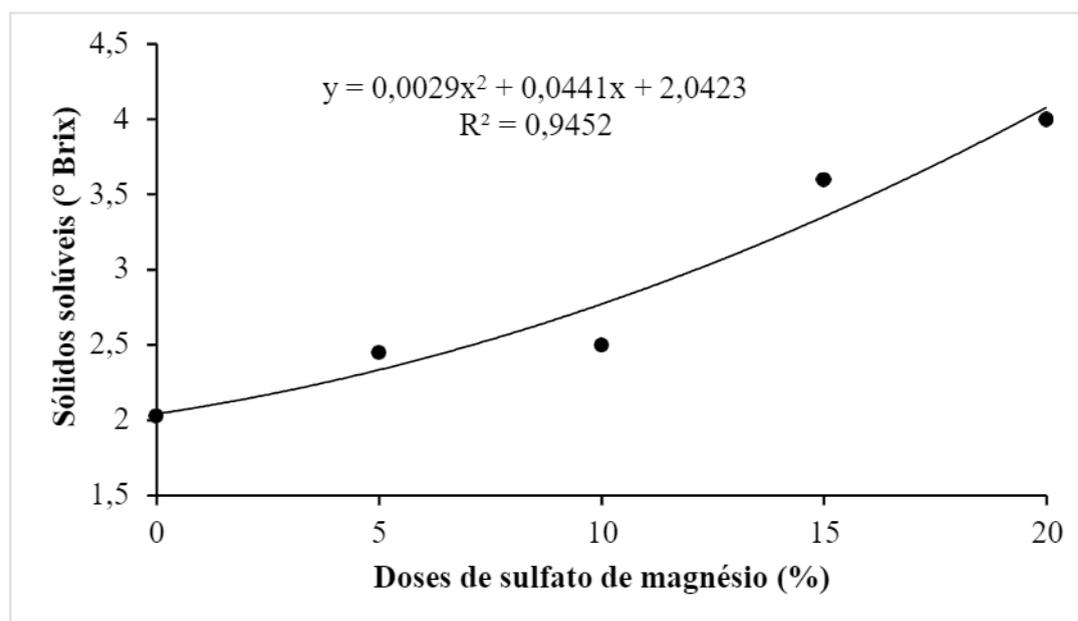
Por estar intrinsecamente relacionado ao aparelho fotossintético e a conversão de energia através da ativação da Rubisco, o magnésio em maiores concentrações provavelmente favoreceu o aumento da produção de fotoassimilados. Conseqüentemente, maiores quantidades de substratos e açúcares ficaram disponíveis para o metabolismo secundário do carbono.

Além disso, o magnésio atua na formação de RNA, que por sua vez é responsável pela transcrição do RNA mensageiro e codificação da enzima PAL (fenilalanina amônia liase). O estímulo a síntese de compostos fenólicos pode estar associado ao aumento da quantidade dessa enzima na planta. A reação catalisada pela PAL regula a formação da classe mais abundante de compostos fenólicos. Ao eliminar uma molécula de amônia da fenilalanina, há formação do ácido cinâmico, que nas reações subseqüentes originará compostos fenólicos simples. Posteriormente, tais compostos serão diferenciados conforme as diversas funções, estruturas e distribuição nas plantas vasculares (TAIZ et al., 2017),

Nesse sentido, a maior dose de sulfato de magnésio (20 %) pode ter contribuído para elevar a concentração da enzima PAL e conseqüentemente sua atuação na formação de compostos fenólicos.

O acréscimo de sulfato de magnésio nas soluções nutritivas resultou em cebolinhas com maior grau de doçura e maturação. As alterações foram evidenciadas pelo comportamento quadrático do conteúdo de sólidos solúveis (Figura 10).

Figura 10 – Sólidos solúveis (° Brix) de cebolinha hidropônica com diferentes doses de sulfato de magnésio.



Fonte: A autora (2021).

Os sólidos solúveis correspondem ao total de açúcares, sais, algumas pectinas, aminoácidos, vitaminas hidrossolúveis e ácidos orgânicos presentes no extrato, de modo que as condições de crescimento do vegetal interferem na capacidade de importação e acúmulo de fotoassimilados (YOUNG; JUVIK; SULLIVAN, 1993; CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Ferreira et al. (2015) ao analisar as características físico-químicas de olerícolas condimentares produzidas em sistema de produção convencional e orgânico, observaram que os produtos orgânicos tenderam ao menor teor de sólidos solúveis. Os autores consideram ser uma vantagem ao sistema orgânico, pois a diferença reflete em maior tempo de prateleira das olerícolas. Valores mais baixos de sólidos solúveis totais, simboliza também, menor conteúdo de substratos para os processos metabólicos de deterioração.

Mesmo com a adição de sulfato de magnésio, os valores encontrados nesse trabalho, foram inferiores aos relatados por Silva et al. (2015) em cebolinha europeia cultivada de forma convencional (5,2 ° Brix) colhidas em junho de 2014, em Piracicaba – SP, onde o clima tropical Aw não apresenta temperaturas baixas. A discrepância nos valores de SS deve-se aos sistemas de cultivo e condições climáticas diferentes.

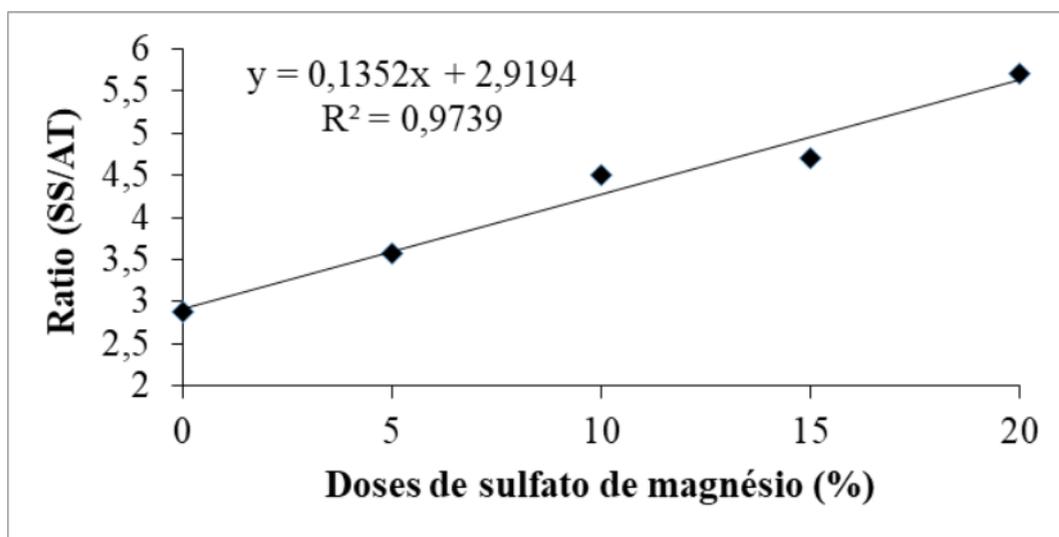
Apesar de ser um critério usual na determinação da estabilidade de produtos hortícolas, em alguns alimentos o conteúdo de sólidos solúveis é complementar a outros parâmetros de maturação, como a acidez e os níveis de pungência.

As doses avaliadas de sulfato de magnésio não influenciaram a acidez titulável, com valor médio de 0,63 mEq 100 g<sup>-1</sup> de massa fresca.

O principal ácido orgânico presente na cebolinha é o ácido pirúvico, que para as doses avaliadas apresentou teor médio de 0,081 g 100 g<sup>-1</sup>, não diferindo significativamente entre as concentrações de sulfato de magnésio avaliadas. Silva et al. (2015) analisando características físico-químicas de cebolinhas comum e europeia, encontrou teores semelhantes (0,09 g 100 g<sup>-1</sup>). Os dados obtidos na presente pesquisa reforçam a classificação das cebolinhas como hortaliças de baixa acidez (BRUECKNER; PERNER, 2006; SILVA et al., 2015).

De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), a partir do quociente entre os atributos sólidos solúveis e acidez titulável, é possível caracterizar o equilíbrio sensorial do produto. A relação SS/AT, denominada ratio, representa a proporção entre açúcares e ácidos orgânicos presentes nos vegetais. Para as doses de sulfato de magnésio avaliadas, essa variável apresentou comportamento linear crescente. A maior relação (5,7) foi observada na maior concentração (20 %), enquanto a menor ratio (2,88) foi verificada na solução padrão (0 %) (Figura 11).

Figura 11 – Relação SS/AT das cebolinhas cultivadas em diferentes concentrações de sulfato de magnésio.



Fonte: A autora (2021).

Em hortaliças e frutos, a relação SS/AT pode ser um critério de avaliação do aroma e sabor, indicando o nível de amadurecimento e o possível incremento em sabor. No suco celular, ficam dispersos açúcares, sais, ácidos orgânicos, entre outros compostos que, são computados como sólidos solúveis. Conforme houve o acréscimo de sulfato de magnésio nas soluções nutritivas no cultivo de cebolinha, para as dosagens avaliadas, observou-se o incremento em

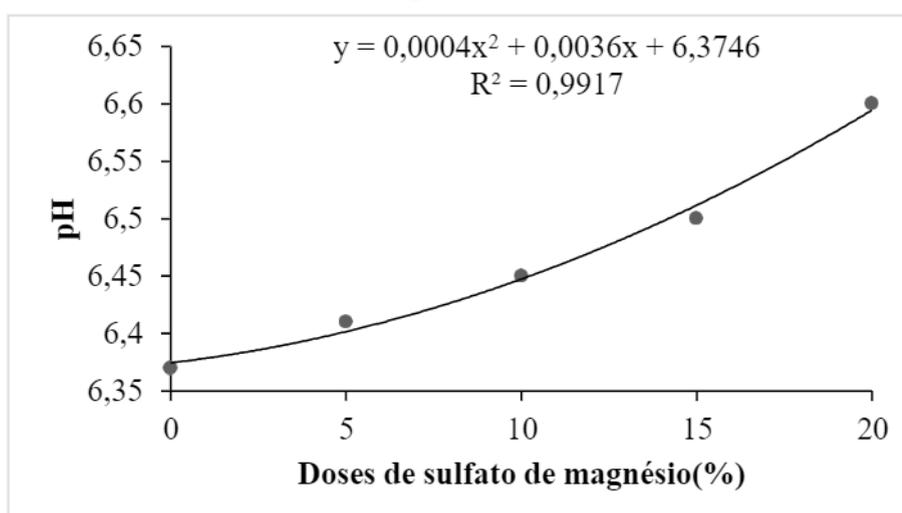
sólidos solúveis totais, já atribuído ao efeito do nutriente no aparelho fotossintético e produção de fotoassimilados (BARRETT; BEAULIEU; SHEWFELT, 2010; SILVA et al., 2015).

Através da variável ratio, que considera a relação desses sólidos solúveis totais com a concentração de ácidos orgânicos, visualiza-se que nas condições do presente estudo, não houve alteração significativa na porção de ácidos orgânicos, mas ganhos em açúcares. A diferença na evolução nos teores de açúcares solúveis e compostos ácidos pode resultar em modificações nas propriedades sensoriais do produto, principalmente na sensação de doçura e acidez.

Maiores valores de ratio observados na dose de 20 % a mais de sulfato de magnésio, representam maior quantidade de açúcares solúveis nas cebolinhas, contribuindo para o sabor mais doce. De acordo com Oliveira & Santos (2015), apesar de não existir padrões definidos para o ratio no consumo *in natura* e no processamento industrial, a indústria tem buscado vegetais com sabor mais adoçado e assim com maior ratio.

A cebolinha cultivada com doses crescentes de sulfato de magnésio apresentou pH alto e baixa acidez. Com comportamento quadrático, o maior valor de pH (6,66) foi observado na dose de 20 % (Figura 12).

Figura 12 – pH dos extratos de folhas de cebolinha hidropônica com diferentes concentrações de sulfato de magnésio.



Fonte: A autora (2021).

O ciclo de Calvin-Benson é a principal rota autotrófica de fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico, diminuindo o estado de oxidação do carbono para níveis compatíveis as necessidades da célula, como os compostos encontrados nos açúcares. A luz regula o ciclo de Calvin-Benson, modulando o fluxo de íons e conseqüentemente a ativação de enzimas. O pH se eleva com a

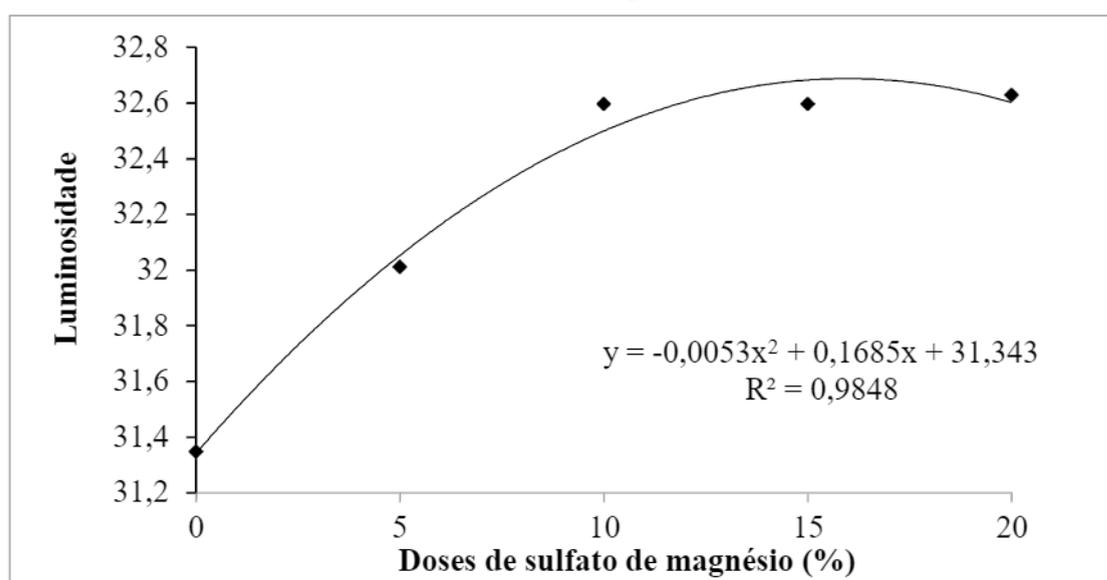
diminuição de prótons no estroma e com o aumento na concentração de  $Mg^{2+}$ , requerido pelas enzimas e reações catalíticas (TAIZ, et al., 2017).

O magnésio atua regulando o pH das células vegetais. Grande parte do magnésio, cerca de 85 % encontra-se na forma livre, principalmente nos vacúolos, operando na regulação osmótica e no balanço cátion – anion no citoplasma. Os cátions metálicos, Ca, Mg, K e Na são conhecidos como formadores de bases, pois influem diretamente na concentração de íons  $OH^-$  nas soluções. Ao substituir e diminuir a concentração de íons  $H^+$  da solução, a presença dos cátions metálicos aumenta a concentração de íons  $OH^-$  e conseqüentemente à elevação no valor de pH (MARSCHNER; KIRKBY; ÇAKMAK, 1996; ALMEIDA, 2019).

Os extratos das cebolinhas cultivadas com o maior acréscimo de sulfato de magnésio (20 %) na solução nutritiva, apresentaram os maiores valores de pH, demonstrando que houve substituição de íons hidrogênio pelo cátion metálico do magnésio.

Nas avaliações de cor, no aspecto luminosidade ( $L^*$ ), as diferentes doses de sulfato de magnésio resultaram em comportamento quadrático (Figura 13). O aumento dos valores  $L^*$  sinalizou o clareamento das plantas conforme houve acréscimo em  $MgSO_4$  nas soluções. O maior valor de  $L^*$  (32,63) foi obtido na concentração de 20 %, resultado semelhante ao encontrado por Santos et al. (2014) para cebolinhas cultivadas em Portugal ( $L^* = 30$ ).

Figura 13 – Comportamento da Luminosidade ( $L^*$ ) das folhas de cebolinha cultivadas em doses crescentes de sulfato de magnésio.

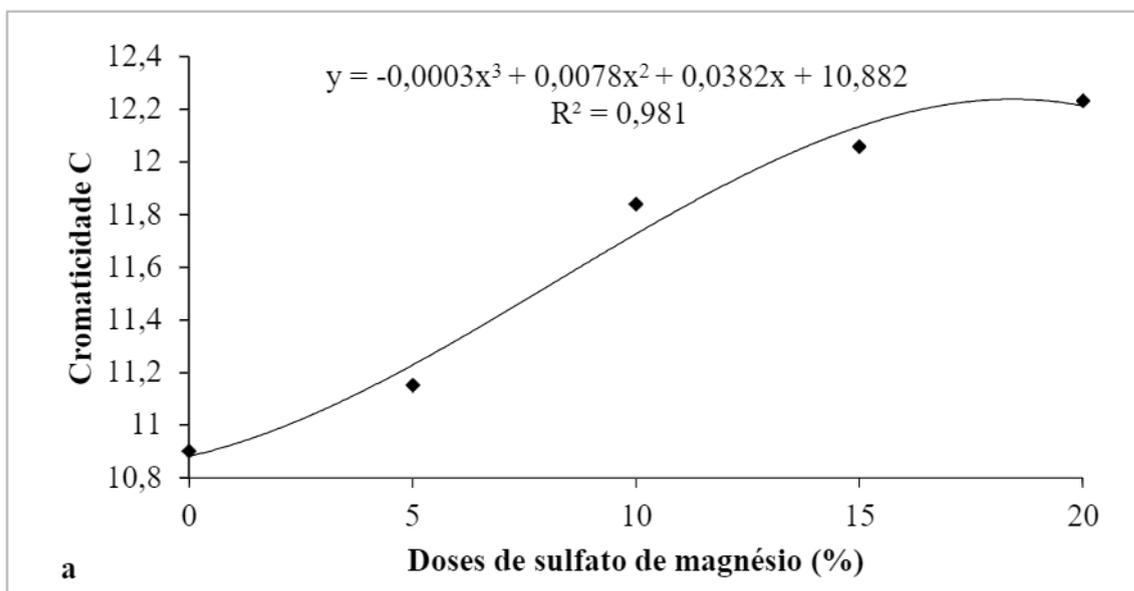


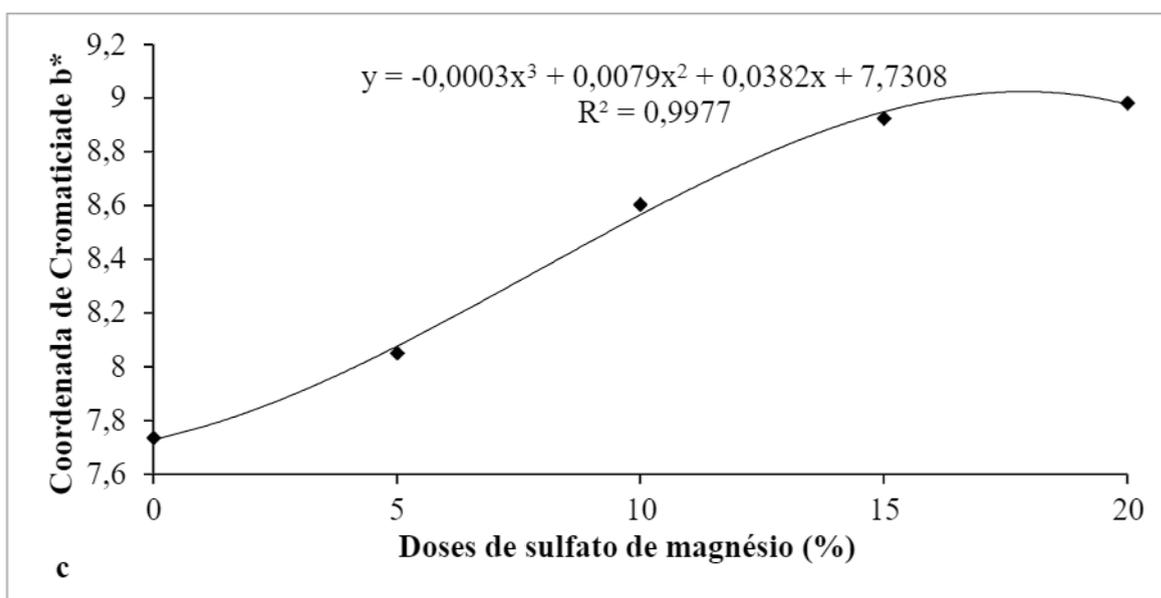
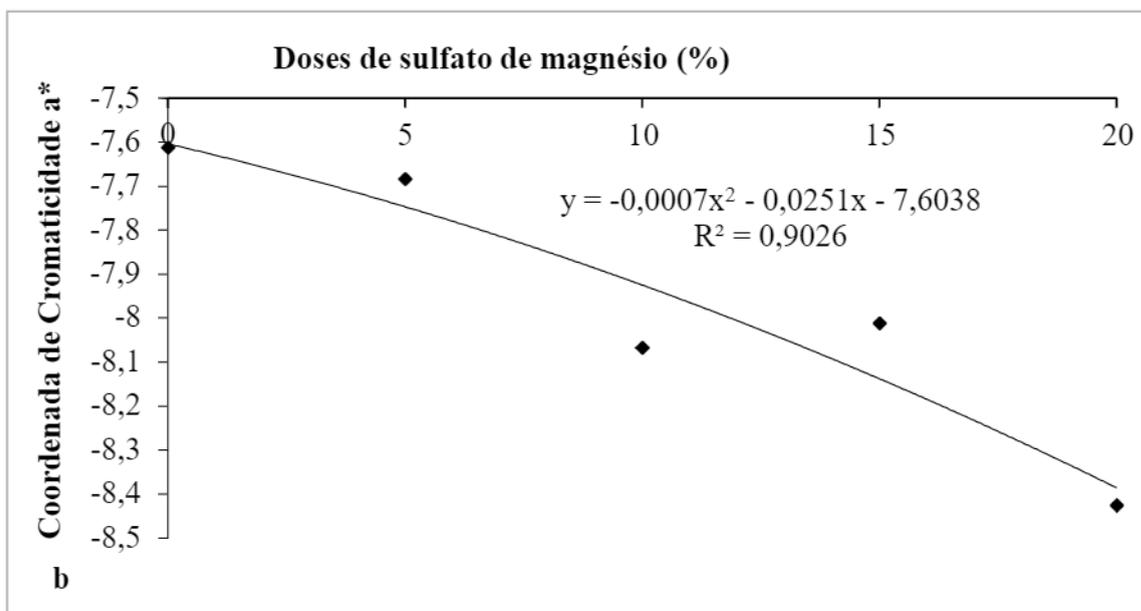
Fonte: A autora (2021).

Os valores de croma (C) representam a pureza da cor ou saturação, variando de 0 para cores neutras à 60 para cores vivas. Constatou-se que a cromaticidade teve comportamento quadrático para as doses avaliadas (Figura 14a), resultando em incremento na intensidade da cor das cebolinhas. Porém os valores obtidos podem ser classificados com tendência à neutralidade (MCGUIRE, 1992).

As coordenadas de cromaticidade a\* e b\* apresentaram diferenças entre as doses, com comportamento quadrático e cúbico, respectivamente (Figuras 14b e 14c). Os valores negativos da coordenada de cromaticidade a\* encontrados na dose 20 % representam o conteúdo de verde, o que pode ser explicado pelo efeito do magnésio no aumento da síntese de clorofila. De acordo com Malavolta (2006) o magnésio é componente essencial na molécula do pigmento fotossintetizante, atuando na formação dos tecidos das plantas. A maior disponibilidade e absorção de Mg permitiu o aumento na deposição de massa e melhorias no aspecto visual, tornando-as mais verdes. A coordenada b\* apresentou valores positivos para as doses avaliadas, configurando o maior teor de amarelo do que azul.

Figuras 14 – a) Cromaticidade C; b) Coordenada cromaticidade a\*; c) Coordenada cromaticidade b\*; de folhas de cebolinhas hidropônicas cultivadas com acréscimo de sulfato de magnésio.

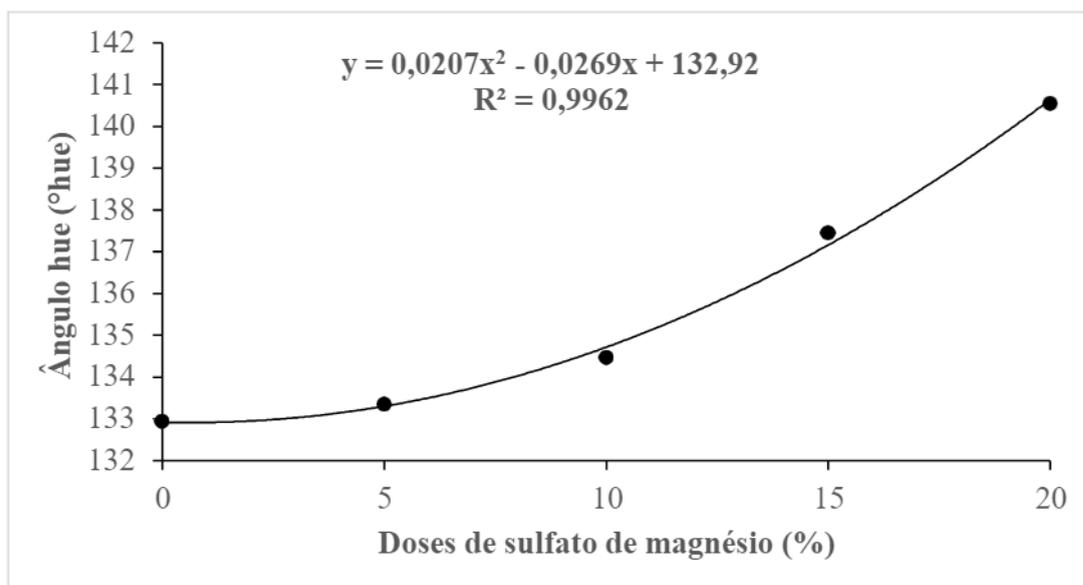




Fonte: A autora (2021).

As doses crescentes de sulfato de magnésio contribuíram para ganhos na tonalidade, avaliada pelo ângulo de matiz ( $^{\circ}$ hue), que apresentou comportamento quadrático (Figura 15). Os valores obtidos são característicos de cebolinha: coloração verde-amarelado.

Figura 15 – Resposta do ângulo °hue de folhas de cebolinha cultivadas com doses crescentes de sulfato de magnésio.



Fonte: A autora (2021).

Vina e Cerimele (2009) para avaliar o comportamento de cebolinhas cultivadas na Argentina e armazenadas por 14 dias, analisaram o ângulo °hue no momento da colheita e ao final do período. O ângulo de matiz das cebolinhas argentinas recém colhidas foi similar (135,2) ao encontrado nesse estudo. Silva et al. (2015) encontrou valores inferiores (103,58), demonstrando que as amostras possuíam coloração amarelada menos acentuada.

O sulfato de magnésio e sua relação direta com o pigmento fotossintético, contribuiu para a melhoria na coloração das cebolinhas, demonstrado pelo balanço dos parâmetros de cor. A maior dose avaliada resultou em plantas com maior conteúdo de verde e leve clareamento, sinalizado pelo teor de amarelo, características que atendem ao padrão de sanidade e integridade desta hortaliça.

## **5 CONCLUSÃO**

A concentração adicional de 20 % de sulfato de magnésio na solução nutritiva, resultou em plantas com teores maiores de clorofila, coloração mais intensa, acréscimos no conteúdo de compostos fenólicos, além de maior grau de doçura e maturação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão do consumo de hortaliças está intimamente atrelada a oferta de produtos de qualidade. Atributos como a cor, o aroma e a composição nutricional são relevantes para o consumidor, principalmente por demonstrarem a integridade do vegetal.

Constatou-se que a maior concentração de magnésio no cultivo de cebolinhas hidropônicas foi benéfica nas condições do experimento, melhorando a aparência visual das folhas, no que tange a coloração e conteúdo de clorofila. Além disso, houve ganhos em compostos bioativos, através do aumento no teor de fenólicos.

Os incrementos nos atributos físico-químicos avaliados neste presente estudo demonstram que as cebolinhas cultivadas com adicional de sulfato de magnésio podem atender aos padrões de qualidade que o consumidor busca nessa hortaliça.

Durante o cultivo hidropônico não foram registrados ataques de patógenos nas cebolinhas, refletindo a sanidade proporcionada pela nutrição mineral e manejo, benefício importante para a parte produtora.

## 7 REFERÊNCIAS

ADEGOKE, G. O. et al. Antioxidants and lipid oxidation in foods-A critical appraisal. **Journal of food science and technology**, v. 35, n. 4, p. 283-298, 1998.

ALMEIDA, José Carlos Vieira. O papel das bases na nutrição vegetal. LABORSOLO Academy, 06 de jan. 2019. Doutores da Terra. Disponível em: <<https://www.laborsoloacademy.com.br/solos/o-papel-das-bases-na-nutricao-vegetal/>>. Acesso em 19 de ago. 2021.

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart**, n. 22, p.711-728, 2013.

AMARAL, J. F. et al. deficiências de macronutrientes, Fe e B em manjeriço (*Ocimum sp.*), em cultivo hidropônico. *Ceres*, v. 46, n. 265, 2015. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/viewFile/2540/533>>. Acesso em: 09 dez 2019.

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C.A.; ZANARDI, O.Z.; ALVES, E. O. Quantificação de clorofilas em folhas de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji' com métodos ópticos não-destrutivos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 3, p. 590-595, 2008.

ANDRADE M.O; LIMA U.A. 1983. Cebola – produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. In: MARTINELLI FILHO, A. et al. (eds.). *Processamento e tecnologia dos alimentos*. Piracicaba: ESALQ/USP. p. 73-115.

ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007.

ANTHON, G. E.; BARRETT, D. M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 12, p. 1210-1213, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jsfa.1525>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, Amsterdam*, v. 24, n. 1, p. 1-15, Jan. 1949.

AROCHA, E. M. M. et al. Acidez em frutas e hortaliças. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 32, 2010. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7450230>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Angelo Pedro; BRON, Ilana Urbano. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 139-145, 2004.

BADUI DERGAL, Salvador. *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3608/1/Quimica\\_de\\_los\\_alimentos.pdf](https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3608/1/Quimica_de_los_alimentos.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BARRETT, Diane M.; BEAULIEU, John C.; SHEWFELT, Rob. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 5, p. 369-389, 2010.

BELFORT, C. C.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de hortaliças: LVI-carência de macro nutrientes em cebolinha (*Allium schoenoprasum*). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 40, n. 1, p. 221-234, 1983. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/aesalq/article/view/4896>>. Acesso em: 02 out. 2019.

BERNO, N. D. **Processamento mínimo de cebola roxa: aspectos bioquímicos, fisiológicos e microbiológicos**. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz-ESALQ, Piracicaba, Brasil. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/NataliaBerno/publication/262639074\\_Minimal\\_processing\\_of\\_purple\\_onion\\_biochemical\\_physiological\\_and\\_microbiological\\_aspects/links/0a85e5385047c27508000000/Minimal-processing-of-purple-onion-biochemical-physiological-and-microbiological-aspects.pdf](https://www.researchgate.net/profile/NataliaBerno/publication/262639074_Minimal_processing_of_purple_onion_biochemical_physiological_and_microbiological_aspects/links/0a85e5385047c27508000000/Minimal-processing-of-purple-onion-biochemical-physiological-and-microbiological-aspects.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2021.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Técnicas de cultivo hidropônico. Recife. UFRPE, 2000.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, p. 107-137, 2013.

BIZ, M. **Cebolinha: dos benefícios às formas de uso**. [S. l.]: Revista Abril - Saúde, 10 jan. 2017. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/alimentacao/cebolinha-dos-beneficios-as-formas-de-uso/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

BORGES, R.; DAL'SOTTO, T. C. Análise econômico-financeira de um sistema de cultivo hidropônico. **Custos e agronegócio online,[SL]**, v. 12, n. 3, 2016.

BOTREL, N.; OLIVEIRA, V. R. Cultivares de cebola e alho para processamento. In: **Embrapa Hortaliças-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S8420-S8434, jul. 2012. Suplemento., 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/940923/1/PAL41CBO522012.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2021.

BRAVO, Laura. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998. Disponível em: <<https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/56/11/317/1901722>> . Acesso em: 04 mai. 2021.

BRUECKNER, Bernhard; PERNER, Henrike. Distribution of nutritive compounds and sensory quality in the leaves of chives (*Allium schoenoprasum* L.). **Journal of applied botany and food quality**, v. 80, n. 2, p. 155, 2006.

CARDOZO, Euclides Lara et al. Selective liquid CO<sub>2</sub> extraction of purine alkaloids in different *Ilex paraguariensis* progenies grown under environmental influences. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 17, p. 6835-6841, 2007.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. Princípios de hidroponia. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2000.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora da UNICAMP, 2003. *E-book*. Acesso em: 21 jan. 2021.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. ESAL/FAEPE, Lavras, 783p, 2005.

COMETTI, N. N. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica– sistema NFT. **Seropédica: UFRRJ. 128p (Tese doutorado)**, 2003.

COMETTI, N. N. et al. Soluções nutritivas: formulação e aplicações. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. v. 1, cap. 4, p. 89 - 114.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 376-376, 2014.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, Escola Paulista de Medicina/Unifesp. Tabela de Composição Química dos Alimentos - Versão 3.0. 2014. Disponível em: <<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

DEUS, Valterney Lima et al. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**, v. 1, n. 1, p. 70-84, 2019.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem terra**. NBL Editora, 2001.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p. v. 1. ISBN 85-99144-03-0.

FENNEMA, O. **Química de los alimentos**. 2da, Edición. Editorial Acribia SA Zaragoza, España, 2000.

FERREIRA, Luiz Leonardo et al. Análise físico-química de olerícolas condimentares produzidas em sistema de produção convencional e orgânico. **Educação Ambiental em Ação**, v. 13, n. 51, 2015. Disponível em: < <https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1984>>. Acesso em: 21 de ago. 2021.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura** – Cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. São Paulo: Agrônômica Ceres. 1981. V.1, 338p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. rev. e aum. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 421 p. v. 1. ISBN 978-85-7269-313-4.

FRANCIS, F. J. **Qualidade influenciada pela cor**. Qualidade e preferência alimentar, v. 6, n. 3, pág. 149-155, 1995.

FREDDO, A. R.; CECHIM, F. E.; MAZARO, S. M. Conservation of post-harvest leaves of green onion (*Allium fistulosum* L.) with the use of salicylic acid solution. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 6, n. 3, p. 87-94, 2013. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/2605>>. Acesso em: 07 out. 2019.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. 1998.

FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999.

GODOY, Leandro Jose Grava de et al. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 217-226, 2008.

GONÇALVES, Juarez Henrique Teixeira; SANTOS, Adriana Suellen; MORAIS, Harriman Aley. Atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e triagem fitoquímica de ervas condimentares desidratadas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 486-497, 2015.

GRANGEIRO, L. C. et al. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1087-1091, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/30176>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

HAAG, H. P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças VI deficiência de macronutrientes em cebola. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 25, p. 203-212, 1968.

HAGERMAN, Ann E.; ZHAO, Yan; JOHNSON, Sarah. Methods for determination of condensed and hydrolyzable tannins. 1997. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-1997-0662.ch012>> . Acesso em: 23 mar. 2021.

HERRMANN, K. Flavonols and flavones in food plants: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 11, n. 5, p. 433-448, 1976.

IBGE (Brasil). Tabela 6619 - Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da horticultura: Produtos da horticultura - Cebolinha. In: IBGE (Brasil). **Censo Agropecuário**. Brasil: Governo Federal, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 6 out. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 27

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

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory assessment of food: principles and practices**. Springer Science & Business Media, 2013. *E-book*. Acesso em: 24 set. 2020.

LICHTENTHALER, H.K. **Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes**. *Methods Enzymology*, v.148, p. 362-385, 1987. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0076687987480361?via%3Dihub>>. Acesso em: 14 out. 2019.

LIMA, Keila S. Cople et al. EFEITO DA IRRADIAÇÃO IONIZANTE gama NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE CENOURAS (*Daucus carota* L.) cv. NANTES. **Food Science and Technology**, v. 21, p. 202-208, 2001.

LOPES, L. C. **Controle metrológico da cor aplicado à estampa digital de materiais têxteis**. Dissertação (Mestrado) – Metrologia PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2009.

MACKINNEY, Gr. Absorption of light by chlorophyll solutions. **J. biol. Chem**, v. 140, n. 2, p. 315-322, 1941. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Absorption-of-light-by-chlorophyll-solutions-Mackinney/9ec51248c11a245f058e2b1420ae1e4d0f12d9b0>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p. ISBN 85-318-0047-1.

MALHEIROS, G. C; et al. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. 2007. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5755/gisela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

MANGIÉRI JUNIOR, R. Controle natural de doenças e pragas agrícolas. In: HAMMES, V.S. (Org.) **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. v.5. p. 92-94.

MARSCHNER, Horst; KIRKBY, E. A.; CAKMAK, Ismail. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of experimental botany**, v. 47, n. Special\_Issue, p. 1255-1263, 1996.

MCGUIRE, Raymond G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MITCHELL, Alyson E. et al. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 15, p. 6154-6159, 2007.

MORETTI, Celso L. et al. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/123/4/article-p656.xml>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

MUNIZ, Lidiane Batista. Caracterização química, física e de compostos funcionais em cebolas frescas e minimamente processadas. 2007. Disponível em: < [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1920/1/Dissert\\_LidianeBatistaMuniz.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1920/1/Dissert_LidianeBatistaMuniz.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2021.

NACZK, Marian; SHAHIDI, Fereidoon. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of chromatography A**, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NASCIMENTO, Ronaldo et al. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 364-369, 2009. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226745020.pdf>> . Acesso em: 11 jul. 2021.

NEPA/UNICAMP, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome, Ministério da Saúde, Universidade Campinas TACO Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - 4a Edição revisada e ampliada - 2011. UNICAMP, Campinas. Junho de 2011. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

OLIVEIRA, Emanuel Neto Alves de; SANTOS, Dyego da Costa. Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças. 2015.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2005, p.1-13.

RIGUEIRA, Geysa Duarte Junger et al. Atividade antioxidante e teor de fenólicos em couve-manteiga (*Brassica oleracea* l. var. acephala) submetida a diferentes sistemas de cultivo e métodos de preparo. 2016. Disponível em: < <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/17737>>. Acesso em: 04 mai. 2021.

ROCHA, Wesley Silveira et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

SANTOS, Joana et al. Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. **LWT-Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 101-107, 2014.

SANTOS, João Miranda et al. COMPORTAMENTO DA CEBOLINHA CULTIVADA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE CLORETO DE POTÁSSIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. **Ceres**, v. 52, n. 303, 2015. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3083>>. Acesso em 09 nov. 2019.

SALVADOR, C. A. Prognóstico Olericultura - Novembro de 2020. Curitiba, 2021. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - Departamento de Economia Rural (DERAL). Disponível em: < [http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2021-01/Olericultura\\_2021.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/Olericultura_2021.pdf)>. Acesso em: 26 de mar. 2021.

SAS INSTITUTE. **SAS Data Integration Studio 2014**. Disponível em: <[http://www.sas.com/en\\_us/software/university-edition.html/](http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html/)>.

SCHWARTZ, S. J.; LORENZO, T. V. Chlorophylls in food. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 29, n. 1, pág. 1-17, 1990. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10408399009527511>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SCHWIMMER, S.; GUADAGNI, D. G. Relation between olfactory threshold concentration and pyruvic acid content of onion juice. **Journal of food Science**, v. 27, n. 1, p. 94-97, 1962.

SCHWIMMER, S.; WESTON, W. J. Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 9, n. 4, p. 301-304, 1961.

SEYMOUR, Graham B.; TAYLOR, Jane E.; TUCKER, Gregory A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. Springer Science & Business Media, 2012.

SHAHIDI, F. Antinutrients. Phytochemicals in Foods. In: **American Chemical Society ACS Symposium Series**. 1997. p. 334.

SHAHIDI, Fereidoon (Ed.). **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications**. The American Oil Chemists Society, 1997.

SINNECKER, P. et al. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 14, p. 3961-3966, 2002.

SILVA, JJR F.; WILLIAMS, R. J. P. **The biological chemistry of the elements: the inorganic chemistry of life**. Oxford University Press, 2001.

SILVA, Aline Priscilla Gomes da et al. Características físico-químicas de cebolinhas comum e europeia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p. 293-298, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjft/a/JfkKRs94wQW4wFry3X7hDmc/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SOARES, Sergio Eduardo. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUZA, Michele Moraes de et al. Estudo das condições de extração de compostos fenólicos de cebola (*Allium cepa* L.). 2009. Disponível em: <<http://repositorio.furg.br/handle/1/4447>> . Acesso em: 07 mai. 2021.

STREIT, Nivia Maria et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005

VILELA, N. J. et al. Desafios e oportunidades para o agronegócio da cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 1029-1033, 2005. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362005000400034&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362005000400034&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 de mar. 2021.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Metabólitos secundários e defesa vegetal. **Fisiologia vegetal**, v. 4, 2004.

- TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TOOR, Ramandeep K.; SAVAGE, Geoffrey P.; HEEB, Anuschka. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 1, p. 20-27, 2006.
- VINA, Sonia Z.; CERIMELE, Elsa L. Quality changes in fresh chives (*Allium schoenoprasum* L.) during refrigerated storage. **Journal of food quality**, v. 32, n. 6, p. 747-759, 2009.
- VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, A. C. R.; WEBER, Gisele Eva Bruch. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado- Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.
- YOUNG, T. E.; JUVIK, J. A.; SULLIVAN, J. G. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 118, n. 2, p. 286-292, 1993.
- ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C. Produção e renda bruta da cebolinha solteira e consorciada com espinafre. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 811-814, 2004.
- ZÁRATE, N. A. H. et al. Amontoas e cobertura do solo com cama-de-frango na produção de cebolinha, com duas colheitas. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 32, n. 3, p. 449-454, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n3/a11v32n3>>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- ZENEON, Odair; PASCUET, Neus Sadocco. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. In: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 2005. p. 1018-1018.

