

**ACÚMULO DO TEOR DE NITRATO E VITAMINA C, EM ALFACE CRESPA
PRODUZIDA EM SISTEMAS CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO,
COMERCIALIZADA NOS MERCADOS PÚBLICOS DE SÃO LUÍS-MA**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n3-224>

Data de submissão: 21/02/2025

Data de publicação: 21/03/2025

Shirley da Silva Lobo

Engenheira Agrônoma

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA

E-mail: shirleysilva.1127@gmail.com

Sandra Maria Cruz Nascimento

Doutora em Agronomia (Ciência do Solo)

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP

E-mail: sandracruz@ifma.edu.br

Adiano Reinaldo Silva Costa

Engenheiro Agrônomo

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA

E-mail: adianoagronomo@gmail.com

Bianca Lima Ferreira

Engenheira Agrônoma

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA

E-mail: biancalferreira01@gmail.com

Kássia Celena da Silva Costa

Licenciatura em Ciências Agrárias

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA

E-mail: verdekcosta@gmail.com

Alexsandra Sousa Nascimento da Silva

Doutora em Agronomia (Ciência do Solo)

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

E-mail: alexsandra.nascimento@ifma.edu.br

Ilka South de Lima Cantanhede

Doutora em Agronomia

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

E-mail: ilkacantanhede@ifma.edu.br

Jose Zenobio de Souza

Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

E-mail: j.zenobio@ifma.edu.br

RESUMO

A qualidade do alimento é essencial para a segurança alimentar e nutricional, abrangendo sua produção, disponibilidade e a promoção da saúde dos consumidores. Desta forma, a pesquisa teve como objetivo principal, determinar o acúmulo do teor de nitrato em alfaces crespa, produzidas em cultivo hidropônico e convencional, comercializadas em mercados públicos de São Luís – Maranhão. Foram coletadas 60 amostras de alface em agosto de 2024, nos Mercados Públicos de seis bairros de São Luís: Cohab, Vicente Fialho, São Francisco, Liberdade, João Paulo e Santo Antônio. Foram obtidas cinco amostras de alface hidropônica e cinco de alface convencional em cada bairro. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Bebidas do Instituto Federal do Maranhão para análise das características: número de folhas, massa fresca total, sólidos solúveis, ácido ascórbico e nitrato. Os resultados indicam que as alfaces produzidas nos sistemas hidropônico e convencional em São Luís-MA são de boa qualidade para consumo, sem risco à saúde. O sistema hidropônico resultou em maior produção de massa fresca total e número de folhas, enquanto as alfaces do cultivo convencional apresentaram menor concentração de nitrato. No entanto, o teor de vitamina C, foi maior nas alfaces do sistema hidropônico.

Palavras-chave: Produção. Segurança Nutricional. Ácido Ascórbico. Nitrato.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de alface pode ser realizado por meio de quatro sistemas principais, cada um com diferentes práticas de manejo: o sistema convencional, o cultivo orgânico em campo aberto, o cultivo protegido no solo e o sistema hidropônico (Filgueira, 2013).

Ao comparar os diferentes sistemas de produção de alface, observa-se que cada um possui características que podem influenciar tanto a produtividade quanto as propriedades químicas da hortaliça, como os níveis de nitrato presentes nas folhas. Essa variação pode estar relacionada às diferentes fontes de nitrogênio utilizadas na adubação de cada sistema de cultivo (Silva *et al.*, 2011).

No sistema hidropônico, a adubação é feita com nitrato, enquanto no cultivo convencional é utilizada a adubação amídica. Já no sistema orgânico, predomina a aplicação de fertilizantes orgânicos com base amoniacal. Em altas concentrações, o nitrato, que é convertido em nitrito no organismo humano e animal, pode aumentar o risco de doenças e, em casos graves, levar à morte (Barth *et al.*, 2019).

O acúmulo de nitrato no vacúolo celular é influenciado por fatores genéticos e ambientais, como a concentração de íons na solução nutritiva, a irradiação, a disponibilidade de molibdênio, temperatura, umidade relativa, sistema de cultivo, época e horário de colheita, com a concentração de íons e a irradiação sendo os fatores mais determinantes (Alvarenga *et al.*, 2000; Maynard *et al.*, 1976).

Segundo Oliveira & Hoffmann (2015), para que um alimento seja considerado seguro, ele deve estar totalmente livre de substâncias ou produtos químicos que possam ameaçar a saúde humana. Além da contaminação por agrotóxicos, há também o perigo de mudanças na composição química das plantas, como o aumento na concentração de nitrato, uma substância cancerígena.

Atualmente, há uma crescente preocupação com a qualidade dos alimentos, especialmente em relação aos aspectos sanitários, organolépticos e nutricionais. Um dos principais pontos de atenção nas características nutricionais é a concentração de nitrato na alface, devido ao seu potencial risco à saúde humana (Luz *et al.*, 2008). A qualidade do alimento é um aspecto fundamental da segurança alimentar e nutricional, envolvendo não apenas a produção e a disponibilidade do alimento, mas também a promoção da saúde dos consumidores (Mendonça *et al.*, 2014).

Desta forma, a pesquisa teve como objetivo, determinar o acúmulo do teor de nitrato e vitamina C, em alfaces crespa, produzidas em cultivo hidropônico e convencional, comercializadas em mercados públicos de São Luís – Maranhão.

2 METODOLOGIA

O experimento ocorreu no município de São Luís, Maranhão, localizado nas coordenadas 2°36'35,94"S e 44°15'52,02"O, a uma altitude de 34 metros. A temperatura média anual na região é de 27°C, com uma média de 2000 mm por ano. O clima local é classificado como B1 WA, considerado úmido, com uma leve deficiência hídrica durante o inverno, entre os meses de junho e setembro (GEPLAN, 2002).

As alfaces foram coletadas em agosto de 2024, durante o período da manhã, em Mercados Públicos localizados em seis bairros da cidade de São Luís: Cohab, Vicente Fialho, São Francisco, Liberdade, João Paulo e Santo Antônio. Em cada um desses bairros, foram obtidas cinco amostras de alface cultivada pelo sistema hidropônico e cinco amostras de alface produzida pelo método convencional, totalizando 60 amostras ao todo. Após a coleta das alfaces, estas foram acondicionadas em sacolas plásticas previamente identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Bebidas e Águas do Instituto Federal do Maranhão, para análise.

Segundo Teixeira *et al* (2020), avaliando-se as seguintes características:

- **Número de Folhas (NF) e Massa Fresca Total (MFT)**

Para avaliação da MFT, utilizou-se uma balança de precisão, pesou-se uma planta inteira para se obter a MFT. Na mesma planta, realizou-se em seguida a contagem das folhas, considerando o valor total de folhas a partir da planta que continham em cada amostra.

- **Sólidos Solúveis (SS) °Brix**

Para a avaliação de Sólidos Solúveis, macerou-se em um Becker uma folha de alface fresca de cada amostra, para a extração da solução, desta com o auxílio de um conta gotas retirou-se 0,15mL (3 gotas) realizando-se a leitura em refratômetro na escala de 0-30%.

- **Vitamina C**

A concentração de vitamina C na forma de ácido ascórbico foi determinada de acordo com a metodologia utilizada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Para realização dos procedimentos preconizados na metodologia, pesou-se 3 g da amostra de alface fresca em balança analítica (modelo: AW220), e com o auxílio de um bastão de vidro macerou-se a amostra até obter um material de consistência pastosa. Em seguida foram adicionados 50 mL de água destilada mexendo bem até obter uma amostra homogeneizada.

A essa amostra adicionou-se 10 mL da solução de H₂SO₄ (ácido sulfúrico) a 20%, e em seguida foi transferida para um Erlenmeyer. Em seguida adicionou-se 1 mL da solução de KI (Iodeto de Potássio) a 10% e 1 mL da solução de amido a 1%. Titulou-se com a solução de Iodato de Potássio

(KIO₃) até coloração azulada. Para a obtenção de um resultado seguro e consistente as análises foram repetidas em triplicata.

A equação utilizada para o resultado final da Vitamina C foi:

$$\frac{100 \times V \times Fc}{P} \text{ mg}% \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

V= volume de iodato de potássio gasto na titulação;

Fc=8,806 ou 0,8806, respectivamente para KIO₃ 0,02M ou 0,002M;

P=nº de grama ou mL da amostra.

- **Teor de Nitrato**

A extração de nitrato das folhas de alface foi realizada a partir do método de Follett & Ratcliff (1963), para isto as partes superiores das plantas de alface foram retiradas, acondicionadas em sacos de papel identificados e colocadas para secagem em estufa de circulação forçada a 60 °C por 48h, em seguida, as amostras foram triturada em um liquidificador (Philco 800W). À matéria seca moída (0,5 g) foram adicionados 50 mL de água destilada e a solução ficou em banho-maria, com agitação magnética e aquecimento com temperatura aproximada de 60 °C, por 01 hora. A agitação não foi contínua, mas sim dividida em períodos de agitação de 05 minutos, seguidos de 15 minutos de repouso. As amostras filtradas em papel de filtro quantitativo de filtragem lenta.

Já a determinação de nitrato presente nas plantas realizou-se através do “Procedimento do ácido salicílico” (Cataldo *et al.*, 1975), em que alíquotas de 0,2 mL de extrato receberam 0,8 mL de solução de ácido salicílico (C₇H₆O₃) a 5%, após 20 minutos à temperatura ambiente, adicionou-se 19 mL de NaOH 2 mol.L⁻¹ lentamente com uma pipeta para elevar o pH para básico (acima de 12).

Após a adição de NaOH houve liberação de calor na reação, assim as amostras foram novamente resfriadas à temperatura ambiente e analisadas em um espectrofotômetro visível (DR/2000V, Quimis®) em comprimento de onda de 410 nm, juntamente com a sua curva de calibração. Esta foi feita a partir de padrões conhecidos de NaNO₃ que dispuseram do mesmo tratamento dado às amostras. As concentrações de nitrato foram calculadas a partir da inserção dos valores de absorbância do mesmo na curva de calibração.

Calculo utilizado para o resultado final do teor de N-NO₃⁻: (Equação 2)

μg x 25/0, 1 x 1/peso da amostra (resultado em μg N-NO₃⁻/g do peso fresco)

Padrão: μg N-NO₃⁻/0,1mL

Volume de extrato alcoólico: 25 mL

Para a construção da curva padrão de nitrato utilizou-se as seguintes concentrações: ($\mu\text{g N-NO}_3^-/0,1\text{mL}$) 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0, partir da solução de estoque, as leituras foram realizadas utilizando um espectrofotômetro da marca (Espectrofotômetro - SP 2000 UV).

A curva padrão foi construída por meio de uma regressão linear obtida entre os valores de concentração e a média das absorvâncias das soluções padrão. Para isso, utilizou-se o software Excel 2010®, que permitiu o cálculo dos coeficientes de superfície e a determinação da investigação da reta.

- **Análise de dados**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo software AgroStat (Barbosa; Maldonado, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a análise de variância (tabela 1), observa-se que a característica, Número de Folhas, foi influenciada significamente pelos sistemas de cultivos, enquanto que o teor de vitamina C, não foi influenciado pelos sistemas de cultivos. O sistema de cultivo hidropônico influenciou as características: Massa fresca Total, Sólidos Solúveis e teor de Nitrato, enquanto que o sistema de cultivo convencional, não influenciou as características: MFT, Sólidos Solúveis e o teor de Nitrato. Contudo, o Coeficiente de Variação apresentou uma boa precisão experimental, valores inferiores ao CV indicam uma maior uniformidade entre os dados.

Tabela 1. Valores médios observados para o número de folhas, massa fresca total, teor de sólidos solúveis, vitamina C e nitrato, em alfaces cultivadas em sistema de cultivo convencional e hidropônico, comercializadas em São Luís – MA, 2024.

Sistemas de cultivo	NF (folha planta ⁻¹)	MFT (g planta ⁻¹)	Características		Nitrato ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
			Sólidos Solúveis (%)	Vitamina C (mg.100g ⁻¹)	
Convencional F1	21,00 ab	400,80a	2,00 a	27,27 a	33,77 a
Convencional F2	21,00 ab	395,80 a	2,10 a	27,29 a	31,35 a
Convencional F3	17,00 b	344,40 a	1,80 a	26,63 a	31,94 ^a
Convencional F4	22,00 ab	383,60 a	2,10 a	26,61 a	32,73 ^a
Convencional F5	23,00 ab	435,20 a	1,40 a	26,99 a	33,85 a
Convencional F6	26,00 a	416,80 a	2,30 a	26,86 a	32,46 a
CV%	13,64	17,53	31,75	3,74	6,35
F	4,33**	01 NS	1,29 NS	0,44 NS	1,14 NS
Hidropônico F1	26,00 a	385,00 ab	2,320 b	29,21 a	37,13 a
Hidropônico F2	18,00 b	280,40 b	3,00 ab	28,88 a	37,43 a

Hidropônico F3	24,00 ab	369,60 ab	2,96 ab	29,09 a	37,57 a
Hidropônico F4	23,00 ab	434,60 a	3,08 a	28,88 a	33,34 b
Hidropônico F5	18,00 b	360,20 ab	2,56 ab	29,02 a	33,72 b
Hidropônico F6	25,00 a	443,80 a	2,84 ab	29,17 a	34,93 b
CV%	14,46	14,53	13,30	0,83	2,92
F	6,01**	5,77**	3,14*	1,75 NS	17,18**

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que ^{NS} = não significativo; * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

O número de folhas variou entre 17,00 folhas planta⁻¹ a 26,00 folhas planta⁻¹, observando-se, nas plantas proveniente da feira 6 do sistema convencional e na feira 1 do sistema hidropônico, com maior número de folhas (26,00 folhas planta⁻¹, respectivamente) e o menor número de folhas (17,00 folhas planta⁻¹), foi observado nas plantas adquiridas na feira 3, proveniente do sistema convencional. O método de cultivo e o ambiente afetam o rendimento das cultivares, com vantagens específicas para o sistema hidropônico e as casas de vegetação, (Blat *et al.* (2011).

Resultado semelhante foi verificado por Ferreira (2024) avaliando o desempenho de cultivares de alface crespa cultivadas em sistema hidropônico, a cultivar Caipira com 22,4 folhas por planta.

Resultados menores foram observados por Ribeiro & Ferreira (2023), em sistema hidropônico, observaram 17,63 folhas por plantas e no sistema convencional 13,80 folhas por plantas. Esses resultados sugerem que a cultivar e o método de cultivo afetam o número de folhas da alface. Queiroz *et al.* (2014), avaliando cinco cultivares de alface cultivadas no verão, obtiveram valor médio de 17,15 folhas por planta.

Resultados diferentes, tanto em relação ao número de folhas de plantas quanto ao sistema de cultivo foi observado por Teixeira *et al* (2020), o número de folhas de alface (46,70) produzidas em sistema convencional, foi maior que o número de folhas (34,10) das plantas produzidas no sistema hidropônico.

Segundo Diamante *et al.* (2013), o número de folhas é importante porque reflete a adaptação do material genético ao ambiente e está ligado à comercialização. Santos *et al.* (2010) afirmam que o número de folhas pode ser influenciado pelo ambiente, que, em combinação com o componente genético, provoca alterações fisiológicas e morfológicas nas plantas.

A maior produção de matéria fresca da planta, (443,80 g planta⁻¹), foi obtida pelas plantas de alface produzidas no sistema hidropônico, adquiridas na feira 6, seguida das plantas produzidas no sistema convencional (435,20 g planta⁻¹), adquirida na feira 5. Esses resultados indicam que o sistema de cultivo influencia no desempenho da cultivares.

Resultados diferentes com menor produção de MFT foram observados por outros autores. Teixeira *et al.* (2020), avaliando plantas de alface, produzidas em três sistemas de cultivo sob as condições climáticas da região de São Luís, MA, obtiveram MFT de 239,90 g no sistema convencional e 201,60 g no sistema hidropônico. Ramos *et al.* (2003) avaliando sete cultivares de alface crespa, observaram massa fresca total de 213,5 g por planta e Sousa *et al.* (2018) avaliou o desempenho de cultivares de alface soltas crespa cultivadas no verão e constatou que a massa fresca total variou de 291,8 a 397,3 g por planta.

Ainda na tabela 1, os maiores número de folhas foi (26,00 folhas planta⁻¹) e (25,00 folhas planta⁻¹), possivelmente, influenciou as plantas de alface a uma maior produção de massa fresca (435,20 g planta⁻¹ e 443,80 g planta⁻¹), plantas produzidas no sistema convencional e sistema hidropônico, respectivamente. Conforme, Araújo *et al.* (2011), para a hortaliça alface, o maior número de folhas por planta proporciona maior aumento na massa fresca e com isso maior produtividade. Para Souza *et al.* (2014), a relação entre o número de folhas e a produção de massa fresca pode estar associada ao fato de que, quanto maior o número de folhas, maior é a capacidade fotossintética da planta. Isso resulta em uma maior produção de carboidratos, que são essenciais para o crescimento e acúmulo de biomassa.

Conforme tabela 1, os valores observados para o °Brix, foram maiores (3,08 %), nas plantas produzidas no sistema de hidropônico. Martins *et al.* (2016) afirmam que o teor de sólidos solúveis totais é fortemente afetado por fatores ambientais, como temperatura, adubação, luminosidade e densidade de plantio, entre outros.

O teor de sólidos solúveis (°Brix) é considerado por Varoquaux *et al.* (1996), como um importante atributo para previsão do tempo de vida útil pós-colheita das alfaces, quanto maior o teor de sólidos solúveis da alface recém-colhida, maior o período em que sua qualidade pode ser preservada, muito embora esta não seja uma característica de qualidade, pois o consumidor não espera saborear uma alface adocicada, ao contrário das frutas típicas de sobremesa.

Resultados diferentes foram observados por outros autores, Silva *et al.* (2011) avaliando a qualidade da alface Vera, em sistemas de cultivo orgânico, convencional e hidropônico, verificaram que o melhor percentual de sólidos solúveis foi no sistema de cultivo convencional 4,0 %, E para Teixeira *et al.* (2020), onde as plantas do sistema convencional apresentaram o maior teor, 3,33%, enquanto o sistema hidropônico teve o menor teor, com 3,04%.

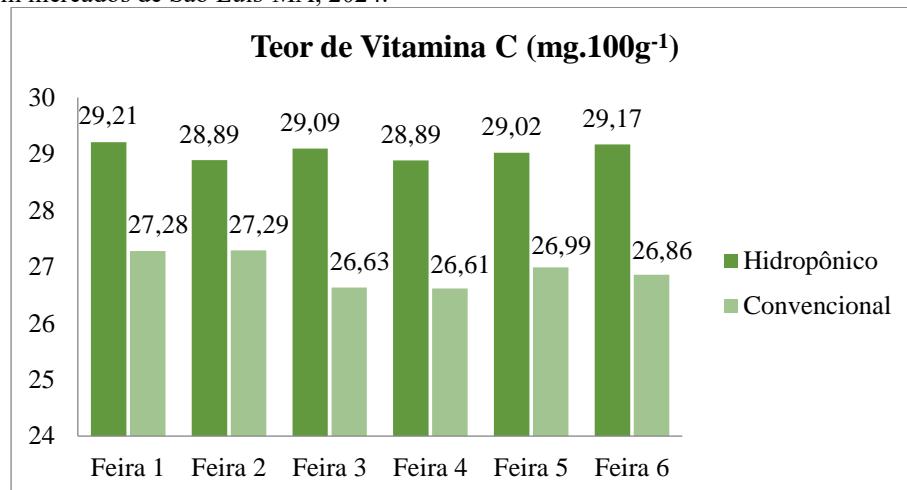
Santos *et al.* (2010) avaliando a qualidade de alfaces, produzidas em diferentes sistemas de produção, comercializadas no município de Botucatu-SP, observou que os teores de sólidos solúveis,

não diferiram estatisticamente, indicando ser um produto com baixos teores de açúcares e acidez como indicado para estabelecimento de dietas.

De acordo com Moraes *et al.* (2011), o °Brix da alface pode aumentar com o armazenamento refrigerado. Eles observaram que os sólidos solúveis médios subiram de 2,88% no dia da colheita para 3,37% após quatro dias de armazenamento refrigerado.

De acordo com a figura 1, os maiores teores de vitamina C, foi observada nas folhas das plantas cultivadas no sistema hidropônico (28,89 a 29,21 mg.100g⁻¹), e os menores teores nas plantas do sistema convencional de (26,61 a 27,29 mg.100g⁻¹). Brecht *et al.* (2010), o teor de ácidos nos alimentos varia com a variedade cultivada e as condições de cultivo.

Figura 1. Teor de vitamina C, em plantas de alface crespa, produzidas em sistemas de cultivos convencional e hidropônico, comercializada em mercados de São Luís-MA, 2024.



Fonte: o autor, 2024.

Conforme Chitarra & Chitarra (2005) relatam que, após a colheita, a concentração de ácidos orgânicos na alface geralmente diminui devido à sua conversão em açúcares. Além disso, a composição química das plantas varia entre espécies e dentro da mesma espécie, dependendo das condições ambientais (Taiz; Zeiger, 2004).

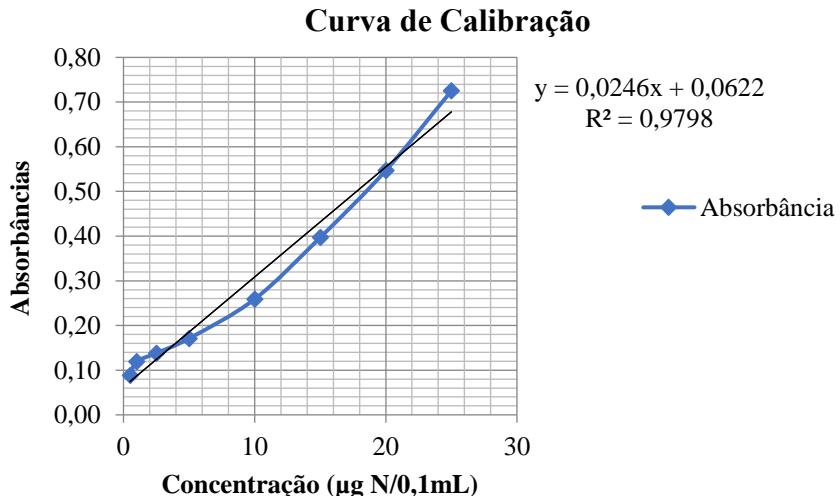
Teixeira *et al.* (2020), observaram teores de vitamina C, menores do que os observados nesta pesquisa. Verificaram em sua pesquisa que, o maior teor de vitamina C foi encontrado nas folhas das plantas do sistema orgânico, (14,97 mg/100g), enquanto o menor teor foi observado nas plantas do sistema hidropônico, (7,75 mg/100g). Os baixos níveis de vitamina C no sistema convencional e hidropônico podem ser atribuídos à disponibilidade imediata de nitrogênio para as plantas.

Sousa (2012) investigou o desempenho de cultivares de alface dos tipos lisa, crespa e americana durante o cultivo de verão e encontrou variações nos níveis de ácido ascórbico. A cultivar

crespa apresentou um teor de vitamina C de $30,59 \text{ mg.100g}^{-1}$, sem diferenças significativas em comparação com as outras cultivares.

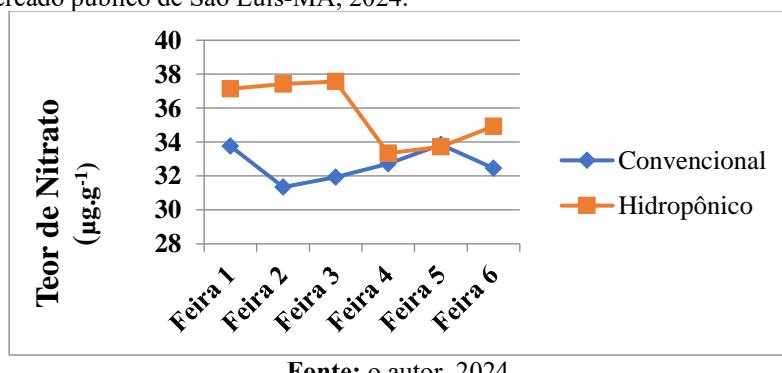
A Figura 2, apresenta a curva de calibração padrão obtida, utilizando o padrão de NaNO_3 , observa-se um crescimento linear, entre absorbância e concentração. A equação da reta da curva padrão foi determinada como $y=0,0246x+0,0622$, com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9798, um valor bastante próximo de 1. Esse coeficiente indica um excelente ajuste da curva aos dados experimentais, o que é considerado satisfatório para a calibração e, portanto, adequado para a análise das amostras.

Figura 2. Curva de calibração obtida com padrão de NaNO_3 em espectrofotômetro UV-Visível em comprimento de 410 nm.



Os teores de nitrato nas folhas de alface variaram entre, ($31,35 \mu\text{g.g}^{-1}$ a $37,47 \mu\text{g.g}^{-1}$) no sistema convencional e hidropônico, respectivamente, (figura 3). Esses níveis de nitrato estão abaixo do limite máximo permitido para a hortaliça alface, desta forma as alfaces produzidas nos dois sistemas de cultivos estudadas, são consideradas como alfaces de boa qualidade para consumo.

Figura 3. Teores de nitrato em alfaces crespas obtidas pelos sistemas de cultivos convencional e hidropônico, comercializadas em mercado público de São Luís-MA, 2024.



Fonte: o autor, 2024.

Segundo McCall & Willumsen (1998), a Comunidade Europeia estabeleceu limites máximos permitidos de nitrato para alface produzida em casa de vegetação: 3.500 mg/kg para o período de verão, 4.500 mg/kg para o período de inverno e 2.500 mg/kg para alface cultivada em campo aberto.

Do ponto de vista nutricional, para um indivíduo de 70 kg que consome, em média, até 50 g de alface fresca por dia, e considerando que o limite diário aceitável é de 3,6 mg N-NO₃⁻/kg de peso corporal, a concentração de nitrato na alface precisaria ser superior a 5000 µg N-NO₃⁻/g de massa fresca para exceder esse limite (Cometti *et al.*, 2005).

Santos *et al.* (2010) esclarecem que as variações nos valores absolutos de nitrato podem ser atribuídas à metodologia empregada e a fatores como intensidade luminosa, temperatura, umidade relativa do ar, época de cultivo e horário da colheita, que afetam o acúmulo de nitrato nas folhas de alface.

Vários autores, também analisaram o teor de nitrato em alface. Felipe & Pereira (2020), observou que o teor de nitrato variou entre 904,01 mg.kg⁻¹ e 29.775,79 mg.kg⁻¹. Sendo os teores de nitrato nas alfases cultivadas em hidropônia muito maiores do que nas demais culturas. Teixeira *et al.* (2020), verificou que teor de nitrato nas folhas de alface, variou de 40 µg/g no sistema orgânico a 90 µg/g nos sistemas convencional e hidropônico, respectivamente. Sousa (2012), observaram que a cultivar crespa apresentou um teor de 141,88 mg.kg⁻¹, com variações significativas em relação às demais cultivares. Silva *et al.* (2011), constataram que o maior teor de nitrato foi observado no sistema hidropônico, (331,8 mg/kg), em relação ao convencional (113,6 mg/kg). Santos *et al.* (2010) avaliaram alfases crespas comercializadas em Botucatu-SP e encontraram baixos níveis de nitrato.

Roorda Vaneysinga (1984) observou diferenças significativas nos teores de nitrato entre os sistemas de cultivo, destacando a capacidade da alface de acumular nitrato em suas folhas, especialmente quando cultivada em sistemas hidropônicos, onde a concentração na solução nutritiva é mais alta.

Relacionando o teor de nitrato com o teor de vitamina C, a pesquisa demonstrou que as plantas de alface cultivadas no sistema hidropônico, apresentaram maiores teores de nitrato e consequentemente, apresentaram menores teores de vitamina C, corroborando com Lee & Kader (2000), estes afirmam que fertilizantes com altas taxas de nitrogênio tendem a reduzir o teor de vitamina C em frutas e vegetais. Além disso, fatores como armazenamento prolongado, exposição ao calor, luz e oxigênio, bem como processos como cozimento e congelação, também contribuem para essa diminuição.

A alta disponibilidade de nitrogênio favorece a síntese de proteínas e carboidratos, reduzindo o uso de fotoassimilados para produzir compostos do metabolismo secundário, como o ácido

ascórbico. Além disso, o aumento da área foliar devido à adubação nitrogenada pode diminuir a intensidade da luz no dossel da planta, reduzindo a produção de ácido ascórbico nas áreas sombreadas, especialmente em sistemas hidropônicos, onde o nitrogênio é mais acessível (Ramos, 2006).

Os principais fatores que influenciam o acúmulo de nitrato em hortaliças são a capacidade de redução de NO_3^- e o consumo excessivo de nitrato. Fatores de estresse, como temperatura, luminosidade e seca, reduzem a capacidade da planta de reduzir o NO_3^- (Silva *et al.*, 2011).

Do ponto de vista nutricional, para um indivíduo de 70 kg que consome, em média, até 50 g de alface fresca por dia, e considerando que o limite diário aceitável é de 3,6 mg N- NO_3^- /kg de peso corporal, a concentração de nitrato na alface precisaria ser superior a 5000 μg N- NO_3^- /g de massa fresca para exceder esse limite (Cometti *et al.*, 2005).

4 CONCLUSÕES

- Em função dos resultados obtidos nesta pesquisa, as alfaces produzidas no sistema de cultivo hidropônico e convencional comercializadas em mercado públicos de São Luís-MA, podem ser consideradas de boa qualidade para o consumo, não apresentando risco à saúde do consumidor.
- O ambiente hidropônico proporcionou plantas com maior produção de Massa Fresca Total e Número de Folhas. No entanto, com índices de nitrato acumulado mais elevados.
- As plantas de alface cultivadas no sistema de cultivo convencional apresentaram qualidade superior, com menor concentração de nitrato. No entanto, o maior teor de vitamina C foi no sistema hidropônico.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Mar *et al.* Crescimento, teor e acúmulo de macronutrientes em alface americana sob doses de nitrogênio aplicados no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 18, p. 803-804, 2000.
- ARAÚJO, W. F.; SOUSA, T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface à adubação nitrogenada. **Revista Agroambiente**, v. 5, n. 1, p. 12-17, jan./abr. 2011.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. Agrostat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2015.
- BARTH, Gabriel *et al.* Conversão de amônio em nitrato e abundância de microrganismos oxidantes de amônio em solos tropicais com inibidor de nitrificação. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 4, p. e20180370, 2019.
- BLAT, Sally F. *et al.* Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 135-138, 2011.
- BRECHT, J. K. *et al.* Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 760-815.
- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Soil Science and Plant Analyses**, v. 6, p. 71-80, 1975.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- COMETTI, N. N. *et al.* **Teores de N-amino livre, açúcares solúveis, nitrato e N-proteico nas várias partes da alface**. Seropédica, RJ, 2005.
- COMETTI, N. N.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E. **Teores de N-amino livre, açúcares solúveis, nitrato e N-proteico nas várias partes da alface**. Seropédica, RJ, 2005.
- DA COSTA TEIXEIRA, Marcos *et al.* Qualidade de alfaces comercializados na ilha de São Luís-MA, produzidos sob diferentes sistemas de cultivo. **Tópicos em Ciências Agrárias**, v. 5, p. 60, 2020.
- DA SILVA, Eliana Mara NCP *et al.* Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 242-245, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- DE OLIVEIRA, Fabíola Cristina Ribeiro; HOFFMANN, Rodolfo. Consumo de alimentos orgânicos e de produtos light ou diet no Brasil: fatores condicionantes e elasticidades-renda. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 22, n. 1, p. 541-557, 2015.

DIAMANTE, M. S. *et al.* Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciências Agronômicas**, v. 4, n. 1, p. 133-140, 2013.

FELIPPE, Letícia Chagas Virgili; PEREIRA, Camila Ortulan. Teor de nitrato em alfaces do tipo crespa (*Lactuca sativa*) provenientes de diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Processos Químicos**, v. 1, n. 1, p. 46-58, 2020.

FERREIRA, Ítala Lorena de Lima. **Comportamento de cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico na Amazônia Central**. 2024.

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

FOLLETT, M. J.; RATCLIFF, P. W. Determinação de nitrito e nitrato em produtos cárneos. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 14, n. 3, p. 138-144, 1963.

GEPLAN. **Atlas do Maranhão**. São Luís: LABGEO, UEMA, 44p. 2002.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolf Lutz, 2008.

LEE, Seung K.; KADER, Adel A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LUZ, Gean Lopes da *et al.* A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2388-2394, 2008.

MARTINS, Luma Moreira. **Cultivares de alface produzidas em três sistemas de produção**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del Rei, Sete Lagoas.

MAYNARD, D. N. *et al.* Acúmulo de nitrato em vegetais. **Advances in Agronomy**, v. 28, p. 71-118, 1976. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60553-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60553-2)>. Acesso em: 24 ago. 2024.

MCCALL, D.; WILLUMSEN, F. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, n. 5, p. 698-703, 1998.

MENDONÇA, Larissa Silva *et al.* **Qualidade e segurança alimentar: risco de contaminação por coliformes em alfaces produzidas e comercializadas em feira livre, de Uberlândia-MG**, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16201>>. Acesso em: 24 ago. 2024.

MORAIS, P. L. D. *et al.* Qualidade pós-colheita da alface hidropônica em ambiente protegido sob malhas termorefletoras e negra. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 638-644, 2011.

QUEIROZ, J. P. S. *et al.* Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014.

RAMOS, Maria José Mota. **Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar Imperial**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

RAMOS, P. A. S. *et al.* Comportamento de cultivares de alface tipo crespa cultivadas em solo e em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...** Brasília: ABH, 2003.

RIBEIRO, R. S.; FERREIRA, I. V. L. **Análise produtiva e sensorial da alface cultivadas em sistema convencional e hidropônico**. 2023. Disponível em: <<http://65.108.49.104:80/xmLui/handle/123456789/704>>. Acesso em: 7 set. 2024.

ROORDA VAN EYSINGA, J. P. N. L. Nitrate and glasshouse vegetables. **Fertilizer Research**, v. 5, p. 149-156, 1984.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SCHUMACHER, P. V.; MOTA, J. H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Competição de cultivares de alface em Jataí - GO. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, 2012.

SOUSA, A. L. G. de. **Efeito dos sistemas de produção orgânico e convencional na qualidade nutricional de alface dos grupos lisa, crespa e americana**, 2012. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/6633>>. Acesso em: 08 set. 2024.

SOUSA, Vinícius Silva *et al.* **Desempenho de cultivares de alface do grupo solta crespa para cultivo no verão em Jataí-GO**. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p288-296>>. Acesso em: 08 set. 2024.

SOUZA, Girelene S. *et al.* Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de plantas de alecrim cultivadas sob telas coloridas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 232-239, 2014. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/947643/crescimento-vegetativo-e-producao-de-oleo-essencial-de-plantas-_mqqtXxF.pdf>. Acesso em: 24 out. 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

VAROQUAUX, Patrick; MAZOLLIER, Jérôme; ALBAGNAC, Guy. A influência das características da matéria-prima na vida útil de armazenamento de alface butterhead fresca cortada. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 127-139, 1996.