



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM FITOTECNIA

CRISTIANE ALVES DE PAIVA

**PRODUÇÃO, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MELÃO  
GÁLIA CULTIVADO EM SOLO COM DIFERENTES RELAÇÕES  
CATIÔNICAS**

MOSSORÓ-RN

2020

CRISTIANE ALVES DE PAIVA

**PRODUÇÃO, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MELÃO  
GÁLIA CULTIVADO EM SOLO COM DIFERENTES RELAÇÕES  
CATIÔNICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-Colheita

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Edna Maria Mendes Aroucha

Co-orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros

MOSSORÓ-RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P149p Paiva, Cristiane Alves de .  
PRODUÇÃO, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA  
DE MELÃO GÁLIA CULTIVADO EM SOLO COM DIFERENTES  
RELAÇÕES CATIÔNICAS / Cristiane Alves de Paiva. -  
2020.  
91 f. : il.

Orientadora: Edna Maria Mendes Aroucha.  
Coorientadora: José Francismar de Medeiros.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2020.

1. Cucumis melo L. . 2. Potássio. 3. Magnésio.  
4. Cálcio. 5. Sacolas biodegradáveis. I. Aroucha,  
Edna Maria Mendes, orient. II. Medeiros, José  
Francismar de, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CRISTIANE ALVES DE PAIVA

**PRODUÇÃO, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MELÃO  
GÁLIA CULTIVADO EM SOLO COM DIFERENTES RELAÇÕES  
CATIÔNICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Fitotecnia da  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido como requisito para obtenção do  
título de Doutor em Fitotecnia.

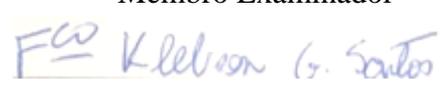
Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-  
Colheita

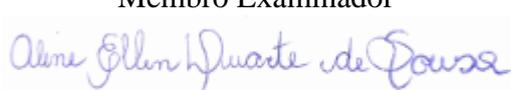
Defendida em: 30/ 04 / 2020

**BANCA EXAMINADORA**

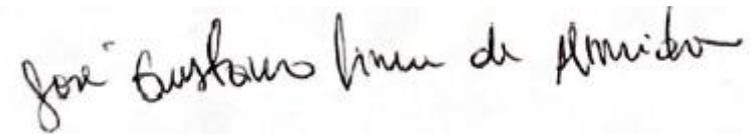
  
\_\_\_\_\_  
Profª. Dra. Edna Maria Mendes Aroucha  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Francismar de Medeiros (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Francisco Klebson Gomes dos Santos (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa (UFAM)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Henrique de Lima Leite (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Gustavo Lima de Almeida (UFERSA)  
Membro Examinador

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I- DESEMPENHO DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO.....</b>	<b>20</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>20</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
Fertilidade do solo.....	25
Aspecto nutricional das plantas.....	31
Produção.....	35
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO II- QUALIDADE E ARMAZENABILIDADE DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO.....</b>	<b>41</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>41</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>42</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
Perda de massa.....	47
Aparência externa.....	50
Luminosidade.....	52
Croma.....	54
Ângulo hue.....	56
Aparência interna.....	58
Firmeza de polpa.....	58
Sólidos solúveis.....	60
Acidez titulável.....	61

Relação SS/AT.....	62
pH.....	63
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO III- CHITOSAN-BASED BAG INCORPORATED</b>	
<b>GRAPHENE OXIDE PROLONGS THE GALIA MELON (<i>CUCUMIS</i></b>	
<b><i>MELO</i> L.) SHELF LIFE.....</b>	<b>69</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>69</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>69</b>
<b>MATERIAL AND METHODS.....</b>	<b>70</b>
<b>RESULTS AND DISCUSSION.....</b>	<b>75</b>
Physicochemical characterization of biopolymeric films.....	78
Weight loss and external appearance.....	78
The color parameter of skin.....	80
Internal appearance and flesh firmness.....	82
Soluble solids content, titratable acidity, ratio, and pH.....	84
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>86</b>

*Aos meus queridos pais, Sebastião  
Ripina de Paiva e Cilene Alves de  
Paiva, por todo o esforço e  
dedicação para eu chegar até aqui.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao SENHOR DEUS, por estar sempre me guiando e dando forças pra eu chegar até aqui;

A Edna Maria Mendes Aroucha, por ser uma verdadeira orientadora, tendo me acompanhado durante toda a vida acadêmica, sempre com muita dedicação, meus sinceros agradecimentos;

Aos meus pais, Sebastião Ripina de Paiva e Cilene Alves de Paiva, pela dedicação, apoio e confiança;

Ao meu irmão, Silvano Alves de Paiva, pelo apoio e companheirismo ao longo dessa jornada;

À UFERSA, pelo ensino e pesquisa, pela contribuição na minha formação profissional;

Ao meu coorientador, José Francismar de Medeiros, pela dedicação à pesquisa, atenção e disponibilidade, sempre que preciso;

Aos membros da banca Examinadora, pelas sugestões e contribuições;

A José Gustavo Lima de Almeida e Francisco Leonardo Gomes de Menezes, pela disponibilidade em ajudar e contribuir com as análises laboratoriais dos frutos e produção das sacolas;

Aos técnicos do laboratório de solos da UFERSA, Elídio, Paula e Valdete, pela ajuda na ajuda nas análises de solo e planta;

A Fabrício (laboratório de mecânica), pela ajuda na análise das propriedades dos filmes;

A Bruno (laboratório de microscopia eletrônica de varredura), pela disponibilidade em realizar esta análise nos filmes;

A Carol e Gabriela, pelo apoio dado na realização na análise microbiológica dos filmes;

Aos colegas Max Venicius, Nilson Filho, Adênio Alves, Francisco Cássio e Ariel Alves, pela ajuda durante a condução dos experimentos em campo, e a João Vilvert, por estar sempre disposto a ajudar;

A Líssia Letícia, pelas dúvidas tiradas e informações repassadas para implantação do experimento;

Às minhas amigas de condomínio, Érika, Laiza e Simonítala, pela convivência e apoio durante essa jornada;

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos;

Ao CNPq, pela aprovação do projeto e apoio financeiro à pesquisa;

A todos os que direta e indiretamente contribuíram para a construção deste trabalho,  
que aqui não estão citados, mas que jamais serão esquecidos.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

PAIVA, Cristiane Alves de. **Produção, qualidade e conservação pós-colheita de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas**. 2020. 91f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020.

A região semiárida brasileira concentra 95% da produção e exportação de melão, destacando-se os estados do RN e CE. Todavia, os solos desta região são de origem calcária, assim como a água utilizada na irrigação, o que provoca alcalinização do solo (acúmulo de Ca, Mg, K e Na). Tais condições podem afetar a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade e qualidade das culturas. Além do manejo nutricional do solo, a qualidade dos frutos pós-colheita pode ser afetada por técnicas de conservação, tais como uso ou não de embalagem e refrigeração. Desse modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a resposta do melão “Gália”, em função do cultivo em diferentes relações de  $K^+$ ,  $Mg^{++}$  e  $Ca^{++}$  no solo e avaliação da conservação pós-colheita, por meio do uso de sacolas de polietileno de baixa densidade (PEBD), X-Tend microperfurada e sacolas biodegradáveis de quitosana. Para isso, foram realizados dois experimentos no campo, no município de Upanema-RN, em anos consecutivos (2017 e 2018). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições, consistindo das seguintes relações catiônicas (K:Mg:Ca) para o primeiro ano: T1 (1:3:34); T2 (1:3:21); T3 (1:3:9); T4 (1:0,8:9) e T5 (1:11:34) e segundo ano: T1 (1:1,6:29,8); T2 (1:1,4:13,3); T3 (1:1,4:8,5); T4 (1:0,5:8,5); T5 (1:4,8:29,8). No experimento 1, avaliou-se o tempo de conservação dos frutos em embalagem de PEBD nos dois anos de cultivo; o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 5x6, onde as parcelas foram as relações de K:Mg:Ca; e as subparcelas foram os tempos de armazenamentos (0; 7; 14; 21 e 28), sob refrigeração ( $7\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  e  $90\pm 2\%$  UR) + três dias de vida útil de prateleira, respectivamente ( $23\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  e  $60\pm 2\%$  UR). No experimento 2, o tempo de conservação dos frutos foi avaliado sob duas sacolas biodegradáveis de quitosana (2%), sem e com a incorporação de óxido de grafeno (OG) (0,25%), durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias a  $7\text{ }^\circ\text{C}$  e 90% de UR, seguidos por seis dias de vida útil de prateleira a  $23\text{ }^\circ\text{C}$  e 60% de UR. Para as características de produção, apenas a massa média comercial e massa média total dos frutos foram influenciadas pelos tratamentos no primeiro ano de cultivo, onde T2 apresentou maior média, não apresentando diferenças no segundo ano. Para as características de qualidade e conservação, no primeiro ano de cultivo, por ocasião da colheita, ângulo hue, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* sofreram influência das relações catiônicas. No segundo ano, as relações catiônicas influenciaram apenas na firmeza de polpa. Todavia, ao longo do armazenamento, para ambos os experimentos houve influência do tempo de armazenamento, exceto para o teor de sólidos solúveis no primeiro ano de cultivo. Todas as embalagens preservaram a qualidade físico-química das frutas durante o armazenamento, mas a sacola à base de quitosana com a adição de OG foi eficaz em manter uma melhor aparência externa das frutas até o último dia de armazenamento. Portanto, a água de irrigação do aquífero arenito Açu/calcário Jandaira, associada à fertirrigação, já foi suficiente para suprir a absorção dos nutrientes K e Mg, dispensando, assim, correção da relação catiônica, e sacolas à base de quitosana com incorporação de OG prolongaram a vida útil e retardaram a senescência dos frutos do melão Gália.

**Palavras-chave:** *Cucumis melo* L. Potássio. Magnésio. Cálcio. Sacolas biodegradáveis.

## ABSTRACT

PAIVA, Cristiane Alves de. **Production, quality and postharvest conservation of Gália melon grown in soil with different cationic relationships.** 2020. 91f. Thesis (PhD in Agronomy: Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020.

The Brazilian semi-arid region concentrates 95% of melon production and exports, especially the states of RN and CE. However, the soils in this region are of calcareous origin, as well as the water used for irrigation, which causes soil alkalization (Ca, Mg, K and Na accumulation). Such conditions can affect the availability of nutrients and, consequently, the productivity and quality of crops. In addition to the nutritional management of the soil, the quality of post-harvest fruits can be affected by conservation techniques, such as the use or not of packaging and refrigeration. Thus, the present study aimed to evaluate the response of the “Gália” melon, depending on the cultivation in different K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> and Ca<sup>++</sup> ratios in the soil and evaluation of post-harvest conservation, through the use of low polyethylene bags density (LDPE), microperforated Xtend and bags of chitosan. For this, two experiments were carried out in the field, in the municipality of Upanema-RN, in consecutive years (2017 and 2018). The experimental design was in randomized blocks, with five treatments and five repetitions, consisting of the following cationic relationships (K: Mg: Ca) for the first year: T1 (1: 3: 34); T2 (1: 3: 21); T3 (1: 3: 9); T4 (1: 0.8: 9) and T5 (1:11:34) and second year: T1 (1: 1.6: 29.8); T2 (1: 1.4: 13.3); T3 (1: 1.4: 8.5); T4 (1: 0.5: 8.5); T5 (1: 4.8: 29.8). In experiment 1, the storage time of the fruits in LDPE packaging in the two years of cultivation was evaluated; the experimental design was in randomized blocks, in a 5x6 subdivided plot scheme, where the plots were the K: Mg: Ca; and the subplots were the storage times (0; 7; 14; 21 and 28), under refrigeration ( $7 \pm 2$  °C and  $90 \pm 2\%$  RH) + 3 days of shelf life, respectively ( $23 \pm 2$  °C and  $60 \pm 2\%$  RH). In experiment 2, storage time was evaluated under two biodegradable bags of chitosan (2%), without and with the incorporation of graphene oxide (OG) (0.25%), during 0, 7, 14, 21 and 28 days at 7 °C and 90% RH, followed by six days of shelf life at 23 °C and 60% RH. For production characteristics, only the average commercial weight and the total average weight of the fruits were influenced by the treatments in the first year of cultivation, where T2 presented the highest average, with no differences in the second year. For quality and conservation characteristics, the first year of cultivation, at the time of harvest, hue angle, soluble solids, titratable acidity and ratio were influenced by cationic relationships. In the second year, cationic relations only influenced the firmness of the pulp. However, during storage, for both experiments there was an influence of storage time, except for the content of soluble solids in the first year of cultivation. All packages preserved the physical-chemical quality of the fruits during storage, but the chitosan-based bag with the addition of OG was effective in maintaining a better external appearance of the fruits until the last day of storage. Therefore, the irrigation water of the Açu sandstone / Jandaira limestone aquifer, associated with fertigation, was already sufficient to supply the absorption of nutrients K and Mg, thus eliminating the correction of the cationic relationship, and chitosan-based bags with the incorporation of OG prolonged the shelf life and delayed senescence of the fruits of the Gália melon.

**Keywords:** *Cucumis melo* L. Potassium. Magnesium. Calcium. Biodegradable bag.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II – QUALIDADE E ARMAZENABILIDADE DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO

- Figura 1 – Perda de massa de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e shelf life a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). UFERSA, Mossoró, 2020.....49
- Figura 2 – Aparência externa de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e shelf life a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). UFERSA, Mossoró, 2020.....51
- Figura 3 – Luminosidade de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e shelf life a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). UFERSA, Mossoró, 2020.....53
- Figura 4 – Cromaticidade de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e shelf life a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). UFERSA, Mossoró, 2020.....55
- Figura 5 – Ângulo Hue de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e shelf life a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). UFERSA, Mossoró, 2020.....57
- Figura 6 – Aparência e interna (A e B) experimentos I e II, respectivamente, e firmeza de polpa (A1 e B1) experimentos I e II, respectivamente, de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C + shelf life a 23°C e UR de 60%. UFERSA, Mossoró, 2020.....59
- Figura 7 – Sólidos solúveis (A e B) experimentos I e II, respectivamente, e acidez titulável (A1 e B1) experimentos I e II, respectivamente, de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C + shelf life a 23°C e UR de 60%. UFERSA, Mossoró, 2020.....60

Figura 8	–	Ratio (A e B) experimentos I e II, respectivamente, e pH (A1 e B1) experimentos I e II, respectivamente, de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C + shelf life a 23°C e UR de 60%. UFERSA, Mossoró, 2020.....	63
----------	---	---	----

CAPÍTULO III – CHITOSAN-BASED BAG INCORPORATED WITH GRAPHENE OXIDE PROLONGS THE GALIA MELON (*CUCUMIS MELO* L.) SHELF LIFE

Figure 1	–	Scanning electronic microscopy (SEM) (A and B) and <i>Staphylococcus aureus</i> (C and D) images of chitosan-based films used in the preparation of biodegradable bags. A and C: Chitosan; B and D: Chitosan with addition of GO. UFERSA, Mossoró, 2020.....	77
Figure 2	–	Weight loss (A and B) and external appearance (C and D) of ‘Galia’ melon fruits without package (control) and packaged in polyethylene bag (commercial bag), chitosan-based bag and chitosan/GO-based bag under cold storage at 7 °C and 90% RH (A and C) and after shelf life period at 23 °C and 60% RH (B and D). UFERSA, Mossoró, 2020.....	79
Figure 3	–	Melon fruits stored in biodegradable and commercial bags and without bags. CS = chitosan. GO = graphene oxide. Com. = commercial. UFERSA, Mossoró, 2020.....	80
Figure 4	–	Lightness (A and B), chromaticity (C and D) and hue angle (E and F) of ‘Galia’ melon fruits without package (control) and packaged in polyethylene bag (commercial bag), chitosan-based bag and chitosan/GO-based bag under cold storage at 7 °C and 90% RH (A, C and E) and after shelf life period at 23 °C and 60% RH (B, D and F). UFERSA, Mossoró, 2020.....	81
Figure 5	–	Internal appearance (A), flesh firmness (B), soluble solids content (C), titratable acidity (D), SSC/TA ratio (E) and pH (F) of ‘Galia’ melon fruits without package (control) and packaged in polyethylene bag (commercial bag), chitosan-based bag and chitosan/GO-based bag after shelf life period at 23 °C and 60% RH. UFERSA, Mossoró, 2020.....	83

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I – DESEMPENHO DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO

- Tabela 1 – Valores médios da fertilidade do solo e da salinidade aos 30 e 63 DAS, cultivados com meloeiro submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, em um Cambissolo na profundidade de 0 - 20 cm – Experimento I. UFERSA, Mossoró, 2020.....27
- Tabela 2 – Valores médios da fertilidade do solo e da salinidade aos 30 e 63 DAS, cultivados com meloeiro submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, em um Cambissolo na profundidade de 0 – 20 – Experimento II. UFERSA, Mossoró, 2020.....30
- Tabela 3 – Valores médios da concentração de macro e micronutrientes na folha diagnóstica do meloeiro “Gália” aos 38 DAS, submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, cultivados em um Cambissolo – Experimento I. UFERSA, Mossoró, 2020.....32
- Tabela 4 – Valores médios da concentração de macro e micronutrientes na folha diagnóstica do meloeiro “Gália” aos 38 DAS, submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, cultivados em um Cambissolo – Experimento II. UFERSA, Mossoró, 2020.....34
- Tabela 5 – Valores médios da análise de produção para os parâmetros produtivos: produtividade total (PRT) e comercial (PRC) em t ha<sup>-1</sup>; número de frutos comercial por planta (NFC) e número de frutos total por planta (NFT) (frutos planta<sup>-1</sup>), massa média dos frutos comercial por planta (MMC) e massa média total por planta (MMT) em kg planta<sup>-1</sup> dos melões cultivados em um Cambissolo submetido a diferentes relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca no experimento I. UFERSA, Mossoró, 2020.....35
- Tabela 6 – Valores médios da análise de produção para os parâmetros produtivos: produtividade total (PRT) e comercial (PRC) em t ha<sup>-1</sup>; número de frutos comercial por planta (NFC) e número de frutos total por planta (NFT) (frutos planta<sup>-1</sup>), massa média dos frutos comercial por planta (MMC) e massa média total por planta (MMT) em kg planta<sup>-1</sup> dos melões cultivados em um Cambissolo

submetido a diferentes relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca no experimento II. UFERSA, Mossoró, 2020. ....	36
--	----

### CAPÍTULO III – CHITOSAN-BASED BAG INCORPORATED WITH GRAPHENE OXIDE PROLONGS THE GALIA MELON (*CUCUMIS MELO* L.) SHELF LIFE

Table 1 – Solubility, water vapor permeability (WVP), mechanical properties and color of chitosan-based films used in the preparation of biodegradable bags. CS: chitosan; GO: graphene oxide; Y – Young’s module; $\epsilon$ – elongation at break; $\sigma$ – tensile strength. UFERSA, Mossoró, 2020. ....	76
---	----

## INTRODUÇÃO GERAL

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças de maior importância econômica do Brasil, pauta de exportação, cuja produção em 2018 foi de 581.478 toneladas de melão, das quais 338.615 toneladas são originárias do Agropolo irrigado Mossoró-Assú (RN), responsável por 95,6% das exportações do fruto (IBGE, 2018). Essa expressividade se deve às boas condições edafoclimáticas existentes (altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e alta luminosidade), durante grande parte do ano (CAVALCANTI et al., 2015).

Mesmo diante de valores expressivos, ainda existem alguns fatores limitantes que devem ser superados, principalmente quando se refere a uma adubação equilibrada de cátions (K, Mg e Ca). Os solos das áreas produtoras são de origem calcária (CRISÓSTOMO et al, 2002) e a principal fonte de água utilizada para irrigação na Chapada do Apodi é subterrânea, advinda do arenito Açú e do calcário Jandaíra, os quais apresentam valores altos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e pH, podendo influenciar na relação catiônica do solo (OLIVEIRA, 2016) e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento da planta.

Potássio, cálcio e magnésio competem pelos mesmos sítios de absorção na raiz, de maneira que o cátion em maior concentração na solução do solo tem absorção preferencial em relação aos demais, além de teores elevados de cátions monovalentes na solução do solo poderem induzir deficiência dos bivalentes, retidos mais fortemente pelo complexo de troca do solo (BRADY; WEIL, 2013), podendo, assim, influenciar negativamente o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produção e qualidade dos frutos (MARSCHNER, 2012).

Por sua vez, após a colheita é imprescindível o uso de tecnologias para prolongar a qualidade dos frutos, sendo mais utilizada a refrigeração associada ou não com embalagem (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O melão Gália, por caracterizar-se como climatérico (KYRIACOU et al., 2018), apresenta atividade respiratória elevada, por isso faz-se necessário aliar à refrigeração outra tecnologia pós-colheita capaz de manter por mais tempo boa qualidade. Nesse sentido, sacolas plásticas microperfuradas, que modificam a atmosfera, são uma tecnologia difundida, que tem mostrado resultados satisfatórios (MORAIS et al., 2009; SOUZA et al., 2008; FERREIRA, 2016).

Apesar dos resultados positivos na manutenção da qualidade dos frutos, as sacolas plásticas microperfuradas (microplásticos), provenientes de derivados do petróleo, causam impacto ambiental (HITCHCOCK; MITROVIC 2019; DE FALCO et al., 2018),

sendo consideradas um problema crescente para o meio ambiente e saúde humana (RAINIERI; BARRANCO, 2019).

Por outro lado, uma produção mais limpa vem ganhando cada vez mais espaço em todo o mundo (SANTOS et al., 2018), o que torna a produção de filmes a partir de polímeros naturais, como a quitosana, uma alternativa promissora na conservação de frutas (POVERENOV et al., 2018; MUJTABA et al., 2019). Apesar disso, a quitosana é bastante hidrofílica, sendo a introdução de substituintes hidrofóbicos importante para aumentar sua hidrofobicidade, o que é de grande importância para embalagens (OLIVEIRA et al., 2018), visto que constitui uma barreira para a perda de vapor de água. Para isto, o uso de nanopartículas como o óxido de grafeno também vem sendo estudado a fim de aumentar a hidrofobicidade como também as propriedades biológicas (XU et al., 2017; MARASCHIN, 2016). Apesar disto, não há trabalhos relatando o efeito dessas embalagens na conservação de frutos, em especial melão Gália.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo identificar as relações catiônicas (K:Ca:Mg) do solo que melhor correlacionam com atributos indicadores de produção e qualidade dos frutos de melão Gália, bem como sintetizar e caracterizar sacolas biopoliméricas de quitosana e óxido de grafeno e avaliar sua aplicação na conservação destes frutos.

## REFERÊNCIAS

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CAVALCANTI, N. M. S.; DUTRA, A. F.; MELO, A. S. Aspectos agronômicos do meloeiro ‘mandacaru’ cultivado em ambiente protegido sob irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 261-272, 2015.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A.; RAIJ, B.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. A. D.; HOLANDA, J. S.; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 21p, 2002. (Circular Técnica 14).

DE FALCO, F.; GENTILE, G.; AVOLIO, R.; ERRICO, M. E.; DI PACE, E.; AMBROGI, V.; AVELLA, M.; COCCA, M. C. Pectin based finishing to mitigate the impact of microplastics released by polyamide fabrics. **Carbohydrate polymers**, v.198 p. 175-180, 2018.

HITCHCOCK, J. N.; MITROVIC, S. M. Microplastic pollution in estuaries across a gradient of human impact. **Environmental Pollution**, v.247, p. 457-466, 2019.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2018>>. Acesso em: 18 jun.2020.

KYRIACOU, M. C.; LESKOVAR, D. I.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 393-408, 2018.

MARASCHIN, T. G. **Preparação de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido e dispersão em matriz polimérica biodegradável**. 2016. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ed. Academic Press, 2012.

MORAIS, P. L. D.; SILVA, G. G.; MAIA, E. N.; MENEZES, J. B. Avaliação das tecnologias pós-colheita utilizadas e da qualidade de melões nobres produzidos para exportação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, cidade, v.29, p. 214-218, 2009.

MUJTABA, M.; MORSI, R. E.; KERCH, G.; ELSABEE, M. Z.; KAYA, M.; LABIDI, J.; KHAWAR, K. M. Current advancements in chitosan-based film production for food technology; A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 121, p. 889-904, 2019.

OLIVEIRA, R. C. **Avaliação do aquífero cárstico Jandaíra na região de Baraúna, Rio Grande do Norte**. 2016. 128f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

POVERENOV, E.; ARNON-RIPS, H.; ZAITSEV, Y.; BAR, V.; DANAY, O.; HOREV, B.; BILBAO-SAINZ, C.; M.C HUGH.T.; RODOV, V. Potential of chitosan from mushroom waste to enhance quality and storability of fresh-cut melons. **Food Chemistry**, v. 268, p. 233-241, 2018.

RAINIERI, S.; BARRANCO. A. Microplastics, a food safety issue? **Trends in Food Science & Technology**, v.84, p. 55-57, 2019.

SOUZA, P. A.; FINGER, F. L.; ALVES, R. E.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; MENEZES, J. B. Conservação pós-colheita de melão Charentais tratado com 1-MCP e armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, v.26, p. 464-470, 2008.

XU, W.; XIE, W.; HUANG, X.; CHEN, X.; HUANG, N.; WANG, X.; LIU, J. The graphene oxide and Chitosan biopolymer loads TiO<sub>2</sub> for antibacterial and preservative research. **Food Chemistry**, v.221, p. 267-277, 2017.

## CAPÍTULO I

### DESEMPENHO DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO

#### RESUMO

O Nordeste brasileiro destaca-se na produção e exportação de melão. Parte dos solos desta região onde se concentram os plantios da cultura é de origem calcária, assim como a água de irrigação utilizada. Estas condições, ao longo de cultivos sucessivos, podem causar a alcalinização do solo devido ao acúmulo de cátions de caráter básico do complexo de troca, como Ca, Mg, K e Na, em solos que já são ricos em bases, influenciando a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. Baseado no exposto, o trabalho teve por objetivo identificar as relações catiônicas (K:Mg:Ca) do solo que melhor correlacionam com atributos indicadores de produção de melão Gália. Para isto, foram realizados dois experimentos, em dois anos consecutivos (2017 e 2018), em delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições, consistindo das seguintes relações catiônicas (K:Mg:Ca) para o experimento I, cujo solo apresentava  $0,40 \text{ cmol}_c / \text{dm}^{-3}$  de K: T1 (1:3:34); T2 (1:3:21); T3 (1:3:9); T4 (1:0,8:9) e T5 (1:11:34) e experimento II, em que o solo tinha  $0,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K: T1 (1:1,6:29,8); T2 (1:1,4:13,3); T3 (1:1,4:8,5); T4 (1:0,5:8,5); T5 (1:4,8:29,8). Foram avaliadas as seguintes características: análises químicas do solo durante a fase de floração e final do ciclo, concentração de nutrientes na folha diagnóstica na fase de frutificação, produção total, produção comercial, massa média total, massa média comercial, número de frutos total e número de frutos comercial por planta. As relações catiônicas influenciaram a massa média total e comercial dos frutos apenas no experimento I, mas não o rendimento, indicando que os teores absolutos altos de K e médio a alto de Mg, quando combinada com a água de irrigação do aquífero arenito Açú, associada à fertirrigação, já são suficientes para suprir a necessidade dos nutrientes K e Mg, dispensando, assim, correção da relação catiônica.

**Palavras chave:** *Cucumis melo* L., potássio, magnésio, cálcio.

**ABSTRACT****PERFORMANCE OF THE GALLIA MELON CULTIVATED UNDER DIFFERENT SOIL CATIONIC RELATIONSHIPS**

The Brazilian Northeast stands out in the production and export of melons. Part of the soils in this region where the crops are concentrated is of calcareous origin, as well as the irrigation water used. These conditions, during successive crops, can cause the alkalization of the soil due to the accumulation of basic cations of the exchange complex, such as Ca, Mg, K and Na, in soils that are already rich in bases, influencing the availability of nutrients and, consequently, crop productivity. Based on the above, the objective of this work was to identify the cationic relationships (K: Mg: Ca) of the soil that best correlate with indicator attributes of Gália melon production. For this, two experiments were carried out, in two consecutive years (2017 and 2018), in a randomized block design, with five treatments and five repetitions, consisting of the following cationic relationships (K: Mg: Ca) for experiment I, whose soil had 0.40 cmolc / dm<sup>-3</sup> of K: T1 (1: 3: 34); T2 (1: 3: 21); T3 (1: 3: 9); T4 (1: 0.8: 9) and T5 (1:11:34) and experiment II, in which the soil had 0.56 cmolc dm<sup>-3</sup> of K: T1 (1: 1.6: 29.8) ; T2 (1: 1.4: 13.3); T3 (1: 1.4: 8.5); T4 (1: 0.5: 8.5); T5 (1: 4.8: 29.8). The following characteristics were evaluated: chemical analysis of the soil during the flowering and end of the cycle, concentration of nutrients in the diagnostic leaf in the fruiting phase, total production, commercial production, total average mass, average commercial mass, total number of fruits and number of commercial fruits per plant. The cationic relations influenced the average total and commercial mass of the fruits only in experiment I, but not the production, suggesting that the absolute high torsions of K and medium to high Mg, when combined with the irrigation water of the Açu sandstone aquifer, associated with fertigation, are already sufficient to supply the need for nutrients K and Mg, thus eliminating correction of the cationic relationship.

**Keywords:** *Cucumis melo* L., potassium, magnesium, calcium.

## INTRODUÇÃO

A região Nordeste caracteriza-se como grande produtora e exportadora de melão. Das 540.229 t/ha produzidas no Brasil, 514.276 estão nesta região, mais precisamente nos estados do RN e CE (IBGE, 2017). Apesar de ser considerado um volume expressivo, ainda existem alguns fatores pré-colheita que influenciam negativamente na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na produtividade destes. Nos últimos anos, cultivares de melão considerados nobres, como melão Gália, têm suas áreas expandidas, sobretudo para atender ao mercado exportador.

Nesta região existem diferentes tipos de solos, principalmente quanto à textura e fertilidade natural, sendo os cambissolos um dos predominantes nas áreas mais cultivadas. Apresentam fertilidade natural elevada, mas são pobres em matéria orgânica, apresentando baixos teores de fósforo disponível para as plantas (CRISÓSTOMO et al., 2002). Estes solos, por serem de origem calcária, apresentam pH neutro a alcalino e podem prejudicar a disponibilidade de nutrientes às culturas, se manejados inadequadamente, podendo influenciar o desenvolvimento e a produtividade, devido aos problemas nutricionais.

Além da origem calcária, um fator muito importante que contribui para o aumento do pH nestes solos é a prática da agricultura irrigada. É comum o pH variar no decorrer dos ciclos culturais em função da alcalinidade da água de irrigação utilizada, normalmente associada à concentração de carbonatos e bicarbonatos nesta (DIAS et al., 2004; PAIVA et al., 2004). A principal fonte de água utilizada para irrigação na Chapada do Apodi é subterrânea, advinda do arenito Açú e do calcário Jandaíra. Segundo Oliveira (2016), os aquíferos desta região apresentam valores altos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e pH, de forma que a água utilizada para suprir as necessidades hídricas da cultura pode influenciar na relação catiônica do solo.

Conhecer e definir a concentração relativa entre os cátions (cálcio, magnésio e potássio) para esses solos que apresentam alta concentração de cálcio é muito importante para uma boa nutrição das plantas, uma vez que competem pelos mesmos sítios de absorção radicular, de maneira que o cátion em maior concentração na solução do solo tem absorção preferencial em detrimento dos outros (MALAVOLTA et al., 1997). Além disto, teores elevados de cátions monovalentes na solução do solo podem induzir deficiência dos bivalentes, que são retidos mais fortemente pelo complexo de troca do solo (BRADY; WEIL, 2013).

Segundo Crisóstomo et al. (2002), em cultivos de meloeiro em solos de origem

calcária do RN e CE, irrigados com água rica em Ca e aplicações elevadas de  $K_2O$ , ainda pode ocorrer deficiência de K, devido à inibição competitiva da absorção de K pelos altos teores de Ca no solo. Além disso, altas concentrações de Ca e K podem inibir a absorção de Mg, diminuindo sua translocação da raiz à parte aérea, ocasionando sua deficiência.

Estudos sobre adubação mais apropriada e relação cálcio, potássio e magnésio para a cultura do melão, nas condições do vale do Assú, em um cambissolo, demonstraram menor número de frutos defeituosos e maior produção tipo exportação quando se utilizou adubação com correção de potássio e magnésio (SILVA, 2000).

Diante da necessidade de aprimoramento de técnicas visando a otimizar a aplicação dos nutrientes, com intuito de maximizar a produtividade dos frutos, a fim de assegurar produtos de alto valor comercial, o objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho do melão “Gália”, em função de diferentes relações catiônicas de solos que apresentam altas concentrações de cálcio.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos no município de Upanema-RN, no período de agosto a outubro de 2017 (experimento I) e agosto a outubro de 2018 (experimento II), região do agropolo Mossoró-Açu, localizado nas coordenadas  $5^{\circ}35'S$  e  $37^{\circ}12' W$ . O clima predominante da região é quente e seco, do tipo BSw $h'$ , de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica bastante irregular, média anual de 673,9 mm; temperatura de  $27^{\circ}C$  e umidade relativa do ar média de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). Durante os experimentos, a temperatura média diária ficou ao redor de  $28^{\circ}C$  e umidade relativa média diária foi de 60%, não ocorrendo precipitações pluviométricas.

Os solos das áreas experimentais são um Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), formado sobre o Calcário Jandaíra. Suas características químicas iniciais foram determinadas antes da instalação do experimento, para a camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade). O solo apresentou valores de pH= 7,5; K= 0,40; Na= 0,14; Ca= 13,54; Mg= 1,19 (experimento I) e pH= 8,50; K= 0,56; Na= 0,07; Ca= 16,7 e Mg= 0,90  $cmolc/dm^3$  (experimento II) (EMBRAPA, 2017), assim como as características da água utilizada na irrigação foram determinadas: experimento I - CE: 0,55  $dS m^{-1}$ ; pH: 7,8;  $K^+$ : 0,44;  $Ca^{2+}$ : 2,25;  $Mg^{2+}$ : 0,89;  $Na^+$ : 2,16;  $Cl^-$ : 1,31;  $HCO_3^-$ : 4,0  $mmolc L^{-1}$ ; experimento II

- CE: 1,35 dS m<sup>-1</sup>, pH: 6,5, K<sup>+</sup>: 0,15, Ca<sup>2+</sup>: 8,5, Mg<sup>2+</sup>: 1,5; Na<sup>+</sup>: 3,5, Cl<sup>-</sup>: 5,5, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 7,5 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>.

Os dois experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, consistindo das seguintes relações catiônicas (K:Mg:Ca) para o experimento I: T1 condição inicial do solo (1:3:34); T2 (1:3:21); T3 (1:3:9); T4 (1:0,8:9) e T5 (1:11:34) e experimento II: T1 condição inicial do solo (1:1,6:29,8); T2 (1:1,4:13,3); T3 (1:1,4:8,5); T4 (1:0,5:8,5); T5 (1:4,8:29,8). Estas relações foram feitas com aplicação de fontes de K e Mg na linha de plantio, considerando um volume por ha de 300 m<sup>3</sup> de solo (5000m x 0,3m x 0,2m). Foi aplicado um total de 25 e 30; 50 e 60; 50 e 0; 0 e 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O e MgO (experimento I) e 20 e 40; 40 e 80; 40 e 0; 0 e 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O e MgO (experimento II) para os tratamentos T2, T3, T4, T5, respectivamente.

Utilizou-se o melão (*Cucumis melo* L.) do tipo Gália, híbrido Mc Laren, escolhido por ser, no momento, a cultivar deste tipo de melão que tem maior tendência de crescimento entre os produtores locais e para complementar estudos já desenvolvidos na região.

Para avaliar a fertilidade do solo ao longo dos experimentos, amostras foram coletadas aos 30 dias após semeadura (DAS), quando se iniciou a frutificação, e ao final do ciclo (63 dias), nas profundidades de 0 a 20 cm, para a determinação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na); além da condutividade elétrica (CE) e do pH do solo.

Foram coletadas amostras de solo de todas as unidades experimentais da cultura, na profundidade de 0 a 20 cm, totalizando 25 amostras em cada coleta. As amostras foram levadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFERSA e posteriormente analisadas, seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017).

As amostras foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm e, submetidas a análises químicas. Para os cátions trocáveis (Ca e Mg), a extração foi feita com uma solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; para os cátions trocáveis (Na, K), foram feitas a extração com Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) e a determinação de seus teores no sobrenadante. A condutividade elétrica do extrato de saturação (CE<sub>es</sub>) e o potencial hidrogeniônico (pH) foram medidos com o auxílio de um condutivímetro e pHmetro, respectivamente.

Análises de tecido vegetal foram realizadas no início da fase de frutificação em

ambos os experimentos, em amostras de cada parcela experimental, analisando a quinta folha do ramo principal (folha diagnóstica), conforme indicado por Embrapa (2009).

As amostras de material vegetal, depois de secas, foram trituradas em moinho e analisadas para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Os procedimentos analíticos para determinação dos teores de nutrientes na planta seguiram a metodologia descrita pela EMBRAPA (2009), fazendo a digestão em ácido sulfúrico. Após o extrato digerido, as determinações foram feitas seguindo a metodologia de destilação com arrasto de vapores (Método Kjeldahl) para N; espectrofotometria com azul-de-molibdato para o P; fotometria de emissão de chama para o potássio K. Para os teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn foi utilizado a espectrofotometria de absorção atômica.

A colheita foi realizada aos 63 dias após a semeadura, e avaliou-se o desempenho produtivo da planta. A produtividade total (PRT) foi determinada a partir da pesagem de todos os frutos na área útil da parcela experimental, e expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$ ; produtividade comercial (PRC), determinada a partir da contabilização de todos os frutos com padrão comercial, e expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$ ; número de frutos comerciais por planta (NFC), determinado a partir da contabilização de todos os frutos colhidos com padrão comercial na parcela, dividido pelo número de plantas; massa média dos frutos comerciais (MMC) determinada pela média do peso dos frutos comerciais, expresso em kg; número de frutos total por planta (NFT), determinado pelo número total de frutos produzidos na parcela dividido pelo número de plantas; massa média total dos frutos (MMT), determinada pelo peso médio de todos os frutos colhidos na parcela, expresso em kg.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F, determinando como significativa a probabilidade de até 5% de significância, gerados por meio de planilha eletrônica (Microsoft® Excel). Após isso, foram geradas as médias dos tratamentos, determinada a DMS ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey e agrupados os tratamentos de acordo com a DMS calculada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **FERTILIDADE DO SOLO**

Na Tabela 01, encontram-se as médias de pH, CE, Na, K, Ca e Mg no solo na profundidade de 0 - 20 cm analisadas aos 30 e 63 DAS no experimento I. Verificou-se que as diferentes relações catiônicas via adubação do solo, em fundação, influenciaram

apenas os teores de potássio aos 30 dias, além de cálcio e magnésio aos 63 dias.

Aos 30 DAS, para o pH não houve efeito significativo entre os tratamentos (Tabela 01). Os valores apresentaram pouca variação entre o mínimo e máximo obtido nos tratamentos K0M2 (7,71) e K0M0 e K2M0 (7,80), respectivamente. Tais resultados devem-se à alcalinidade inicial do solo, o qual, antes da implantação do experimento, apresentou pH de 7,5 e a água de irrigação utilizada, que tem níveis elevados de bases e  $\text{HCO}_3$ . O desenvolvimento das culturas pode ser afetado por vários fatores, tais como o pH do solo, que desempenha papel crítico na disponibilidade de nutrientes às plantas (STEVENS et al., 2001; SHEN, 2011).

Aos 63 DAS, o pH do solo não foi influenciado pelos tratamentos adotados na camada analisada de 0 – 20 cm (Tabela 01), apresentando pequena variação entre os tratamentos 7,86 (K1M1) a 7,92 (K0M0). Este comportamento deve-se à condição inicial do solo (ligeiramente alcalino): quando o pH do solo está fora da faixa ideal, nutrientes essenciais, mesmo em quantidades adequadas para a planta (PRIYA; SAHI, 2009), podem se tornar indisponíveis (STEVENS et al., 2001).

Aos 30 dias, a condutividade elétrica do solo apresentou variação de 1,37 a 3,60  $\text{dS m}^{-1}$ , mesmo assim não apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 01), pois o CV foi alto, possivelmente devido à aplicação localizada dos fertilizantes, o que aumenta substancialmente os erros de amostragem, considerando que foi realizada com trado holandês de 1,5” em três pontos em cada parcela. No entanto, a CE máxima foi obtida no tratamento K2M2, o qual se caracteriza como o tratamento ao qual foi adicionada maior quantidade de potássio e magnésio (Cloreto de potássio e sulfato de magnésio). Segundo Anjos et al. (2015), a condutividade elétrica aumenta em função do aumento das quantidades de KCl, o que evidencia o efeito salino do fertilizante. Isso pode justificar os maiores valores de CE para o tratamento T3 (K2M2), o qual recebeu a maior concentração de K. Melo et al. (2011) observaram que o rendimento comercial e total do melão Gália não foi afetado pelos níveis de salinidade da água até os valores de 1,48 e 1,46  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente. Aos 63 dias, a condutividade elétrica do solo (CE) também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 01), com variação de 1,38 (K0M2) a 1,85 (K2M2)  $\text{dS m}^{-1}$ . Segundo Ayers; Westcot (1999), o melão tolera  $\text{CE} \leq 2,2$   $\text{dS m}^{-1}$ , sem perda do desenvolvimento da cultura.

O teor de sódio (Na) no solo aos 30 dias não foi influenciado entre os tratamentos (Tabela 01). O menor valor foi obtido no tratamento T2 (K1M1) (56,6  $\text{mg dm}^3$ ) e o maior foi de 64,6  $\text{mg dm}^3$  no tratamento T3 (K2M2). Aos 63 dias, também não houve diferenças

significativas. Os valores de Na variaram de 66,8 (K0M2) a 85,2 (K1M1)  $\text{mg dm}^{-3}$ . O menor valor foi encontrado no tratamento que não foi adicionado potássio combinado com a maior dose de magnésio, ao passo que o maior valor foi obtido quando se usou a dose intermediária, tanto de potássio quanto magnésio. De acordo com Moraes Neto (2009), nas regiões onde a saturação de bases é elevada, a presença de sais – como bicarbonatos e carbonatos de cálcio, magnésio e sódio – estabelece a preponderância dos íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) sobre os íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) na solução do solo, conferindo alcalinidade a estes solos.

**Tabela 01.** Valores médios da fertilidade do solo e da salinidade aos 30 e 63 DAS, cultivados com meloeiro submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, em um Cambissolo na profundidade de 0 - 20 cm – Experimento I, Mossoró/RN, 2020.

<b>Experimento I 30 DAS</b>						
Tratamentos	pH	CE	Na	K	Ca	Mg
		$\text{dS m}^{-1}$	$\text{mg dm}^{-3}$		$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	
T1- (K0M0)	7,80 a	1,54 a	61,8 a	99,0 ab	10,8 a	2,64 a
T2- (K1M1)	7,73 a	1,37 a	56,6 a	118,0 ab	11,9 a	2,29 a
T3- (K2M2)	7,73 a	3,60 a	64,6 a	164,0 a	11,6 a	2,01 a
T4- (K2M0)	7,80 a	2,01 a	61,2 a	198,0 a	10,8 a	2,79 a
T5- (K0M2)	7,71 a	3,15 a	58,8 a	93,0 b	12,0 a	2,77 a
CV (%)	1,0	54,4	17,9	19,5	9,7	16,6
<b>Experimento I 63 DAS</b>						
T1- (K0M0)	7,92 a	1,43 a	81,8 a	101,1 ab	8,2 b	2,0 a
T2- (K1M1)	7,86 a	1,59 a	85,2 a	106,0 ab	8,9 ab	1,78 a
T3- (K2M2)	7,88 a	1,85 a	79,2 a	118,0 ab	8,5 b	1,83 a
T4- (K2M0)	7,89 a	1,36 a	71,0 a	150,0 a	9,4 ab	1,31 ab
T5- (K0M2)	7,89 a	1,38 a	66,8 a	91,0 b	10,2 a	0,79 b
CV (%)	1,2	48,5	25,6	25,5	8,6	26,8

pH - potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; Na - sódio; K - potássio; Ca - cálcio; Mg – magnésio.

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a 5% pelo teste de Tukey

O potássio (K), no solo aos 30 dias, apresentou diferença significativa em função dos tratamentos (Tabela 01). Tal resultado está associado à sua aplicação no solo, onde o tratamento T4 (K2M0), que consistiu na maior dose aplicada de potássio com ausência de magnésio, apresentou maior concentração no solo ( $198,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), diferindo apenas do tratamento T5, no qual não foi aplicado potássio, porém mais magnésio (K0M2). Na medida em que este elemento é bivalente e como não foi aplicado K, o Mg pode ter deslocado o K para a solução e ter sido lixiviado ou absorvido pela planta. Os valores absolutos de K dos tratamentos T3 e T4, os quais receberam maior dose aplicada no solo, são classificados como muito altos ( $> 120 \text{ mg dm}^{-3}$ ), de acordo com CFSEMG (1999).

Aos 63 dias, o potássio (K) no solo também apresentou diferença estatística em função dos tratamentos adotados. O teor de K apresentou variação de 91,0 (K0M2) a 150,0 (K2M0) (Tabela 01) entre os tratamentos. Os teores mais elevados de K no solo foram observados no tratamento que recebeu maior quantidade de cloreto de potássio, correspondendo a uma relação K:Mg:Ca (1:0,8:9) no solo.

O teor de cálcio (Ca) no solo aos 30 dias não apresentou efeito significativo entre os tratamentos (Tabela 01). Verifica-se uma variação entre os tratamentos de 10,8 (K0M0) e (K2M0) e 12,0 (K0M2)  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . Doses elevadas de K podem deslocar o cálcio, diminuindo, assim, a relação catiônica no solo, favorecendo a disponibilidade dos nutrientes para a planta. Os valores considerados como absolutos são classificados como muito altos ( $> 4,0 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), segundo CFSEMG (1999).

Aos 63 dias, os valores médios de cálcio (Ca) apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Houve uma variação de 8,56 (K0M0) a 10,2  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (Tabela 01). De acordo com Jakobsen (1993), a aplicação de cloreto de potássio ocasiona aumento momentâneo da absorção de diferentes cátions, como cálcio e magnésio, porém após a lixiviação do cloreto os elevados teores de potássio residuais podem promover a redução da atividade de cálcio e magnésio em solução, reduzindo sua absorção pelas plantas.

O magnésio (Mg) no solo aos 30 dias não diferiu entre os tratamentos, variando de 2,01 (K2M2) a 2,77 (K0M2)  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (Tabela 01); o maior valor do elemento encontrado no solo foi proveniente do tratamento com maior dose de magnésio e ausência de potássio. A menor amplitude pode se dever ao mascaramento provocado pelo magnésio advindo da água de irrigação, que representa quantidade significativa quando se compara com o adicionado ao solo. Também o CV alto contribui para diferença não significativa entre as médias. De acordo com CFSEMG (1999), os teores de Mg são classificados como muito bons ( $> 1,5 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).

Aos 63 dias, o magnésio (Mg) no solo apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 01), apresentando variação de 0,79 (K0M2) a 2,0 (K0M0)  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . O fato dessa diferença ter sido identificada apenas no final do ciclo pode estar relacionado ao acúmulo deste nutriente no solo, advindo da água de irrigação, a qual apresentou concentrações elevadas desse elemento.

Na Tabela 02, encontram-se as médias de pH, CE, Na, K, Ca e Mg no solo na profundidade de 0 - 20 cm analisadas aos 30 e 63 DAS no experimento II. Verificou-se que as diferentes relações catiônicas via adubação do solo em fundação influenciaram

apenas os teores de sódio, cálcio e magnésio aos 30 dias, ao passo que aos 63 dias nenhum parâmetro foi influenciado.

Aos 30 dias, o potencial hidrogeniônico do solo não foi influenciado pelos tratamentos aplicados (Tabela 02), obtendo-se pequena variação de 7,32 (K2M2 e K0M2) a 7,64 (K1M1). Aos 63 DAS, os valores também não diferiram entre os tratamentos (Tabela 02) e apresentaram variação de 7,28 (K0M2) a 7,68 (K2M0). De maneira geral, quando comparados os valores aos 63 em relação aos 30 dias, pode-se observar que os valores estão mais elevados, em decorrência do acúmulo de cátions de caráter básico do complexo de troca, como Ca, Mg, K e Na, durante todo o ciclo, contribuindo para que o pH desses solos aumente (MORAES NETO, 2009), visto que o volume de água para irrigação a partir dos 30 dias foi bem maior, utilizando-se 80 mm até os 30 dias e a partir deste período, até os 63 dias, o volume aplicado foi de 231 mm, havendo maior concentração de bases em relação ao primeiro.

A condutividade elétrica (CE) na camada de 0 – 20 cm de profundidade aos 30 DAS não diferiu entre os tratamentos (Tabela 02), apresentando variação de 1,14 (K2M0) a 1,35 (K0M2); de maneira geral, a condutividade elétrica do experimento I foi maior do que no experimento II, o que pode estar diretamente relacionado à maior CE inicial do solo do experimento I. Aos 63 dias, também não houve diferença significativa entre os tratamentos, conforme se observa na tabela 02. Pode-se observar um aumento da CE aos 63 dias quando comparado aos 30 dias; tal comportamento pode ter ocorrido devido, sobretudo, à CE da água de irrigação ( $CE = 1,35 \text{ dS m}^{-1}$ ), a qual se aplicou cerca de 80% entre os 30 e 63 dias.

Os valores de sódio (Na) no solo aos 30 DAS apresentaram diferenças significativas (Tabela 02), tendo o tratamento T3 (K2M2) apresentado maior média (77,7); este tratamento refere-se à maior dose de potássio e magnésio aplicado no solo, o que pode ter contribuído para tal resultado. No entanto, esse tratamento não diferiu dos outros tratamentos, exceto do tratamento T5 (K0M2), o qual apresentou média de 55,0  $\text{mg dm}^{-3}$ . Aos 63 dias, os valores não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 02). O teor de sódio no solo variou de 97,9 (K2M0) a 125,5  $\text{mg dm}^{-3}$  (K1M1), ressaltando-se que o menor valor (97,9) foi obtido no tratamento que apresentou a menor relação catiônica K:Mg:Ca (1:0,5:8,5), ou seja, onde se aplicou mais K e Mg na adubação corretiva.

**Tabela 02.** Valores médios da fertilidade do solo e da salinidade aos 30 DAS, cultivados com meloeiro submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, em um Cambissolo na profundidade de 0 – 20 – Experimento II, Mossoró/RN, 2020.

<b>Experimento II 30 DAS</b>						
Tratamentos	pH	CE	Na	K	Ca	Mg
		dS m <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----		----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----	
T1- (K0M0)	7,53 a	1,24 a	76,6 a	366,2 a	14,3 a	2,54 b
T2- (K1M1)	7,64 a	1,27 a	73,0 ab	342,9 a	13,9 ab	3,45 ab
T3- (K2M2)	7,32 a	1,20 a	77,7 a	420,4 a	11,5 b	3,71 ab
T4- (K2M0)	7,47 a	1,14 a	65,7 ab	360,5 a	12,0 ab	4,57 a
T5- (K0M2)	7,32 a	1,35 a	55,5 b	321,1 a	11,9 ab	4,31 a
CV (%)	2,8	18,2	15,0	14,3	10,0	15,8
<b>Experimento II 63 DAS</b>						
T1- (K0M0)	7,62 a	2,42 a	101,1 a	191,9 a	13,7 a	6,45 a
T2- (K1M1)	7,66 a	2,48 a	125,5 a	240,9 a	13,5 a	6,13 a
T3- (K2M2)	7,65 a	1,95 a	104,2 a	217,7 a	13,1 a	6,25 a
T4- (K2M0)	7,68 a	2,08 a	97,9 a	222,3 a	12,8 a	6,08 a
T5- (K0M2)	7,28 a	1,77 a	107,5 a	198,7 a	12,7 a	6,46 a
CV (%)	3,8	28,5	22,8	24,2	7,1	17,1

pH - potencial hidrogeniônico; CE<sub>es</sub> – condutividade elétrica; Na - sódio; K - potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio;

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a 5% pelo teste de Tukey

Aos 30 dias, para o potássio (K) no solo, não se verificou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 02), apresentando variação de 321,1 (K0M2) a 420,4 (K2M2), este tratamento consiste na relação catiônica de maior aplicação de potássio e magnésio no solo, o que pode ter contribuído para maior valor. É perceptível também que no experimento II os valores de potássio são bem superiores ao experimento I, o que pode estar relacionado à maior concentração de potássio neste solo antes da implantação do experimento. Os valores absolutos de K no solo são classificados como muito bons (> 120 mg dm<sup>-3</sup>), de acordo com o CFSEMG (1999).

Aos 63 dias, também não diferiu entre os tratamentos (Tabelas 02). Os valores variaram de 191,9 (K0M0) a 240,9 (K1M1). De maneira geral, os valores de K apresentaram redução quando confrontadas com os obtidos aos 30 dias. Isso pode ser justificado pela absorção desses nutrientes ao longo do desenvolvimento da planta e consequente redistribuição para os drenos preferenciais (frutos), além da lixiviação do elemento no perfil do solo devido a irrigação. O fato de não apresentar diferenças entre os tratamentos pode ser justificado pela alta concentração de K no solo, de modo que o K aplicado na adubação de correção representa uma fração menor do conteúdo presente no solo.

Aos 30 dias, o cálcio (Ca) apresentou efeito significativo entre os tratamentos

(Tabela 02), quando o tratamento T1 (K0M0) (condição inicial do solo) diferiu do tratamento T3 (K2M2). Isto é justificado pelo fato de a condição inicial do solo apresentar uma relação K:Mg:Ca de 1:1,6:29,8 sendo considerado um valor elevado de cálcio, quando se refere ao tratamento T3, a relação de K:Mg:Ca foi corrigida para 1:1,4:8,5 evidenciando menor concentração relativa de cálcio no solo, justificando a diferença significativa. A maior dose de K e Mg aplicada pode deslocar o cálcio adsorvido para solução solo e ser lixiviado, reduzindo sua concentração no solo. Em termos absolutos no solo, esses valores (11,5 a 14,3  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) são classificados como muito bons ( $> 4,0 \text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), segundo CFSEMG (1999).

Aos 63 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 02). Houve variação entre os tratamentos de K0M2 (12,7) e K0M0 (13,7  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ). Esses valores elevados devem-se aos solos ricos em Ca, além do proveniente da água de irrigação, valores muito altos quando comparados com o que a planta absorve.

O magnésio (Mg) no solo aos 30 dias apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 02), com variação de 2,54  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (M0K0) a 4,57  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (K2M0). De acordo com CFSEMG (1999), os teores de Mg são classificados como muito bons ( $> 1,5 \text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).

Aos 63 dias, o magnésio (Mg) no solo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 02). Os valores variaram de 6,08 (K2M0) a 6,46 (K0M2)  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . A maior concentração de Mg no solo ocorreu no tratamento no qual foi aplicada maior quantidade deste nutriente ao solo, em combinação com a ausência de potássio (K0M2), apresentando relação de K:Mg:Ca (1:4,8:29,8), ao passo que o menor valor foi obtido na relação catiônica sem aplicação de magnésio em combinação com a maior dose de potássio (K2M0), apresentando relação catiônica de 1:0,5:8,5. Isto seria o resultado esperado, pois a falta de aplicação de Mg associada à aplicação de mais K permite deslocamento do Mg para solução do solo, podendo ser mais facilmente absorvido ou lixiviado no perfil do solo. Porém, o Mg advindo da água de irrigação pode mascarar a diferença maior entre os tratamentos. Se comparada à concentração desse nutriente aos 30 e 63 dias, é perceptível maior concentração aos 63 dias, relacionada ao acúmulo ocasionado pela água de irrigação.

#### ASPECTO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

Na Tabela 03, estão expostos os valores médios dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco

(Zn) na folha diagnóstica coletada aos 38 DAS, no experimento I, onde se observa que apenas para o micronutriente ferro não houve efeito significativo dos tratamentos, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade, como também o coeficiente de variação, que variou de baixo a muito alto.

**Tabela 03.** Valores médios da concentração de macro e micronutrientes na folha diagnóstica do meloeiro “Gália” aos 38 DAS, submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, cultivados em um Cambissolo – Experimento I. Mossoró/RN, 2020.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----		
T1- (K0M0)	40,0 a	18,2 a	43,3 a	45,0 a	5,60ab	29,4 a	8,38ab	18,7ab
T2- (K1M1)	37,7 a	17,6 a	27,4ab	33,7ab	4,10 b	38,7 a	9,10 a	15,8ab
T3- (K2M2)	32,1 b	13,1ab	18,1 b	22,6 b	2,38 b	27,9 a	7,98ab	9,8 b
T4- (K2M0)	33,0ab	14,2ab	39,3ab	27,0ab	2,71 b	26,1 a	7,40 b	18,2ab
T5- (K0M2)	34,3ab	11,3 b	44,4 a	43,4 a	8,30 a	36,6 a	8,70ab	24,7 a
CV (%)	5,6	20,4	35,2	27,5	27,5	22,6	9,6	27,7

N -nitrogênio; P -fósforo; K -potássio; Ca -cálcio; Mg -magnésio; Fe -ferro; Mn -manganês; Zn -zinco  
Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a 5% pelo teste de Tukey

O teor de N nas folhas do meloeiro para o experimento I (Tabela 03) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com maior média para o tratamento T1 (K0M0), o qual apresentou média de 40,0 g kg<sup>-1</sup>, diferindo apenas do tratamento T3 (K2M2), que recebeu maior aplicação de K e Mg, que apresentou média de 32,1 (Tabela 03). Para Kämpf (2005), meios de cultivo com pH ácido estão associados à deficiência de nutrientes como nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas plantas, ao passo que em pH alcalino, característica do solo trabalhado, tendem a ocorrer problemas de disponibilidade de fósforo (P) e micronutrientes, como ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu); com isso justifica-se a maior concentração de nitrogênio na relação catiônica mais alcalina. Os valores obtidos em todos os tratamentos estão dentro da faixa recomendada para cultura do meloeiro (25 a 50 g kg<sup>-1</sup>), de acordo com Taniguchi et al. (2019).

As concentrações de nitrogênio (N) nas folhas do meloeiro para o experimento II não diferiram entre os tratamentos (Tabela 04); apresentaram variação de 46,2 g kg<sup>-1</sup> (K2M2) a 62,0 g kg<sup>-1</sup> (K0M2). Os tratamentos T1, T2 e T5 ficaram com valores acima da faixa para cultura, de acordo com Taniguchi et al. (2019).

O fósforo (P) no experimento I diferiu entre os tratamentos (Tabela 03); a relação catiônica K0M0 apresentou maior média (18,2 g kg<sup>-1</sup>), diferindo apenas da relação catiônica K0M2, com média de 11,3 g kg<sup>-1</sup>. Este nutriente apresenta lenta difusão e alta

fixação no solo (EPSTEIN; BLOOM, 2006; SHEN, 2011), podendo, assim, não apresentar relação direta do conteúdo solo e na planta. Os teores de P estão todos acima da faixa considerada normal para o meloeiro (TANIGUCHI et al., 2019).

Para o experimento II, para as concentrações de fósforo (P) nas folhas não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 04). Os valores estão dentro dos níveis considerados adequados de acordo com Taniguchi et al. (2019) (3 a 7 g kg<sup>-1</sup>), apresentando variação de 3,40 g kg<sup>-1</sup> (K2M0) a 6,66g kg<sup>-1</sup> (K1M1), ressaltando-se que no plantio o solo recebeu adubação corretiva de P, equivalente a 120 kg/ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Houve diferença significativa para concentração de potássio (K) na folha diagnóstica para o experimento I (Tabela 03). O tratamento T5 apresentou maior média, 44,4 g kg<sup>-1</sup>, diferindo do tratamento T3. O potássio e o magnésio absorvidos pelas raízes e acumulados na parte aérea das plantas podem ser remobilizados para atendimento das necessidades nutricionais de tecidos mais jovens, quando houver diminuição de sua disponibilidade na rizosfera. O valor encontrado para o tratamento T3 (18,1) encontra-se abaixo da faixa recomendada para a cultura, de acordo com Taniguchi et al. (2019). A combinação desse tratamento com a maior dose de magnésio pode ter inibido a absorção do potássio; além disso, cátions bivalentes, como o magnésio, apresentam absorção preferencial em relação aos monovalentes (potássio).

Os teores de potássio (K) encontrados nas folhas para o experimento II variaram de 18,0 g kg<sup>-1</sup> (K1M1) a 20,6 g kg<sup>-1</sup> (K2M0). As menores concentrações em relação ao experimento I estão relacionadas ao efeito de diluição, pois inicialmente as plantas apresentaram crescimento vigoroso. Conforme Taniguchi et al. (2019), os valores de todos os tratamentos encontram-se abaixo da faixa recomendada, de 25 a 40 g kg<sup>-1</sup>, para a cultura do melão.

O teor de cálcio (Ca) nas folhas também variou entre os tratamentos para o experimento I (Tabela 03), tendo o tratamento T1 (K0M0) apresentado maior média (45,0 g kg<sup>-1</sup>), diferindo apenas do tratamento T3 (22,6 g kg<sup>-1</sup>), um pouco abaixo dos 25, limite inferior sugerido por Taniguchi et al. (2019). Esses valores estão diretamente relacionados à concentração desse nutriente no solo, pois o tratamento T1 trata-se da relação catiônica K:Mg:Ca (1:3:34), ao passo que o tratamento 3 refere-se à relação catiônica 1:3:9, justificando, assim, a maior concentração na folha.

O conteúdo de cálcio (Ca) na planta aos 38 DAS para o experimento II (Tabela 04) variou de 19,7 (K0M0) a 22,6 g kg<sup>-1</sup> (K1M1), não diferindo entre os tratamentos. Os valores encontrados em todos os tratamentos encontram-se abaixo da faixa recomendada

(25 a 50 g kg<sup>-1</sup>), de acordo com Taniguchi et al. (2019), estando diretamente relacionados ao efeito de diluição, pois as plantas apresentaram-se muito vigorosas aos 38 dias.

Foi observada diferença significativa entre os tratamentos para o magnésio no experimento I (Tabela 03), com a maior média obtida no tratamento T5 (K0M2), 8,30 g kg<sup>-1</sup>, sendo este o tratamento no qual se aplicou mais magnésio sem aplicação de potássio, diferindo dos tratamentos T2, T3 e T4. A maior média refere-se à relação K:Mg:Ca (1:11:34). De acordo com Jakobsen (1993), a aplicação de cloreto de potássio ocasiona aumento momentâneo da absorção de outros cátions, como cálcio e magnésio, porém, após a lixiviação do cloreto, os elevados teores de potássio residuais podem promover a redução da atividade de cálcio e magnésio em solução, reduzindo sua absorção pelas plantas.

Os teores de magnésio encontrados nas folhas para o experimento II também diferiram entre os tratamentos (Tabela 04). O tratamento T5 (K0M2) apresentou maior média 3,65, diferindo dos tratamentos T1 (K0M0) e T4 (K2M0), com médias de 2,99 e 2,88, respectivamente. Os teores ideais de Mg recomendados de acordo com Taniguchi et al. (2019) variam de 5,0 a 12,0 g kg<sup>-1</sup>, podendo os valores abaixo da faixa considerada como ideal estar relacionados ao efeito de diluição, visto que as plantas se apresentavam mais vigorosas. O maior valor de Mg foi encontrado no tratamento T5, ao qual foi adicionada a maior quantidade de magnésio no solo, o que pode ter favorecido a absorção desse nutriente pelas plantas.

**Tabela 04.** Valores médios da concentração de macro e micronutrientes na folha diagnóstica do meloeiro “Gália” aos 38 DAS, submetido a relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca, cultivados em um Cambissolo – Experimento II. Mossoró/RN, 2020.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----mg kg <sup>-1</sup> -----			
T1- (K0M0)	59,2 a	3,92 a	20,2 a	19,7 a	2,99 b	149,6a	50,6 a	27,4 a
T2- (K1M1)	52,9 a	6,66 a	18,0 a	22,6 a	3,09ab	162,6a	51,3 a	22,0 a
T3- (K2M2)	46,2 a	4,67 a	18,7 a	20,1 a	3,49 a	119,2a	46,1 a	26,9 a
T4- (K2M0)	47,6 a	3,40 a	20,6 a	21,9 a	2,88 b	112,4a	52,1 a	21,9 a
T5- (K0M2)	62,0 a	4,65 a	19,7 a	22,0 a	3,65 a	135,4a	48,2 a	25,3 a
CV (%)	19,7	38,9	10	11,5	8,9	20,7	10,9	18,6

N -nitrogênio; P -fósforo; K -potássio; Ca -cálcio; Mg -magnésio; Fe -ferro; Mn -manganês; Zn -zinco  
Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a 5% pelo teste de Tukey.

Em se tratando de micronutrientes, apenas o ferro para o experimento I não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 03), com valores variando de 26,1 (K2M0) a 38,7 (K1M1) mg kg<sup>-1</sup>; esses valores estão fora da faixa considerada

ideal para a cultura, que varia de 50 a 300 mg kg<sup>-1</sup>, segundo Taniguchi et al. (2019).

Os teores de ferro encontrados nas folhas para o experimento II apresentaram variação de 112,4 (K2M0) a 162,6 (K1M1) mg kg<sup>-1</sup>, porém também não diferiram entre os tratamentos.

Os teores de manganês apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos no experimento I (Tabela 03), com maior média para o tratamento T2 (9,10), diferindo apenas do tratamento T4 (7,40) mg kg<sup>-1</sup>. Os valores encontram-se abaixo dos valores recomendados para cultura do meloeiro, segundo Taniguchi et al. (2019), os quais citam que a faixa ideal para a cultura varia entre 50 a 250 mg kg<sup>-1</sup>. Solos com pH alcalino tendem a ter problemas de disponibilidade de fósforo (P) e micronutrientes, como ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) (KÄMPF, 2005).

Para o experimento II (Tabela 04), foi observada variação de 46,1 (K2M2) a 52,1 (K2M0) mg kg<sup>-1</sup>, sendo que os valores encontrados nos tratamentos T3 e T5 estão abaixo do intervalo considerado ideal para cultura do meloeiro, segundo Taniguchi et al. (2019).

O teor de zinco (Zn) na folha no experimento I diferiu entre os tratamentos (Tabela 03): o tratamento T5 (K0M2) apresentou maior média (24,7), diferindo do tratamento T3 (K2M2), com média de 9,8 mg kg<sup>-1</sup>. Este valor está fora da faixa considerada ideal para a cultura, de acordo com Taniguchi et al. (2019), que varia de 20 - 100 mg kg<sup>-1</sup>, podendo também se relacionar à alcalinidade do solo.

O zinco no experimento II apresentou variação de 21,9 (K2M0) a 27,4 (K0M0) mg kg<sup>-1</sup>; os valores estão dentro da faixa considerada ideal para a cultura, de acordo com Taniguchi et al. (2019), que varia de 20 - 100 mg kg<sup>-1</sup>.

## PRODUÇÃO

**Tabela 05.** Valores médios para variáveis de produção: dos melões cultivados em um Cambissolo submetido a diferentes relações catiônicas de K:Mg:Ca no experimento I, Mossoró/RN, 2020.

Tratamentos	PRC (t ha <sup>-1</sup> )	MMC (kg)	NFC (un. Pl. <sup>-1</sup> )	PRT (t ha <sup>-1</sup> )	MMT (kg)	NFT (un. Pl. <sup>-1</sup> )
T1- (K0M0)	19,724 a	0,928 c	1,28 a	23,938 a	0,810 b	1,78 a
T2- (K1M1)	20,945 a	1,015 a	1,24 a	25,557 a	0,904 a	1,69 a
T3- (K2M2)	19,050 a	1,011 ab	1,14 a	22,561 a	0,888 a	1,53 a
T4- (K2M0)	20,885 a	0,951abc	1,31 a	23,947 a	0,843 ab	1,71 a
T5- (K0M2)	23,326 a	0,953 bc	1,48 a	25,491 a	0,868 ab	1,77 a
CV (%)	19,03	4,50	18,76	14,37	5,93	13,22

Produtividade total (PRT) e comercial (PRC) em t ha<sup>-1</sup>; número de frutos comercial por planta (NFC) e número de frutos total por planta (NFT) (frutos planta<sup>-1</sup>), massa média dos frutos comercial por planta (MMC) e massa média total por planta (MMT) em kg planta<sup>-1</sup>

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a 5% pelo teste de Tukey.

**Tabela 06.** Valores médios para variáveis de produção: dos melões cultivados em um Cambissolo submetido a diferentes relações catiônicas de K:Ca e Mg:Ca no experimento II, Mossoró/RN, 2020.

Tratamentos	PRC (t ha <sup>-1</sup> )	MMC (kg)	NFC (un. Pl. <sup>-1</sup> )	PRT (t ha <sup>-1</sup> )	MMT (kg)	NFT (un. Pl. <sup>-1</sup> )
T1- (K0M0)	40,6 a	1,11 a	2,20 a	41,7 a	1,09 a	2,32 a
T2- (K1M1)	39,7 a	1,11 a	2,16 a	45,4 a	1,07 a	2,57 a
T3- (K2M2)	44,2 a	1,15 a	2,31 a	45,2 a	1,14 a	2,39 a
T4- (K2M0)	43,8 a	1,02 a	2,57 a	46,9 a	0,98 a	2,86 a
T5- (K0M2)	43,9 a	1,07 a	2,47 a	45,7 a	1,06 a	2,60 a
CV (%)	14,3	7,0	13,3	13,1	7,1	12,6

Produtividade total (PRT) e comercial (PRC) em t ha<sup>-1</sup>; número de frutos comercial por planta (NFC) e número de frutos total por planta (NFT) (frutos planta<sup>-1</sup>), massa média dos frutos comercial por planta (MMC) e massa média total por planta (MMT) em kg planta<sup>-1</sup>

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a 5% pelo teste de Tukey

Nas tabelas 05 e 06, estão expostos os valores das médias das variáveis de produção do experimento I e II, respectivamente. Verifica-se diferença significativa entre tratamentos apenas para massa média comercial (MMC) e massa média total (MMT), no experimento I; as demais características não diferiram em ambos os experimentos.

Ao avaliar cada variável separadamente, e ao fazer uma comparação do experimento I com o experimento II, observa-se que no segundo os números foram bem superiores ao primeiro, o que se justifica pelo fato de no experimento I ter ocorrido grande incidência de mosca branca no final do ciclo, contribuindo para a redução significativa na produção, sobretudo na segunda colheita de frutos. Os insetos, ao se alimentarem da seiva, promovem alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas (HIRANO et al., 1993), afetando-as mediante eliminação de secreção açucarada que induz ao aparecimento de fungos saprófitos que formam a fumagina (*Campinodium* spp.). Estes podem reduzir consideravelmente a quantidade de luz que incide sobre os órgãos clorofilados, prejudicando as trocas gasosas e a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção (VILLAS BÔAS et al., 2002).

A produtividade comercial (PRC) no experimento I apresentou variação de 19,05 (K2M2) a 23,32 (K0M2) t ha<sup>-1</sup>, ao passo que no experimento II a variação foi de 39,7 (K1M1) a 44,2 (K2M2) t ha<sup>-1</sup>, ou seja, de quase o dobro. O pH inicial do solo do experimento II (8,5) era maior do que no experimento I (7,5), o que pode justificar a diferença entre tratamentos nos diferentes experimentos, embora aos 30 dias este pH já houvesse diminuído para próximo de 7,5. O pH (potencial hidrogeniônico) do solo possui relação direta com a fertilidade e, conseqüentemente, com a produção e produtividade

agrícola, sendo, portanto, um dos atributos de maior influência no desenvolvimento das plantas, uma vez que está diretamente ligado à solubilidade, concentração, disponibilidade e capacidade de retenção da maioria dos nutrientes essenciais às culturas (LIMA et al., 2016).

A massa média comercial (MMC) no experimento I diferiu entre os tratamentos, tendo os tratamentos 2 e 3 apresentado as maiores médias, diferindo do tratamento 1 (condição inicial do solo). Estes solos, por serem de origem calcária, apresentam pH neutro a alcalino e podem prejudicar a disponibilidade de nutrientes às culturas. Além disso, se manejados inadequadamente, podem influenciar o desenvolvimento e produtividade. Para o experimento II, não houve diferença entre os tratamentos, com variação de 1,02 (K2M0) a 1,15 (K2M2) kg/fruto. Entretanto, mesmo entre os experimentos com grande diferença na produção, a massa média diferiu pouco, pois a produção de frutos pequenos é uma característica da cultivar.

O número de frutos comercial por planta (NFC) apresentou variação de 1,14 (K2M2) a 1,48 (K0M2) unid. Pl.<sup>-1</sup>, no experimento I, e 2,16 (K1M1) a 2,57 (K2M0) unid. Pl.<sup>-1</sup>, no experimento II. Medeiros et al. (2011) consideram como a principal causa de redução da produtividade comercial a diminuição do número de frutos comerciais por planta, quando os níveis de sais na água ficam elevados.

A produtividade total (PRT) para o experimento I apresentou variação de 22,56 (K2M2) a 25,55 (K1M1) t ha<sup>-1</sup> e de 41,7 (K1M1) a 46,9 t ha<sup>-1</sup> (K2M0) para o experimento II. Os valores encontrados no presente estudo para o experimento II estão superiores aos obtidos por Figueirêdo et al. (2017), na região de Mossoró, os quais obtiveram produtividade total de 40,8 t ha<sup>-1</sup>; por sua vez, o experimento I apresentou médias bem menores, devido ao ataque de mosca branca.

Para a massa média total (MMT), observou-se diferença entre os tratamentos para o experimento I, onde o tratamento T2 apresentou maior média (0,904) kg, diferindo dos tratamentos T1 e T5, os quais apresentaram médias de 0,810 e 0,868 kg, respectivamente. A relação catiônica dos tratamentos T1 e T5 trata-se das relações K:Mg:Ca de 1:3:34 e 1:11:34, respectivamente, apresentando, assim, elevada relação de cálcio em relação aos demais nutrientes (potássio e magnésio). Cálcio, magnésio e potássio competem pelo mesmo sítio de absorção e o cátion em maior concentração na solução do solo tem absorção preferencial em detrimento dos outros. Segundo Medeiros et al. (2008), esta absorção preferencial pode provocar desbalanço nutricional, afetando a produtividade.

O número de frutos total (NFT) apresentou variação de 1,53 (K2M2) a 1,78

(K0M0) unid. Pl.<sup>-1</sup> no experimento I e de 2,32 (K0M0) a 2,86 (K2M0) unid. Pl.<sup>-1</sup> a menor média do experimento I está relacionada ao ataque de mosca branca, como também ao menor vigor das plantas, uma vez que plantas (fontes) menos vigorosas interferem negativamente no número de frutos (drenos) pela disponibilidade de fotoassimilados.

### **CONCLUSÃO**

As relações catiônicas influenciaram a massa média comercial e total dos frutos apenas no experimento I, não influenciando o rendimento; indicando que os teores absolutos altos de K e médio a alto de Mg, quando combinada com a água de irrigação do aquífero arenito Açú/calcário Jandaíra, associada à fertirrigação, já são suficientes para suprir a necessidade dos nutrientes K e Mg, dispensando assim correção da relação catiônica.

## REFERÊNCIAS

- ANJOS, D. C.; HERNANDEZ, F. F. F.; COSTA, J. M. C.; CABALLERO, S. S. U.; MOREIRA, V. O. G. Fertilidade do solo, crescimento e qualidade de frutos do mamoeiro Tainung sob fertirrigação com potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 774-785, out.-dez. 2015.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 62p. (Coleção Mossoroense, Série B), 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MG – CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5 aproximação. Viçosa, MG, 359p, 1999.
- CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A.; RAIJ, B.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. A. D.; HOLANDA, J. S.; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**. 21p. (Circular Técnica 14), 2002.
- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. **Embrapa Informação Tecnológica**. 2ª ed. 2009.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006.
- HIRANO, K.; BUDIYANTO, E.; WINARNI, S. Biological characteristics and forecasting outbreaks of the whitefly, *Bemisia tabaci*, a vector of virus diseases in soybean fields. Taipei, **Food and Fertilizer Technology Center**, 14p, 1993.
- JAKOBSEN, S. T. Nutritional disorders between potassium, magnesium, calcium, and phosphorus in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 154, n. 1, p. 21–28, 1993.
- LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; SOUZA, A.; COSTA, N. R.; MONTANARI, R. Correlação entre componentes da produtividade da cana-de-açúcar com pH de um argissolo vermelho distrófico do noroeste paulista. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 120-130, 2016.
- KÄMPF, A. N. **Preparo do substrato para a produção de plantas ornamentais**. In: KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2005. p. 45-88.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MEDEIROS, D. C.; MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, F. A. L.; SOUZA, R. O.; SOUZA, P. A. Produção e qualidade de melão Cantaloupe cultivado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 92-98, 2011.

MELO, T. K.; MEDEIROS, J. F.; SOBRINHO, J. E.; FIGUEIRÊDO, V. B.; PEREIRA, V. C.; CAMPOS, M. S. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1235–1242, 2011.

MORAES NETO, M. S. P. **Acidez, alcalinidade e efeitos da calagem no solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75730/1/art-005.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

OLIVEIRA, R. C. **Avaliação do aquífero cárstico Jandaíra na região de Baraúna, Rio Grande do Norte**. 2016. 128f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

PAIVA, A. S.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; ALVES, L. P.; SARMENTO, D. H. A.; SILVA JÚNIOR, M. J. Salinidade e reação do solo numa área cultivada com melão sob mulch e irrigado com águas de diferentes níveis de sais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 17, n. 2, p. 57-63, 2004.

PRIYA, P.; SAHI, S. V. Influence of phosphorus nutrition on growth and metabolism of Duo grass (*Duo festulolium*). **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 47, n. 1, p. 31-36, 2009.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Fósforo Dynamics: do solo para plantar. **Plant Physiology**, Rockville, v. 156, n. 3, p. 997-1005, 2011.

SILVA, J. R. **Efeitos do equilíbrio catiônico do solo na produção e qualidade de frutos de melão (*Cucumis melo* L.)**. 2000. 75f. Dissertação (Mestrado em agronomia, área de Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

STEVENS, G.; DUNN, D.; PHIPPS, B. Diagnosing soil acidity and alkalinity problems in crops: a comparison of soil pH test kits. **Journal of extension**, West Lafayette, v. 34, n. 4, p. 1-3, 2001.

TANIGUCHI, C. A. K.; CRISOSTOMO, L. A.; ARTUR, A. G. Solos: Preparo, Nutrição e adubação para o meloeiro. In.: GUIMARÃES, M. A.; ARAGÃO, F. A. S. (org.) **Produção de Melão**. Viçosa, MG: Editora UFV, 219. p. 122-140.

VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F. H.; MACEDO, N. Potencial biótico da mosca-branca *Bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, n. 20, p. 71-79, 2002.

## CAPÍTULO II

### QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO

#### RESUMO

A armazenabilidade dos frutos é influenciada por transformações internas, as quais, por sua vez, estão associadas a fatores pré-colheita (manejo nutricional e outros) e pós-colheita empregados (refrigeração, embalagem e outros). Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade e conservação pós-colheita do melão Gália, cultivado sob diferentes relações catiônicas no solo. Para isso, foram realizados dois experimentos, em dois anos consecutivos (2017 e 2018), ambos em uma fase de campo e outra em laboratório. No campo, foi implantado o experimento em delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições, consistindo das seguintes relações catiônicas (K:Mg:Ca) para o experimento 1: T1 (1:3:34); T2 (1:3:21); T3 (1:3:9); T4 (1:0,8:9) e T5 (1:11:34) e experimento 2: T1 (1:1,6:29,8); T2 (1:1,4:13,3); T3 (1:1,4:8,5); T4 (1:0,5:8,5); T5 (1:4,8:29,8). No laboratório, o delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 5x6, cujas parcelas foram as relações de K:Mg:Ca; e as subparcelas os tempos de armazenamento para o experimento 1 (0; 0+3; 7+3; 14+3; 21+3 e 28+3) e 2 (0; 0+6; 7+6; 14+6; 21+6 e 28+6), sob refrigeração a  $7\pm 2$  °C e  $90\pm 2\%$  UR + *shelf life* a  $23\pm 2$  °C e  $60\pm 2\%$  UR. Foram avaliadas as seguintes características: perda de massa, aparência externa, luminosidade, cor, ângulo hue, aparência interna, firmeza de polpa, sólidos solúveis, acidez titulável, *ratio* e pH. No primeiro experimento, por ocasião da colheita, ângulo hue, sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* sofreram influência das relações catiônicas. No segundo experimento, as relações catiônicas influenciaram apenas a firmeza de polpa. Todavia, ao longo do armazenamento, para ambos os experimentos houve influência do tempo de armazenamento, exceto para o teor de sólidos solúveis no primeiro experimento.

**Palavras-chave:** *Cucumis melo* L., cálcio, magnésio, potássio, conservação.

**ABSTRACT****QUALITY AND CONSERVATION POST HARVESTING OF THE GALLIA  
MELON CULTIVATED UNDER DIFFERENT SOIL CATIONIC  
RELATIONSHIPS**

Fruit storage is influenced by internal changes, which in turn is associated with pre-harvest factors (nutritional management and others) and post-harvest technologies employed. This work aimed to evaluate the quality and post-harvest conservation of Gália melon, grown under different cationic relationships in the soil. For this, two experiments were carried out, in two consecutive years (2017 and 2018), both in a field phase and another in the laboratory. In the field, the experiment was set up in a randomized block design, with five treatments and five repetitions, consisting of the following cationic relationships (K: Mg: Ca) for experiment 1: T1 (1: 3: 34); T2 (1: 3: 21); T3 (1: 3: 9); T4 (1: 0.8: 9) and T5 (1:11:34) and experiment 2: T1 (1: 1.6: 29.8); T2 (1: 1.4: 13.3); T3 (1: 1.4: 8.5); T4 (1: 0.5: 8.5); T5 (1: 4.8: 29.8). In the laboratory, the experimental design was in randomized blocks, in a 5x6 split plot scheme, in which the plots were the K: Mg: Ca ratio; and the subplots were the storage times for experiment 1 (0; 0 + 3; 7 + 3; 14 + 3; 21 + 3 and 28 + 3) and 2 (0; 0 + 6; 7 + 6; 14+ 6; 21 + 6 and 28 + 6), under refrigeration at  $7 \pm 2$  °C and  $90 \pm 2\%$  RH + shelf life at  $23 \pm 2$  °C and  $60 \pm 2\%$  RH. The following characteristics were evaluated: loss of mass, external appearance, luminosity, chroma, hue angle, internal appearance, pulp firmness, soluble solids, titratable acidity, ratio and pH. In the first experiment, at the time of harvest, hue angle, soluble solids, titratable acidity and ratio were influenced by cationic relationships. In the second experiment, the cationic relationships influenced only the firmness of the pulp. However, during storage, for both experiments there was an influence of storage time, except for the content of soluble solids in the first experiment.

**Key words:** *Cucumis melo* L., calcium, magnesium, potassium, conservation.

## QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS COLHEITA DO MELÃO GÁLIA CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES CATIÔNICAS DO SOLO

### INTRODUÇÃO

O manejo nutricional do solo é importante para o crescimento vegetal (MARSCHNER, 2012). Plantas sob adequada nutrição mineral influenciam a produção, qualidade e conservação dos frutos, haja vista que são requeridos minerais nos processos vitais do seu desenvolvimento (MAATHUIS, 2009).

A região semiárida do nordeste destaca-se como grande produtora e exportadora de melão, concentrando 95% de toda a produção nacional (IBGE, 2020). Porém, apresenta solos jovens (Cambissolos), pouco profundos, desenvolvidos a partir do calcário, com pH acima de 8,0 e alta soma de bases trocáveis, podendo representar mais de 90% de saturação da capacidade de troca de cátions (CRISÓSTOMO et al., 2002). Tal característica, associada ao uso de adubações excessivas e desuniformes, pode acumular no solo, nutrientes não assimilados pelas plantas e nem lixiviados (FRANÇA et al., 2000), o que implica desequilíbrio nutricional para a planta, principalmente entre cátions ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ).

Solos de origem calcária, irrigados com água rica em  $Ca^{2+}$  e elevados teores de  $K^+$ , podem apresentar deficiência de  $K^+$  para a cultura de meloeiro, devido à inibição competitiva da absorção de  $K^+$  pelos altos teores de  $Ca^{2+}$  no solo (CRISÓSTOMO et al., 2002). Por outro lado, altas concentrações de  $Ca^{2+}$  e  $K^+$  podem inibir a absorção de  $Mg^{2+}$ , diminuir sua translocação da raiz à parte aérea e, assim, causar sua deficiência. Isto acontece porque  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  competem pelos mesmos sítios de absorção na raiz, de maneira que o cátion em maior concentração na solução do solo tem absorção preferencial em detrimento dos demais. Além disto, teores elevados de cátions monovalentes na solução do solo podem induzir deficiência dos bivalentes, que são retidos mais fortemente pelo complexo de troca do solo (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Holanda et al. (2017), a relação K:Mg:Ca adequada no solo deve ficar entre 1:3:9 e 1:5:25.

Os minerais Ca, K e Mg são macronutrientes que exercem influência sobre as células vegetais (LI et al., 2018; MAATHUIS, 2009). O cálcio proporciona a estabilidade e a permeabilidade seletiva das membranas (MARSCHNER, 1995); altos teores nos frutos podem retardar a maturação e senescência (POOVAIAH, 1986), ao passo que o potássio é um elemento essencial na síntese e translocação de açúcares, propicia

crescimento e aumento da qualidade dos frutos, além de prolongar a vida útil pós-colheita (GANESHAMURTHY et al., 2011). O magnésio regula atividade enzimática, fotossíntese, síntese de proteínas, lipídios, metabolismo e alocação de carboidratos nas plantas (VERBRUGGEN; HERMANS, 2013). Sua deficiência restringe o crescimento das plantas e a partição de matéria seca entre brotos e raízes, além da geração de espécies reativas de oxigênio (ERO), resultando em distúrbios do metabolismo (HERMANS; VERBRUGGEN, 2005; ÇAKMAK; KIRKBY 2008; GUO et al., 2016).

A adubação exerce influência significativa na qualidade dos frutos; estudos evidenciaram que após a correção da relação catiônica do solo foram identificados valores de sólidos solúveis nos frutos superiores aos encontrados no tratamento testemunha (SILVA, 2000). Por outro lado, as características de produtividade e qualidade de melão Gália não foram influenciadas pelas adubações de adequação catiônica (SILVA, 2019); tal estudo concluiu que a água de irrigação do aquífero arenito Açú associada à fertirrigação para suprir apenas a absorção dos nutrientes K e Mg dispensa adubação de correção da relação catiônica.

Os melões Gália, denominado aromático e climatérico, são destinados ao mercado externo, geralmente no interior de sacolas de PEBD microperfuradas (tipo de atmosfera modificada) a 7°C e UR de 90%; nessas condições, a qualidade prolonga até 27 dias (SOUZA et al., 2006). Tais condições reduzem a atividade metabólica e prolongam a vida útil dos frutos (BRACKMANN et al., 2005; MENDONÇA et al., 2005).

Sabendo-se que a correção da relação catiônica do solo exerce influência no desenvolvimento do meloeiro e, conseqüentemente, na produção e qualidade fruto, visto que pode restringir a absorção de minerais. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade e conservação pós-colheita de melão Gália, cultivado em diferentes relações catiônicas do solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram realizados dois experimentos, os quais envolveram a parte de campo e laboratório. No campo, os experimentos foram realizados no município de Upanema-RN, no período de agosto a outubro de 2017 (experimento I) e agosto a outubro de 2018 (experimento II), região do agropolo Mossoró-Açú, localizada nas coordenadas 5°35' S e 37°12' W. O clima predominante da região é quente e seco, do tipo BSw<sup>h</sup>, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica bastante irregular, média anual de 673,9 mm; temperatura de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9%

(CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). Durante os experimentos, a temperatura média diária ficou em torno de 28°C e umidade relativa média diária de 60%, não ocorrendo precipitações pluviométricas.

O solo predominante nas áreas experimentais é um Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), formado sobre o Calcário Jandaíra, e suas características químicas iniciais foram determinadas antes da instalação do experimento, para a camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade). O solo apresentou valores de pH= 7,5; K= 0,4; Na= 0,14; Ca= 13,54; Mg= 1,19 (experimento 1) e pH= 8,50; K= 0,56; Na= 0,07; Ca= 16,7e Mg= 0,90 cmolc/dm<sup>3</sup> (experimento 2) (EMBRAPA, 2009), assim como a composição da água utilizada na irrigação foi determinada: experimento I - CE: 0,55 dS m<sup>-1</sup>; pH: 7,8; K<sup>+</sup>: 0,44; Ca<sup>2+</sup>: 2,25; Mg<sup>2+</sup>: 0,89; Na<sup>+</sup>: 2,16; Cl<sup>-</sup>: 1,31; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 4,0 mmolc L<sup>-1</sup>; experimento II - CE: 1,35 dS m<sup>-1</sup>, pH: 6,5 K<sup>+</sup>: 0,15, Ca<sup>2+</sup>: 8,5, Mg<sup>2+</sup>: 1,5; Na<sup>+</sup>: 3,5, Cl<sup>-</sup>: 5,5, HCO<sub>3</sub>: 7,5 mmolc L<sup>-1</sup>.

A parte de campo dos dois experimentos foi conduzida em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, consistindo das seguintes relações catiônicas (K:Mg:Ca) para o experimento 1: T1 condição inicial do solo (1:3:34); T2 (1:3:21); T3 (1:3:9); T4 (1:0,8:9) e T5 (1:11:34) e experimento 2: T1 condição inicial do solo (1:1,6:29,8); T2 (1:1,4:13,3); T3 (1:1,4:8,5); T4 (1:0,5:8,5); T5 (1:4,8:29,8). Estas relações foram realizadas com aplicação de fontes de K e Mg na linha de plantio, considerando um volume por ha de 300 m<sup>3</sup> de solo (5000m x 0,3m x 0,2m). Utilizou-se o melão (*Cucumis melo* L.), do tipo Gália, híbrido McLaren, escolhida por ser, no momento, a cultivar deste tipo de melão que tem maior tendência de crescimento entre os produtores locais e para complementar estudos já desenvolvidos na região.

A colheita foi realizada aos 63 dias após a semeadura da cultura no campo para ambos os experimentos; os frutos foram transportados para o laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFERSA. Os frutos foram divididos em seis grupos, tendo um grupo sido analisado no dia da colheita e os demais foram armazenados em câmara fria (7±2°C e 90±2% UR) por 7, 14, 21 e 28, mais três dias de *shelf life* para o experimento I e seis dias para o experimento II.

O delineamento experimental da etapa de laboratório foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 5x6, onde as parcelas foram as relações de K:Mg:Ca; e as subparcelas foram os tempos de armazenamento (0; 0+3; 7+3; 14+3 21+3 e 28+3) e (0; 0+6; 7+6; 14+6 21+6 e 28+6), primeiro e segundo experimentos, respectivamente.

As seguintes características de qualidade foram realizadas: perda de massa, aparência externa, luminosidade, croma e ângulo hue (análises não destrutivas, realizadas logo após a retirada dos frutos da câmara fria e ao final de cada *shelf life*); como também as análises destrutivas, realizadas apenas durante o final do *shelf life*: aparência interna, firmeza de polpa, sólidos solúveis, acidez titulável, *ratio* e pH.

**Perda de massa:** para esta característica, considerou-se a diferença da massa inicial e da massa final no tempo de armazenamento. A pesagem foi realizada em balança analítica Mars (modelo AY220). Os resultados foram expressos em porcentagem, de acordo com a Equação 1.

$$\text{Eq. (1): } PM = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

Onde: PM é a perda de massa (%); “mi” é a massa inicial (g); e “m f” é a massa final (g).

**Aparência externa e interna:** adotou-se uma escala visual e subjetiva, de acordo com Gomes Junior (2005), com notas atribuídas por três pessoas treinadas. A escala corresponde a notas variando de 0 a 5 (0- mais de 60% do fruto afetado, 1- 51-60% do fruto afetado, 2- 31-50% do fruto afetado, 3- 11-30% do fruto afetado, 4- 1-10% do fruto afetado, 5- menos de 1% do fruto afetado), de acordo com a severidade dos defeitos na área externa (depressões, murcha, lesões fúngicas ou manchas) e interna (colapso interno, sementes soltas e/ou líquido na cavidade das sementes) do fruto. Frutos com nota inferior a três são considerados inadequados para comercialização.

**Coloração de polpa (Luminosidade, croma e ângulo hue):** determinada por reflectometria, utilizando-se um colorímetro CR-10 (Konica Minolta®, Japão), calibrado em superfície de porcelana branca, sob condições de iluminação. Foram realizadas três leituras na polpa dos frutos em pontos equidistantes, expressas no módulo L, C e °h, que, segundo a CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*), definem a cor: L, que corresponde à luminosidade (brilho, claridade ou refletância; 0 = escuro/opaco e 100 = branco); C, o croma (saturação ou intensidade da cor; 0 = cor impura e 60 = cor pura); e °h, o ângulo Hue (tonalidade; 0° = vermelha; 90° = amarelo; 180° = verde; 270° = azul) (MINOLTA CORP., 2007). As medidas foram realizadas tomando-se três pontos equidistantes, considerando a média das três leituras.

**Firmeza da polpa:** os frutos foram divididos longitudinalmente em duas partes, e em cada uma delas foram determinadas três leituras na polpa, em locais equidistantes, com um penetrômetro da marca McCormick, modelo FT 327 analógico (ponteira de 8 mm de diâmetro). Os resultados foram expressos em Newton (N).

**Sólidos solúveis (SS):** obtidos a partir do suco extraído para as demais análises, determinados com auxílio do refratômetro digital modelo PR-100 Palette (AttagoCo. Ltd., Japan), com correção automática de temperatura e leitura na faixa de 0 a 32 °Brix; os resultados expressos em porcentagem (%).

**Acidez titulável (AT):** determinada por titulação de uma alíquota de 10 g de suco, em duplicata, à qual foram adicionados 40 ml de água destilada. Em seguida, realizou-se a titulação com solução de NaOH a 0,02 N, sendo o ponto final da titulação determinado com o auxílio do phmetro digital até atingir pH de 8,1. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, segundo metodologia de IAL (2008).

**Ratio (SS /AT):** determinada pela razão entre as variáveis SS e AT.

**pH:** determinado no suco em duplicata, utilizando-se de um potenciômetro digital calibrado previamente com duas soluções com pH de 4 e pH de 7.

Os dados foram submetidos à análise de variância, com auxílio do *software* SISVAR. Identificado o efeito significativo da interação entre os fatores em análise (relações catiônicas e tempo de armazenamento), foi realizado o desdobramento e as médias foram comparadas pelo teste de Fisher a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### PERDA DE MASSA

Em ambos os experimentos, houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento sob refrigeração e *shelf life*, para a perda de massa (PM) (Figura 1). No experimento I, sob refrigeração, aos 28 dias, o tratamento T2 apresentou frutos com PM (3,68%) superior aos demais, ao passo que para o T1 a PM dos frutos foi inferior (2,55%) ao T5, mas ambos não diferiram de T3 e T4 (Figura 1- A). No experimento 2, sob refrigeração, aos 14 dias, o tratamento T5 propiciou PM de frutos superior aos tratamentos T1, T2 e T4. Não obstante, aos 28 dias, o tratamento T1 apresentou PM dos frutos superior ao T5, mas ambos não diferiram dos demais (Figura 1- B). Apesar de não haver uma relação direta das respostas aos tratamentos, em ambos os experimentos, segundo Karley; White (2009), os mecanismos moleculares para a captação, translocação, acúmulo e remobilização desses três elementos essenciais diferem na planta, e os processos de transporte são altamente específicos entre si.

Por outro lado, sob refrigeração, verifica-se um incremento na PM dos frutos ao

longo do armazenamento, em ambos os experimentos (Figura 1 – A e B). Para o experimento 1, os frutos apresentaram maior PM aos 21 dias, ao passo que nos demais tratamentos ocorreu aos 28 dias. No experimento 2, frutos dos tratamentos T3 e T5 apresentaram PM aos 21 dias semelhante aos 28 dias (2,20 e 2,18%, respectivamente). Pode-se evidenciar maior PM aos 28 dias para os frutos do tratamento T1 (2,85%). Durante o armazenamento, o aumento da PM ocorre principalmente em virtude da perda de vapor d'água para o ambiente e está associada à respiração e transpiração, aumentando com a degradação da membrana celular (KAYS, 1991; KADER, 2002; MAALEKUU et al., 2006). O fato do tratamento T1 ter apresentado maior PM pode ser explicado pelo motivo deste tratamento consistir na relação catiônica que não teve correção dos nutrientes no solo.

De acordo com Silva (2000), o equilíbrio entre os cátions básicos, feito pela adubação corretiva de  $K^+$  e  $Mg^{++}$ , proporciona melhor absorção dos nutrientes pelo meloeiro, refletindo positivamente na produtividade e qualidade dos frutos. Neste trabalho, os resultados de PM para todos os tratamentos não inviabilizaram a comercialização dos frutos, haja vista que embalados e sob refrigeração apresentaram baixa transpiração e conseqüente menor PM. Filmes ou coberturas proporcionam uma microatmosfera, com umidade relativa maior do que a externa. Isso altera a taxa de transpiração e, conseqüentemente, reduz a PM (OLIVEIRA et al., 2014).

Durante o *shelf life*, no experimento I, aos 28+3 dias, observa-se diferença entre tratamentos (Figura 1-A1). Frutos do tratamento T2 apresentaram maior PM (6,48%) do que os demais, que por sua vez não diferiram entre si. Ao contrário, no experimento 2, aos 14+6 dias, frutos do tratamento T5 (7,93%) apresentaram PM similar ao T2 (6,45) e superior aos demais, que não diferiram entre si. Condições de estresse para a planta, como indisponibilidade de nutrientes (SKOPELITIS et al., 2006) e salinidade (ANDRONIS et al., 2014), podem induzir a biossíntese ou degradação de poliaminas, podendo atrasar a maturação, resultando em maior perda de massa, uma vez que frutos mais verdes tendem a apresentar maior perda de massa (PINTO et al., 2013). A perda de massa está relacionada à perda de umidade e de material de reserva pela transpiração e respiração, fatores limitantes à vida útil dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

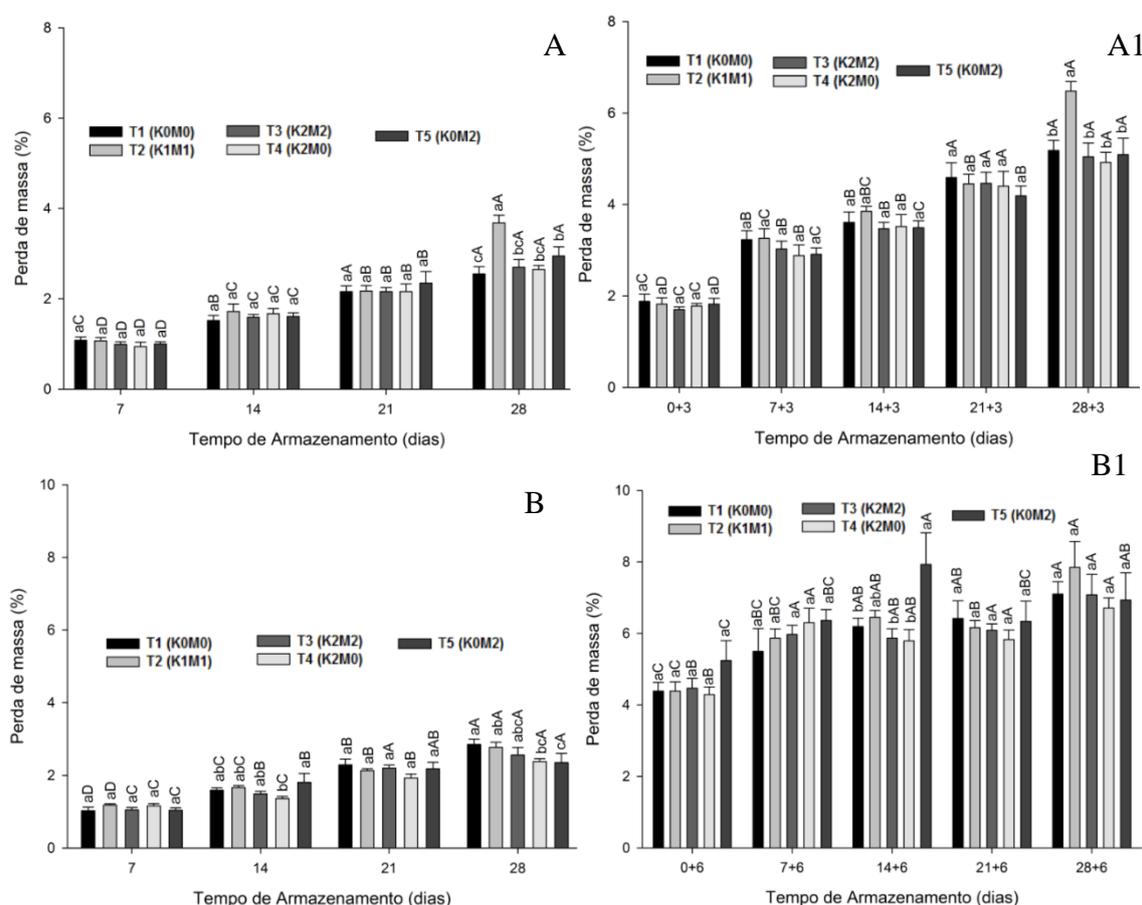


Figura 1- Perda de massa de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e *shelf life* a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

Para o *shelf life*, no experimento I, frutos dos tratamentos T1 (4,59%), T3 (4,46%) e T4 (4,40%), ao contrário de T2 e T5, apresentaram maior PM já aos 21+3 e não diferiram de 28+3. No experimento 2, os frutos dos tratamentos T3 (5,97%) e T4 (6,30%) apresentaram maior PM já no *shelf life* 7+6, semelhante aos 28+6. Porém, os demais tratamentos, só a partir do 14+6, foram estatisticamente iguais ao 28+6. Pode-se evidenciar maior PM, aos 28+6 dias para os frutos do tratamento T2 (7,85%). A PM inferior no experimento I pode ser justificada, pelo menor tempo de *shelf life* (3 dias), em relação ao experimento 2 (6 dias). No *shelf life*, a ausência de embalagem, temperatura elevada e baixa UR propiciaram PM maior do que no ambiente refrigerado no interior de uma barreira artificial. Uma possível elevação do déficit de pressão de vapor entre os frutos e o ambiente provoca maior perda de massa (SPAGNOL et al., 2018).

Da mesma forma, em melão Gália acondicionado em sacolas durante 25 dias sob

refrigeração e dois dias de shelf life em temperatura ambiente, Souza et al. (2006) verificaram PM de 6,16%, valor próximo aos encontrados no presente estudo para o shelf life de três dias.

#### APARÊNCIA EXTERNA

A aparência externa (AE) foi influenciada pelos tratamentos e tempo de armazenamento sob refrigeração e shelf life nos dois experimentos (Figura 2). Apesar de haver diferenças entre tratamentos no experimento I, sob refrigeração (Figura 2-A), aos 14 dias (T5, apresentou nota= 5,0) e 28 dias (T1, apresentou nota = 3,9), os frutos de todos os tratamentos apresentaram qualidade comercial (nota>3,0). Por outro lado, no experimento II, sob refrigeração (Figura 2-B ), verifica-se que apenas aos 28 dias os tratamentos diferiram entre si, onde o tratamento T3 apresentou menor nota (2,40); porém não diferiu dos tratamentos T2, T4 e T5, sendo estatisticamente diferente apenas do tratamento T1, que apresentou média 3,0, ainda comercializável. Como existe uma relação direta entre PM e AE dos frutos, o fato de o tratamento T1 no experimento I ter apresentado menor PM aos 28 dias justifica melhor AE deste tratamento.

Ainda sob refrigeração, verifica-se redução na AE dos frutos ao longo do armazenamento (Figura 2- A e B). No experimento I, apenas o tratamento T5 apresentou AE aos 14 dias (5,0) semelhante aos 0 e 7 dias. Porém, aos 28 dias, a nota de AE desses frutos reduziu significativamente (3,1) e não diferiu do tratamento T2. Já no experimento 2, apenas aos 28 dias verifica-se grandes prejuízos na AE dos frutos, porém apenas os frutos do T1 apresentavam-se comercializáveis (3,0). Segundo Chitarra; Chitarra (2005), a embalagem associada à temperatura de refrigeração propicia maior conservação dos frutos, haja vista que as transformações que conduzem à senescência são retardadas. A redução nas notas de AE durante o armazenamento refrigerado, associado ao uso de sacolas plásticas, também foi observada por Lima et al. (2005), no melão Gália 'Solar King', onde os frutos se mantiveram comercializáveis até o 27º dia.

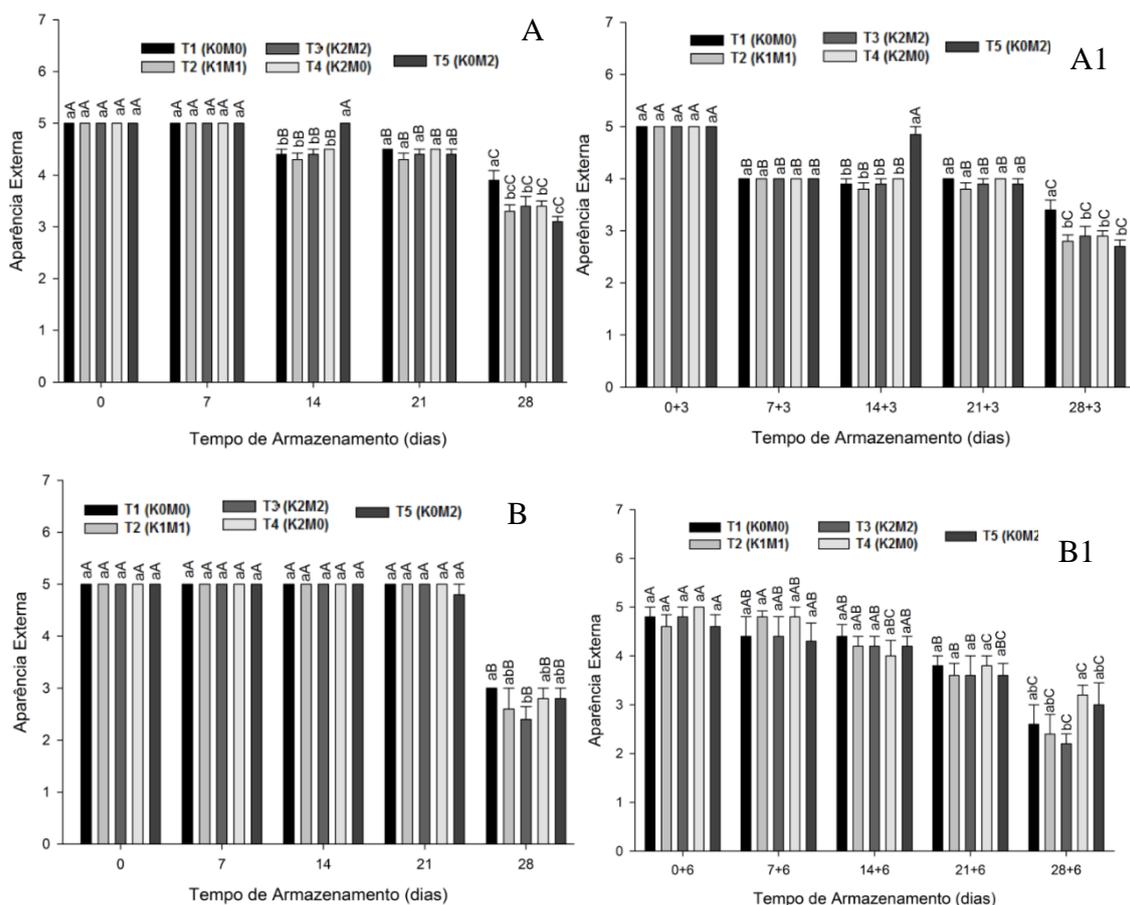


Figura 2- Aparência externa de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e shelf life a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ )

Para o *shelf life*, no experimento I, aos 14+3, foi observado que o tratamento T5 apresentou maior AE (4,85) do que os demais, mas, aos 28+3, apenas os frutos do tratamento T1 apresentaram qualidade para a comercialização (nota=3,4). Não obstante, para o experimento II, apenas aos 28+6 dias foi evidenciada diferença entre tratamento, tendo T4 apresentado maior média (3,20), diferindo-se apenas do tratamento T3 (2,20), cuja nota de AE inferior a 3,0 inviabilizou sua comercialização.

Durante o armazenamento no experimento 1 (Figura 2-A1), até o 0+3, todos os tratamentos apresentaram nota máxima (5,0), diferindo estatisticamente a partir do 7+3, onde até os 21+3 foram estatisticamente iguais, exceto o tratamento T5, que aos 14+3 ainda apresentou aparência externa estatisticamente igual ao tempo 0; aos 28+3, todos os tratamentos diferiram dos demais tempos, e apenas frutos do tratamento T1 foram comercializáveis (3,4). Para o experimento 2 (Figura 2-B1), já aos 14+6 dias, o tratamento

T4 apresentou uma AE estatisticamente igual aos tempos 21+6 e 28+6; este comportamento diferiu dos demais tratamentos, cujos valores se assemelharam aos 28+6 somente a partir do 21+6 para os demais tratamentos.

## LUMINOSIDADE

Para a luminosidade (L), houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento sob refrigeração e *shelf life*, para os dois experimentos (Figura 3). No experimento I (Figura 3-A), aos 21 dias, o tratamento T4 apresentou menor valor de luminosidade (64,8), em relação aos tratamentos T2 e T5. Aos 28 dias, o tratamento T4 também apresentou menor valor de luminosidade (64,5), diferindo apenas do tratamento T3 (66,2). No experimento 2 (Figura 3-B), observa-se que apenas aos 7 dias de armazenamento os tratamentos diferiram entre si, onde a maior luminosidade foi observada no tratamento T4 (65,9), diferindo-se apenas do tratamento T1 (64,0). Cerca de 75% do Mg foliar estão associados à síntese de proteínas por meio de seus papéis na estrutura e funções ribossômicas, e entre 15 e 20% estão associados à clorofila, o que pode ter influenciado a luminosidade dos frutos (MAATHUIS, 2009; WHITE; BROADLEY, 2003).

Por outro lado, sob refrigeração, no experimento I (Figura 3-A), observa-se que não houve grandes variações para esta característica ao longo do armazenamento. Apenas aos 21 (64,9) e 28 (65,0) dias o tratamento T1 apresentou menor luminosidade em relação aos 7 dias, porém não diferiu do tempo 0 e 14. Para os tratamentos T2, T3 e T4, não houve diferenças ao longo do armazenamento, e o tratamento T5, aos 21 dias (66,9) diferiu em relação aos 28 dias (65,3). Para o experimento II, o tratamento T3 apresentou maior luminosidade aos 7 dias (65,0), porém não diferiu estatisticamente do tempo 0, 14 e 21, sendo estatisticamente diferente apenas no tempo 28, ao passo que para o tratamento T4 a maior média (65,9) ocorreu aos 7 dias e foi semelhante aos 0, 14 e 21 dias e diferente de 28 dias. Apesar de pequena, houve redução ao longo do armazenamento, que pode ser ocasionada por reações oxidativas e pelo aumento da concentração de pigmentos (KADER, 2010), degradação ou síntese de substâncias que refletem ou retêm luz em diferentes comprimentos de onda (MUNIRA et al., 2013) e a perda de umidade dos frutos, resultando na redução da reflexão de luz (TADMOR et al., 2010).



foram observados aos 0+3 e 14+3, com médias de 66,5 e 66,7, respectivamente, diferindo apenas no tempo 28+3 (64,8). No experimento 2, verifica-se que, com exceção do tratamento T2, os tratamentos não sofreram influência dos períodos de armazenamento. Este tratamento apresentou menor média aos 21+6 (63,7), diferindo apenas nos tempos 7+6 e 14+6. A redução da luminosidade dos frutos é evidenciada em vários trabalhos na literatura em frutos de melão (SÁ et al., 2008; BRACKMANN et al., 2011; MUNIRA et al., 2013; AMARO et al., 2013), durante o armazenamento.

## CROMA

Para cromaticidade, houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento sob refrigeração e *shelf life*, apenas no experimento I (Figura 4). Sob refrigeração, aos 14 dias o tratamento T3 apresentou cromaticidade (54,1), inferior aos tratamentos T1, T4 e T5, porém estes tratamentos não diferiram do tratamento T2 (58,3) (Figura 4-A), ao passo que aos 28 dias o tratamento T2 apresentou maior cromaticidade (56,6), diferindo apenas do tratamento T5 (51,0).

Segundo Li et al. (2018), alta proporção de potássio / magnésio afeta o crescimento e a absorção de magnésio; como esse nutriente está relacionado com a síntese de clorofila, altas concentrações influenciaram no croma (cor).

No segundo experimento, para cromaticidade, não se observa diferença de tratamento dentro dos vários períodos de armazenamento sob refrigeração (Figura 4-B). Por outro lado, sob refrigeração, no experimento I, observa-se que apenas os tratamentos T1, T4 e T5 sofreram influência dos tempos de armazenamento (Figura 4-A), sendo que aos 14 dias todos estes tratamentos apresentaram maiores médias. Nesse período, o tratamento T1 apresentou cromaticidade (60,6), diferente do tempo 0 (54,9), 7 (53,8) e 28 dias (53,7). O tratamento T4 apresentou cromaticidade aos 14 dias (59,9) diferente de 7 (54,1), 21 (54,3) e 28 dias (54,1), ao passo que o tratamento T5 apresentou média aos 14 dias (60,9) superior aos demais períodos.

No experimento 2, o tratamento T3 apresentou no dia zero menor cromaticidade (53,7) do que os demais tempos de armazenamento, exceto com 28 dias (55,1), igual. Para o tratamento T4, menor valor também foi observado no dia 0 (54,3), e este resultado também não diferiu do obtido aos 28 dias (57,2). Para ambos os experimentos, os maiores valores de croma foram observados aos 14 dias de armazenamento, seguido de decréscimos.

O croma define a variação na intensidade da cor: os valores mais próximos de zero representam cores neutras (cinzas) e próximos de 60 expressam cores vívidas (MENDONÇA et al., 2003). A redução dos valores de croma indica redução da saturação de pigmentos, tornando-se menos viva ao final do armazenamento (CASTRICINI et al., 2017).

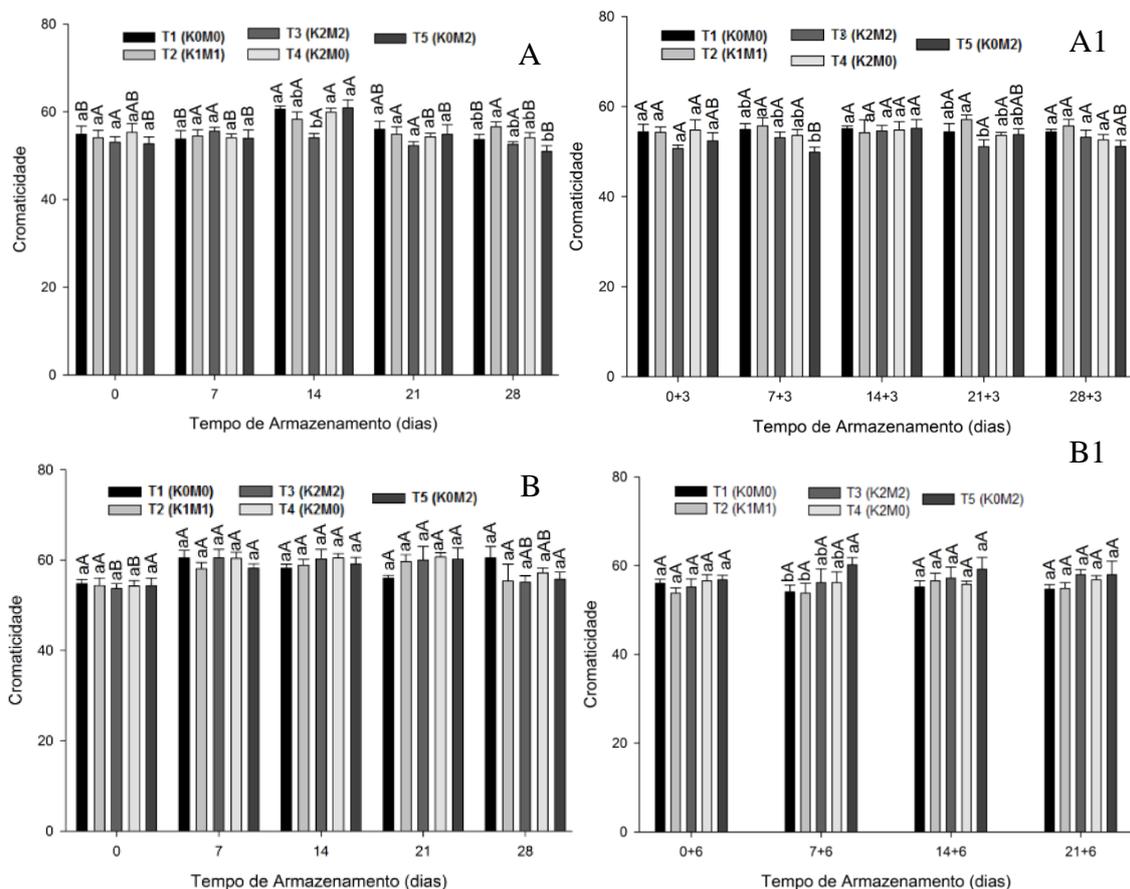


Figura 4- Cromaticidade de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e *shelf life* a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

Para o *shelf life*, no experimento I (Figura 4-A1), aos 7+3 dias os frutos do tratamento T2 apresentaram maior cromaticidade (55,7), diferindo apenas do tratamento T5 (49,9); aos 21+3, o tratamento T2 também apresentou maior média (57,1), diferindo apenas do tratamento T3, que apresentou média de (51,1). No experimento 2, observa-se influência de tratamento (Figura 4-B1) apenas aos 7+6 dias, quando os frutos do tratamento T5 apresentaram maior cromaticidade (60,2), não diferindo dos tratamentos T3 e T4, ambos com média de 56,2.

Ao longo do armazenamento, para o experimento I (Figura 4-A1), observa-se que apenas o tratamento T5 sofreu influência dos tempos de armazenamento, quando a maior média foi observada aos 14+3 dias (55,2), diferindo apenas de 7+3 dias (49,9). Para o experimento II, não é observada diferença ao longo do armazenamento para os diferentes tratamentos (Figura 4-B1).

## ÂNGULO HUE

Para o ângulo hue, houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento, sob refrigeração e *shelf life*, apenas no experimento 1 (Figura 5). Sob refrigeração (Figura 5-A), no tempo zero, os tratamentos T3 e T5 apresentaram maior média (87,1 e 86,4, respectivamente), diferindo apenas do tratamento T1, cuja média foi de 84,3. Aos 7 dias, as maiores médias foram observadas para os tratamentos T2 e T5 (86,9 e 86,7, respectivamente), diferindo apenas do tratamento T1 (86,9). Aos 14 dias, os tratamentos T3 e T5 apresentaram também maiores médias (85,8 e 86,5, respectivamente), diferindo apenas do tratamento T1 (83,7). No experimento 2, verifica-se, aos 28 dias, diferenças entre tratamentos (Figura 5-B); o tratamento T5 apresentou maior ângulo hue (83,6), diferindo apenas do tratamento T1 (81,6).

Por outro lado, ao longo do armazenamento, os tratamentos T2, T3, T4 e T5 sofreram influência dos períodos de armazenamento (Figura 5-A). Aos 7 dias, o tratamento T2 apresentou ângulo hue (86,9) semelhante ao tempo 0 e 14 e superior aos demais tempos. Nos dias 0 e 7, o tratamento T3 apresentou maiores médias (87,1 e 86,6, respectivamente); no entanto, não diferiu do tempo 14 e 28 dias. Aos 0 e 7 dias, o tratamento T4 também apresentou maior média (85,7 e 85,8, respectivamente), diferindo dos 21 e 28 dias, porém estatisticamente igual aos 14 dias.

Aos 7 e 14 dias, o tratamento T5 apresentou maiores valores (86,7 e 86,5, respectivamente), diferindo do tempo 21 e 28, porém igual ao tempo 0. Para o experimento 2 (Figura 5-B), verifica-se que apenas o tratamento T5 não sofreu influência dos períodos de armazenamento. Para o tratamento T1, as maiores médias foram observadas nos tempos 0 e 7 (84,3 e 83,6, respectivamente), as quais diferiram apenas de 28 dias (81,6). Para o tratamento T2, a maior média foi observada aos 7 dias (84,8), diferindo apenas de 28 dias (82,6). O tratamento T3 também apresentou maior média aos 7 dias (85,0) e este diferiu apenas dos 28 dias (83,1). O tratamento T4 apresentou maior média aos 0 e 7 dias, com valores de 84,8 e 85,2, respectivamente, os quais diferiram apenas aos 28 dias, que apresentou média de 83,0.

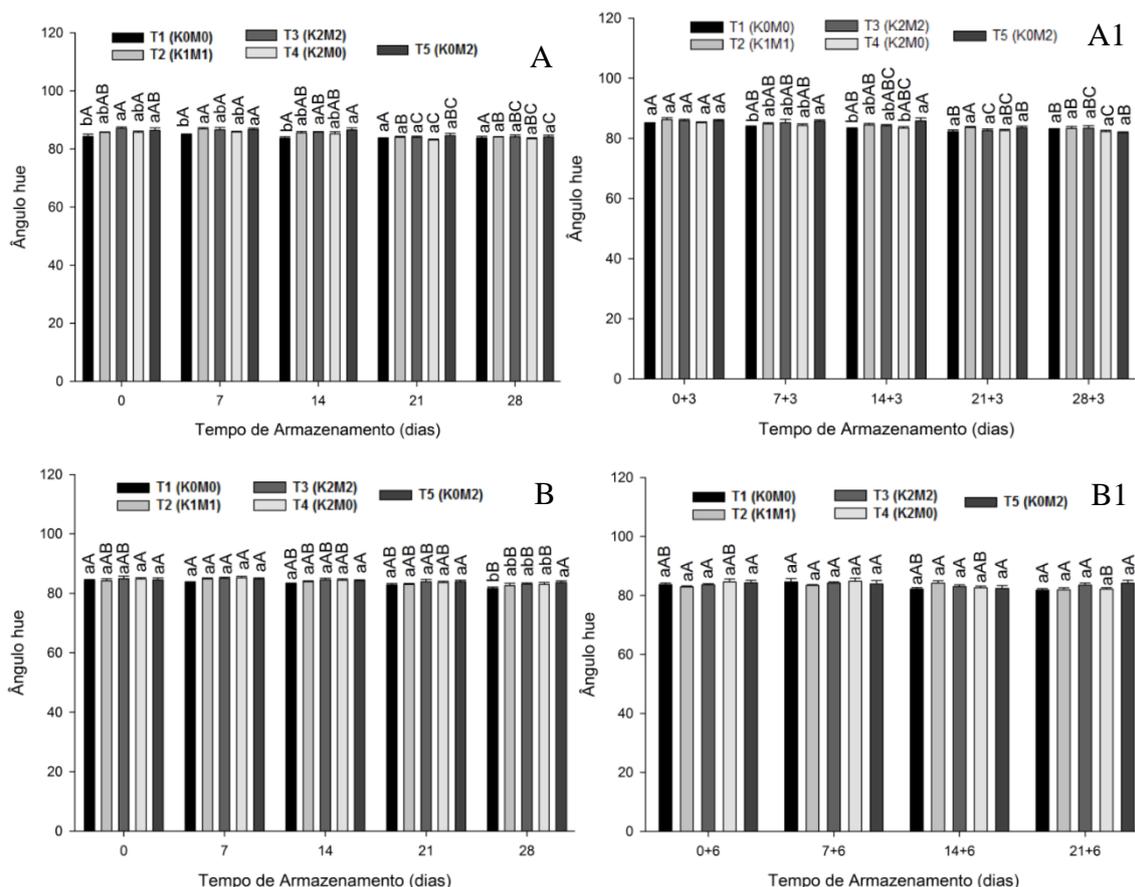


Figura 5- Ângulo Hue de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C experimento I (A) e experimento II (B); e *shelf life* a 23°C e UR de 60%, experimento I (A1) e experimento II (B1). Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

Para o *shelf life*, no experimento I (Figura 5-A1), observa-se aos 7+3 dias que o tratamento T5 apresentou maior média (85,7), diferindo apenas do tratamento T1 (83,8). Aos 14+3 dias, a maior média também foi observada no tratamento T5 (85,8), diferindo apenas dos tratamentos T1 e T4, que apresentaram médias de 83,2 e 83,4, respectivamente. Já para o experimento II (Figura 5- B1), não foi observada diferença entre tratamento.

Para o experimento I (Figura 5-A1), verifica-se que, com exceção do 0+3 dias, os tratamentos sofreram influência dos tempos de armazenamento, e que os tratamentos T1, T2, T3, e T4, aos 7+3 dias, apresentaram comportamento semelhante aos 28+3 dias. No experimento 2 (Figura 5-B1), observa-se que o tratamento T1 apresentou maior média aos 7+6 dias (84,6), diferindo do tempo 21+6 (81,8), ao passo que o tratamento T4

apresentou maior média aos 7+6 (84,8), o qual diferiu do tempo 21+6 (82,2). Os demais tratamentos (T2, T3 e T5) não sofreram influência dos tempos de armazenamento.

#### APARÊNCIA INTERNA

Houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento para aparência interna (AI) durante o tempo de *shelf life* dos frutos, em ambos os experimentos (Figura 6). No experimento I, observa-se aos 0+3 que o tratamento T3 apresentou maior nota (4,5), em relação aos tratamentos T4 e T5 (4,10 e 4,0, respectivamente) (Figura- 6 A). Para o tempo 21+3, o tratamento T2 (4,0) diferiu apenas do tratamento T3 (3,40). Aos 28+3, frutos do tratamento T5 mantiveram nota de AI (3,70) superior aos demais tratamentos. Apenas o tratamento T2 não atingiu nota mínima para comercialização (>3,0). Para o experimento 2, no tempo 0+6, verifica-se que o tratamento T5 apresentou nota de AI (5,0), significativamente superior aos dos frutos do tratamento T2 (4,4) (Figura- 6B).

Independente do tratamento, observa-se decréscimos nas notas de AI dos frutos durante o *shelf life* (Figura 6 - A e B). No experimento I, observa-se decréscimos significativos das notas de AI dos frutos do tratamento T3, aos 21+3 (3,40) e não diferiu de 28+3 (Figura 6A). Por outro lado, no experimento II (Figura- 6B), os tratamentos T1 (4,6), T2 (4,4) e T3 (4,6), no *shelf life* 0+6, apresentaram valores semelhantes aos 28+6. Ao final do armazenamento, para o experimento I, apenas frutos do tratamento T2 não estavam comercializáveis (2,90); já para o experimento II, todos os tratamentos apresentaram-se comercializáveis com notas  $\geq 4,0$ . Como o tempo de armazenamento refrigerado no experimento I foi de 7 dias a mais do que o experimento 2, isso justifica os menores valores do experimento 1. A degradação da membrana celular é o evento inicial que desencadeia o conjunto de reações bioquímicas que resultam na deterioração dos tecidos, depreciação da aparência e perda de qualidade (MARANGONI et al., 1996).

#### FIRMEZA DE POLPA

Para firmeza de polpa, verifica-se efeito de tratamento e tempo de armazenamento para os dois experimentos (Figura 6-A1 e B1). No experimento I (Figura 6-A1), aos 0+3 dias, o tratamento T5 propiciou maior firmeza (29,8), a qual diferiu apenas do tratamento T1 (22,2 N). Aos 7+3, o tratamento T1 também apresentou menor firmeza (12,1N), diferindo dos demais tratamentos, que foram iguais entre si. Comportamento semelhante foi observado aos 14+3 dias, quando o tratamento T1 também apresentou menor firmeza

(12,8 N), diferindo dos tratamentos T3 e T5, que foram iguais entre si. No experimento II (Figura 6- B1), observa-se que apenas no dia 0 os tratamentos diferiram entre si, quando o tratamento T3 apresentou maior média (35,5 N), não diferindo do tratamento T2 (32, 3 N).

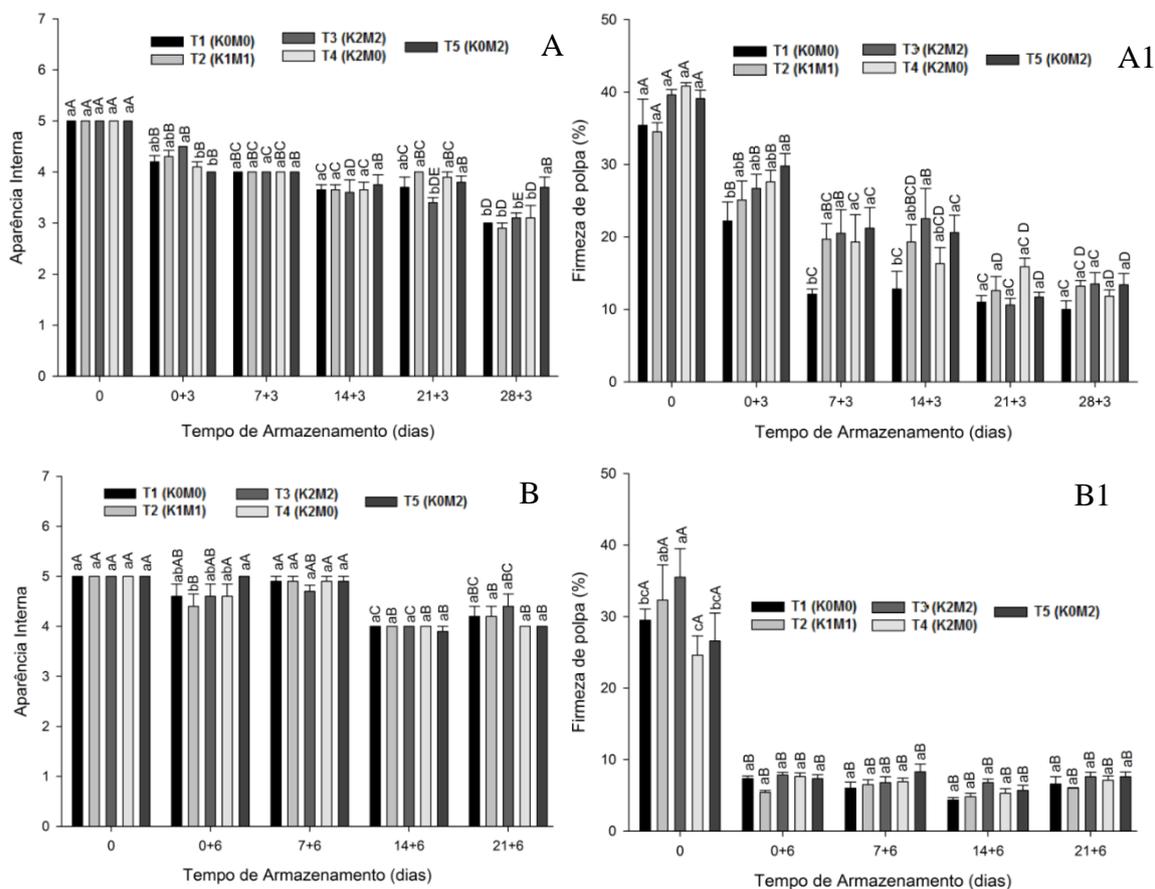


Figura 6- Aparência e interna (A e B) experimentos I e II, respectivamente, e firmeza de polpa (A1 e B1) experimentos I e II, respectivamente, de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C + shelf life a 23°C e UR de 60%. Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

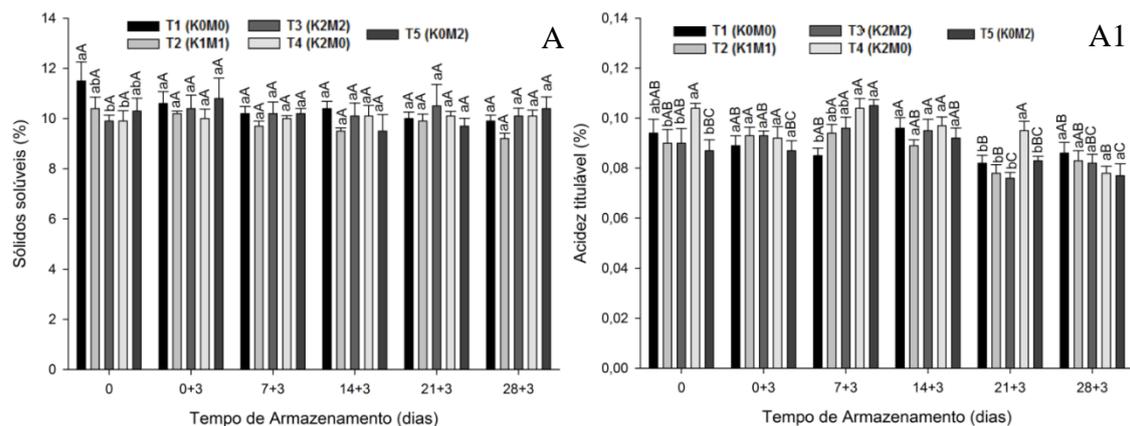
Ao longo do armazenamento, independentemente do tratamento, verifica-se redução da firmeza (Figura 6- A1 e B1). Para o experimento I, essa redução, ao se fazer uma média dos tratamentos, foi em torno de 67% do tempo 0 aos 28+3, sendo que os tratamentos T1 e T4 apresentaram maior redução (71%). Aos 14+3 dias, a firmeza dos frutos dos tratamentos T1, T2 e T4 não diferiu do tempo 28+3. Para o experimento 2, a maior firmeza também foi no dia 0, o qual diferiu dos demais tempos, estatisticamente iguais entre si. De maneira geral, foi observada redução em torno de 76,0% quando comparado o tempo 0 com 21+6, sendo que o tratamento T2 apresentou maior perda, em

torno de 81%. Decréscimos na firmeza de polpa dos frutos ao longo do armazenamento ocorrem devido à quebra das cadeias de pectina, que conferem resistência aos tecidos, pela ação das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), indicando o início das reações de degradação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

## SÓLIDOS SOLÚVEIS

Para o teor de sólidos solúveis (SS), verifica-se que, no experimento I, houve influência apenas de tratamento (Figura 7-A), ao contrário do experimento II, que sofreu influência apenas do tempo de armazenamento (Figura 7- B). Para o experimento I, verifica-se que os tratamentos diferiram entre si apenas no dia 0, onde o tratamento T1 apresentou maior valor (11,5%), porém não diferiu dos tratamentos T2 e T5 (10,4% e 10,3%), os quais não diferiram entre si. O tratamento T1 consiste na relação catiônica que não teve acréscimo de potássio nem de magnésio (condição inicial do solo). Como a água de irrigação apresentava teores elevados destes nutrientes, pode-se inferir que a quantidade deles foi suficiente para possibilitar maiores teores de SS aos frutos.

Para o segundo experimento, verifica-se redução durante o armazenamento (Figura 7- A1) para todos os tratamentos, os quais a partir do tempo 0 não diferiram entre si, exceto o tratamento T2 que aos 21+6 dias, o teor de SS foi de 10,4%, não diferindo do tempo 0. Durante o armazenamento, ocorre redução de sólidos solúveis dos frutos porque os açúcares solúveis, principais componentes dos sólidos solúveis, são utilizados como substrato energético na respiração aeróbica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).



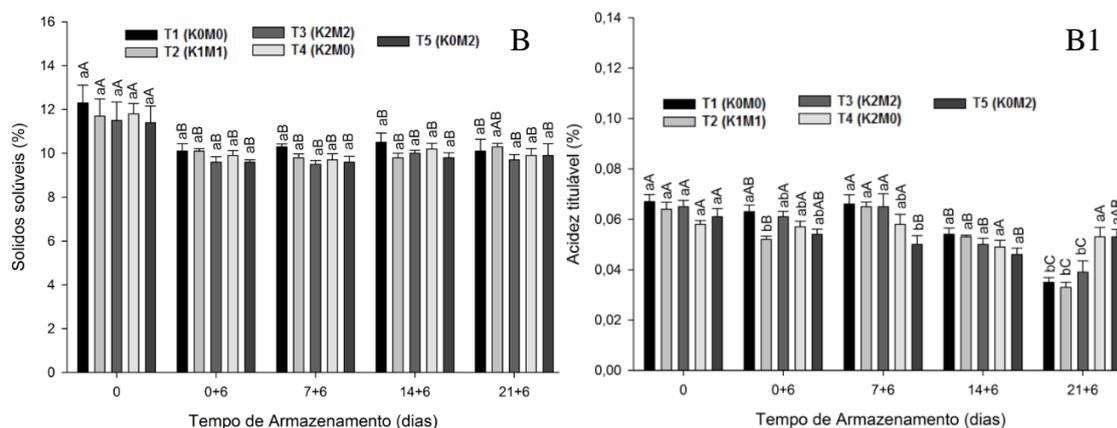


Figura 7- Sólidos solúveis (A e B) experimentos I e II, respectivamente, e acidez titulável (A1 e B1) experimentos I e II, respectivamente, de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C + shelf life a 23°C e UR de 60%. Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

## ACIDEZ TITULÁVEL

Para acidez titulável, verifica-se interação de tratamento e tempo de armazenamento para os dois experimentos (Figura 7-A1 e B1). No experimento I (Figura 7-A1), observa-se, no tempo zero, que o tratamento T4 apresentou maior acidez (0,104%), diferindo dos tratamentos T2, T3 e T5, que não diferiram entre si. Aos 7+3, o tratamento T1 apresentou menor acidez (0,085%), diferindo apenas do tratamento T4 e T5, que foram estatisticamente iguais entre si. Aos 21+3, o tratamento T4 apresentou maior acidez (0,095%), diferindo dos demais tratamentos, que foram iguais entre si. O tratamento T4 consiste da relação catiônica que apresenta maior concentração de potássio, porém sem aplicação do magnésio. Grande parte do magnésio celular tem papéis como cofatores de enzimas e na estabilização de nucleotídeos e ácidos nucleicos. O que mais se destaca de reações enzimáticas, em que este nutriente é indispensável, são as associadas à transferência de energia e fosforilação/ desfosforilação (MAATHUIS, 2009), o que pode ter provocado maior acidez aos frutos deste tratamento.

No experimento II (7-B1), verifica-se aos 0+6 dias que o tratamento T1 possibilitou maior acidez (0,063%), diferindo apenas do tratamento T2 (0,052%). Aos 7+6 dias, o tratamento T5 apresentou menor acidez (0,050%), diferindo dos tratamentos T1, T2 e T3, que não diferiram entre si. Aos 21+6, os tratamentos T4 e T5 foram estatisticamente iguais (0,053%), diferindo dos tratamentos T1, T2 e T3, que não diferiram entre si, comportamento distinto do experimento I.

Ao longo do armazenamento, observa-se, para o experimento I (Figura 7-A1), que aos 28+3 dias houve pequena redução da acidez para todos os tratamentos, quando comparados com o tempo 0; nesse mesmo período, apenas o tratamento T4 diferiu do tempo 0, ao passo que os demais tratamentos, apesar de uma redução, não diferiram. Para o experimento II (Figura 7-B1), aos 21+6 dias, apenas os tratamentos T1, T2 e T3 diferiram do tempo 0, diferença observada por meio de uma redução. Os frutos do experimento II, mesmo apresentando menor valor de acidez por ocasião da colheita, tendeu a apresentar diminuição mais acentuada aos 21 dias em relação ao experimento I, o que pode estar relacionado ao maior tempo de shelf life. Redução da acidez ao final do armazenamento ocorre devido à utilização dos ácidos orgânicos no metabolismo respiratório dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005); tal comportamento foi observado por Morgado et al. (2015), em melões híbrido 'Louis', e por Aroucha et al. (2016), em melão de Cantaloupe.

#### RELAÇÃO SS/AT

Em ambos os experimentos, houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento sob refrigeração e *shelf life*, para o *ratio* (Figura 8- A e B). No experimento I (Figura 8- A), no tempo 0, o tratamento T4 apresentou menor *ratio* (95,4), diferindo dos tratamentos 1, 2, e 5, que foram iguais entre si. Aos 7+3, o tratamento 1 propiciou maior *ratio* (120,2), diferindo dos tratamentos 4 e 5 (96,0 e 97,1, respectivamente). Aos 21+3, o tratamento T3 apresentou maior média (139,4), diferindo apenas do tratamento T4, que apresentou menor média (106,3); aos 28+3, o tratamento T5 propiciou maior *ratio* (137,3), diferindo apenas do tratamento T2 (112,8). No experimento II (Figura 8-B), aos 7+6 o tratamento T5 propiciou maior *ratio* (193,4), diferindo apenas do tratamento T2 (150,2). Já aos 21+6, observou-se maior *ratio* no tratamento T2 (315,2), diferindo dos tratamentos 3, 4 e 5 (256,7, 190,0 e 188,8, respectivamente). Os maiores valores desta característica no experimento II estão diretamente relacionado aos valores de sólidos solúveis (maiores) e acidez titulável (menores) neste experimento.

Durante o armazenamento, no experimento I (Figura 8-A), apenas os tratamentos T3, T4 e T5 sofreram influência dos tempos. Aos 21+3 dias, o tratamento T3 apresentou maior média (139,4), diferindo dos tempos 0, 0+3, 7+3 e 14+3, que não diferiram entre si. Aos 28+3 dias, o tratamento T4 apresentou maior média (129,9), diferindo do 0, 7+3 e 14+3. Aos 28+3, o tratamento T5 apresentou maior *ratio* (137,3), diferindo apenas do

7+3 e 14+3. Para o experimento II (Figura 8-B), apenas os tratamentos T1, T2 e T3 sofreram influência de tempo; o tratamento T1 apresentou aos 21+6 maior média (291,9), diferindo dos demais tempos, que não diferiram entre si. O tratamento T2 também apresentou aos 21+6 dias maior *ratio* (315,2), também diferindo dos demais tempos, que foram iguais entre si. Da mesma forma, o tratamento T3 apresentou maior *ratio* aos 21+6 (256,7), diferindo dos demais tempos de armazenamento.

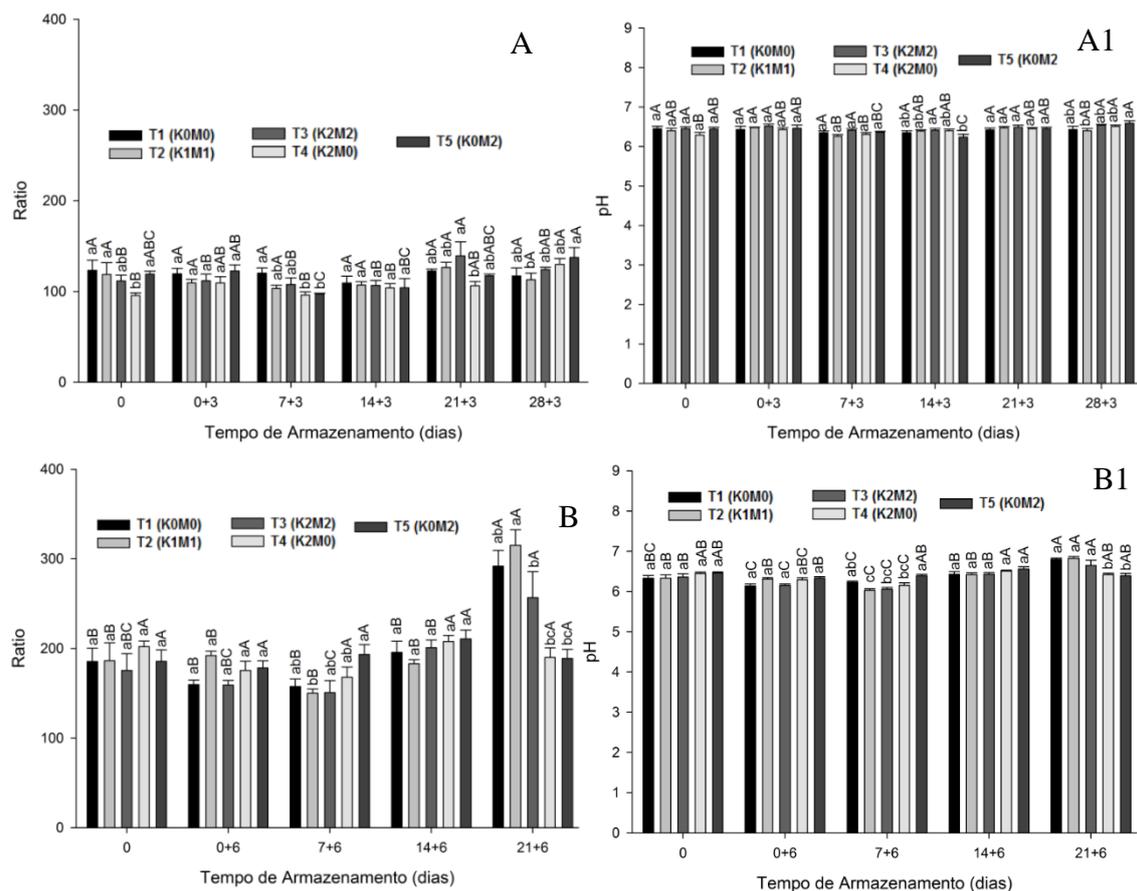


Figura 8- Ratio (A e B) experimentos I e II, respectivamente, e pH (A1 e B1) experimentos I e II, respectivamente, de melão Gália cultivado em solo com diferentes relações catiônicas e armazenados sob refrigeração a 7°C + shelf life a 23°C e UR de 60%. Cada ponto de dados representa média  $\pm$  erro padrão. Barras verticais representam o erro padrão dos meios de cinco repetições. Letras minúsculas diferentes indica a diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no mesmo tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes indicam a diferença estatisticamente significativa entre dias de armazenamento no mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

## pH

Em ambos os experimentos, houve efeito de tratamento e tempo de armazenamento (Figura 8-A1 e B1). No experimento 1 (Figura 8-A1), aos 14+3 o tratamento T5 apresentou menor pH (6,24), diferindo apenas do tratamento T3 (6,41), que foi estatisticamente igual aos tratamentos T1, T2 e T4, ao passo que aos 28+3 o tratamento T5 apresentou maior pH (6,59), diferindo apenas do tratamento 2 (6,40). Para

o experimento 2 (Figura 8-B1), aos 7+6 o tratamento 5 apresentou maior pH (6,39), diferindo dos tratamentos 2, 3 e 4, que não diferiram entre si; e aos 21+6 dias, as menores médias foram observadas nos tratamentos T4 e T5, 6,42 e 6,39, respectivamente, os quais diferiram dos tratamentos T1, T2 e T3, que foram iguais entre si.

Ao longo do armazenamento para o experimento 1 (Figura 8-A1), o tratamento T2 apresentou menor pH no tempo 7+3 (6,26), diferindo dos tempos 0+3 e 21+3, que apresentaram maiores médias (6,48 e 6,47, respectivamente); porém não diferiram dos tempos 0, 14+3 e 28+3. Os tratamentos T4 e T5 apresentaram maior pH aos 28+3 dias (6,51 e 6,59, respectivamente), que diferiu dos tempos 0 e 7+3 para o tratamento 4; 7+3 e 14+3 para o tratamento T5. Para o experimento 2, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram maior pH aos 21+6 dias, 6,80, 6,83 e 6,65, respectivamente, diferindo dos demais tempos de armazenamento; por sua vez, os tratamentos T4 e T5 apresentaram maior pH aos 14+6, com valores de 6,51 e 6,56, respectivamente, os quais não diferiram do tempo 0 e 21+6 para o tratamento T4, e do tempo 0, 7+6 e 21+6 para o tratamento T5.

## CONCLUSÃO

No primeiro experimento, por ocasião da colheita; ângulo hue, sólidos solúveis, acidez titulável e ratio sofreram influência das relações catiônicas, enquanto que no segundo, apenas firmeza de polpa foi influenciada. Durante o período de conservação, para ambos os experimentos houve influência do tempo de armazenamento, exceto o teor de sólidos solúveis no primeiro experimento. As características de qualidade dos frutos foram mantidas dentro dos padrões aceitáveis até os 21+3 dias para o experimento I e 21+6 para o experimento II, dispensando correção, resultando em vantagens tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, A. L.; FUNDO, J. F.; OLIVEIRA, A.; BEAULIEU, J. C.; FERNÁNDEZTRUJILLO, J. P.; ALMEIDA, D. P. F. 1-Methylcyclopropene effects on temporal changes of aroma volatiles and phytochemicals of fresh-cut cantaloupe. **Journal of the Science of Food Agriculture**, Hoboken, v. 93, p. 828–837, 2013.
- ANDRONIS, E. A.; MOSCHOU, P. N.; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. Peroxisomal polyamine oxidase and nadph-oxidase cross-talk for ros homeostasis which affects respiration rate in arabidopsis thaliana. **Front. Plant Sci**, v.5, n. 132, p.1-10, 2014.
- AROUCHA, E. M. M.; ARAUJO, J. M. M.; NUNES, G. H. S.; NEGREIROS, M. Z.; PAIVA, C. A.; SOUZA, M. S. Cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.) conservation using hydrocooling. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 2, p. 191-197, 2016.
- BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; GIEHL, R. F. H.; WEBER, A.; EISERMANN, A. C.; SESTARI, I. Pré-resfriamento para conservação pós-colheita de melões Cantaloupe ‘Hy Mark’. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 672-676, 2011.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photo oxidative damage. **Physiologia Plantarum**, v. 133, p. 692–704, 2008.
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. (Coleção Mossoroense, série B).
- CASTRICINI, A.; DIAS, M. S. C.; MARTINS, R. N.; SANTOS, L. O. Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p. 1-7, 2017.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2009.
- FERREIRA, M. D. (ed.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.
- GARCIA, M.; DAVEREDE, C.; GALLEGU, P.; TOUMI, M. Effect of various potassium-calcium ratios on cation nutrition of grape grown hydroponically **J. Plant Nutr.**, v. 22, p. 417-425, 1999.
- GOMES JUNIOR, J. **Influência da temperatura e da atmosfera modificada sobre a qualidade do melão Gália**. 2005. 59f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- GANESHAMURTHY, N.; SATISHA, G.; PRAKASH PATIL, P. Potassium Nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 24, n. 1, p. 29-38, 2011.

- GOSNELL, J. M.; LONG, A. C. Some factors affecting foliar analysis in sugarcane **Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assoc.**, v. 45, p. 217-232, 1971.
- GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, p. 83–91, 2016.
- HERMANS C, VERBRUGGEN N. Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 2153-2161, 2005.
- HOLANDA, J. S.; DANTAS, J. A.; MEDEIROS, A. A. ; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F. ; GUEDES, F. X. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte**. Parnamirim, RN: Emparn, 2017 (Boletim técnico)
- IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=22566&t=destaques>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. ed. 4, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.
- KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. 3ª Ed. California: University of California Agriculture and Natural Resources, 2002.
- KADER, A. A. Future of modified atmosphere research. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1, n. 857, p. 212-217, 2010.
- KARLEY, A. J.; WHITE, P. J. Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, n. 3, p. 291-298, 2009.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Avi Book. 1991.
- LI, H.; CHEN, Z.; ZHOU, T.; LIU, Y.; ZHOU, J. High potassium to magnesium ratio affected the growth and magnesium uptake of three tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 12, p. 2813-2821, 2018.
- LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; BISCEGLI, C. I.; FILGUEIRAS, H. A. C. Qualidade pós colheita de melão Gália submetido à modificação da atmosfera e 1-metilciclopropeno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 793-798, 2005.
- MAALEKUU, K.; ELKIND, Y.; LEIKIN-FRENKEL, A.; LURIE, S.; FALLIK, E. The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 248-255, 2006.
- MARSCHNER, M. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 1995.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ed. Academic Press, 2012.

MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, n. 3, p. 250-258, 2009.

MENDONÇA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE R. A. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão “Siciliano”. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 179-183, 2003.

MINOLTA CORP. **Precise Color Communication**: Color Control from Feeling to Instrumentation. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007.

MORGADO, C. M. A., MATTIUZ, C. F. M., MUNIZ, A. C., CHARLES, F., & MATTIUZ, B. H. Qualidade de melões ‘Louis’ armazenados em quatro temperaturas. **Ciência Rural**, v. 45, n. 11, p. 1953-1958, 2015.

MATTIUZ, B. Qualidade de melões ‘Louis’ armazenados em quatro temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 1953-1958, 2015.

MUNIRA, Z. A.; ROSNAH, S.; ZAULIA, O.; RUSSLY, A. R. Effect of postharvest storage of whole fruit on physico-chemical and microbial changes of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L. *reticulatus* cv. Glamour). **International Food Research Journal**, Serdang, v. 20, n. 1, p. 501-508, 2013.

OLIVEIRAI, J.; SILVA, I. G.; SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. M. F. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita de camu-camu. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 1126-1133, 2014.

PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, S. R.; ANDRADE, C. A. W. Ponto de colheita e maturação de frutos de camu-camu colhidos em diferentes estádios. **Pesq. agropecuária bras.**, v. 48, n. 6, p. 605-612, 2013.

POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 16, p. 86-89, 1986.

SÁ, C. R. L.; SILVA, E. O.; TERAQ, D.; OSTER, A. H. Efeito do KMnO<sub>4</sub> e 1-MCP com atmosfera modificada na conservação pós-colheita de melão Cantaloupe. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 60-69, 2008.

SILVA, J. R. **Efeitos do equilíbrio catiônico do solo na produção e qualidade de frutos de melão (*Cucumis melo* L.)**. 2000. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

SKOPELITIS, D. S.; PARANYCHIANAKIS, N. V.; PASCHALIDIS, K. A.; PLIAKONIS, E. D.; DELIS, I. D.; YAKOUMAKIS, D. I.; KOUVARAKIS, A.; STEPHANOU, E.; PAPADAKIS, A. K.; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. Abiotic stress generates ros that signal expression of anionic glutamate dehydrogenases to form glutamate for proline synthesis in tobacco and grapevine. **Plant Cell**, v. 18, 2767–2781, 2006.

SOUZA, P. A.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E.; COSTA, F. B.; GEORGIANA, L. F. M. Armazenamento refrigerado de melão Gália 'Solarking' sob atmosfera modificada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 377-382, 2006.

SPAGNOL, W. A.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; PEREIRA, E.; GUIMARÃES FILHO, N. Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2108.

TADMOR, Y.; BURGER, J.; YAAKOV, I.; FEDER, A.; LIBHABER, S. E.; PORTNOY, V.; MEIR, A.; TZURI, G.; SA'AR, U.; ROGACHEV, I.; AHARONI, A.; ABELIOVICH, H.; SCHAFFER, A. A.; LEWINSOHN, E.; KATZIR, N. Genetics of Flavonoid, Carotenoid, and Chlorophyll Pigments in Melon Fruit Rinds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 19, p. 10722-10728, 2010.

VERBRUGGEN N, HERMANS C. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. **Plant and Soil**, v. 368, p. 87-99, 2013.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine **New Phytol.**, v.182, p. 49-84, 2009.

### CAPÍTULO III

#### **Chitosan-based bag incorporated with graphene oxide prolongs the *Galia melon* (*Cucumis melo* L.) shelf life**

##### **ABSTRACT**

In an attempt to minimize the plastic use, two biodegradable bags were evaluated for their effect on the conservation of *Galia melon*. The bags were made of chitosan (2%) without and with the incorporation of graphene oxide (GO) (0.25%). The fruits were stored at 7° C and 90% RH during 0, 7, 14, 21, and 28 days, followed for six days of shelf life at 23° C and 60% RH. GO nanoparticles improved the properties of chitosan-based films for decreasing water vapor permeability and microbiological growth and increasing tensile strength and Young's modulus. All packages preserved the physicochemical quality of fruits during storage, but an only chitosan-based bag with the addition of GO was effective in keeping a better external appearance of fruits until the last day of storage. These findings suggest that chitosan-based bag incorporated with GO can be used commercially for prolonging the storage life of melon fruits.

**Keywords:** Cantaloupe melon, external appearance, biodegradable bag.

##### **1. INTRODUCTION**

Melon (*Cucumis melo* L.) is one of the most consumed fruiting vegetables worldwide. This species is a cucurbit that has high genotypic and phenotypic variation. The three most important groups are cantaloupe (*cantaloupe*), reticulatus (muskmelon) and inodorous (honeydew) (Farcuh et al., 2020).

The cantaloupe group includes *Galia*, a very expressive melon type produced in Brazil, due to its qualitative and productive characteristics (Lima et al., 2017). *Galia melon* is a fruit with climacteric behavior, high respiration rate and high perishability (Li, 2019), so technologies are necessary to preserve its postharvest quality for a long time. Cold storage decreases the metabolism processes of the fruit, but when it is associated with packaging, there are better results (Véras et al., 2019).

Traditionally, melons of Cantaloupe group have been commercialized in microperforated polyethylene packages, which create an internal modified atmosphere and prolong its shelf life (Ferreira et al., 2018; Véras et al., 2019). These packages are made from petroleum-based polymers, which are non-biodegradable and slow to

decompose, taking until 450 years in a landfill, causing several environmental impacts on ecosystems and consequently on human health (Kreiger et al., 2014).

Natural polymers, such as the chitosan, a polysaccharide derived from the deacetylation of chitin obtained mainly from crustacean exoskeleton, are abundant and biodegradable compounds that have been tested as fruit packaging (Poverenov et al., 2018; Mujtaba et al., 2019). These polymers are an ecological alternative to the excessive use of microperforated polyethylene package for the storage of melon fruits.

Previous studies have shown that chitosan can effectively inhibit postharvest diseases and increases the shelf life of fruits (Silva et al., 2018). Besides that, chitosan-based films are highly hydrophilic, which makes them water vapor permeable (Qu et al., 2019), and with unsatisfactory mechanical properties (Hu et al., 2016). The incorporation of hydrophobic constituents on the matrix of biopolymers to increase their hydrophobicity, such as lipids (Oliveira et al., 2018), and graphene oxide (GO) nanoparticles (Xu et al., 2017), have been tested.

The graphene oxide (GO) is a carbon-based material with excellent physicochemical (Xu et al., 2017) and microbiological properties (Akhavan & Ghaderi, 2010; Ruiz et al., 2019). In the polymer matrix, the GO fills the intermolecular spaces that would be occupied by water molecules, competes with their absorption and reduces the availability of chitosan free hydrophilic groups (Li et al., 2013). The graphene oxide is also known to improve mechanical properties of the films when uniformly incorporated (Herrera-Ramírez et al., 2015; Fim, Basso, Graebin, Azambuja, & Galland, 2013). The chemical groups of GO are efficacious on its dispersion, and the strong H-bonding between the chitosan and the surface of GO leads to better mechanical properties of the chitosan-based film (Han et al., 2011).

Even with the positive effects that GO can provide to mechanical, antimicrobial and barrier properties of chitosan-based films (Han et al., 2011; Fim, 2013; Ahmed, Mulla, & Arfat, 2017), there are no reports of their combined application as a biodegradable package for melon conservation. In this context, this study aimed to synthesize and characterize biopolymeric films of chitosan and GO as well as to evaluate its application for Galia melon conservation.

## **2. MATERIAL AND METHODS**

### **2.1 Fruit material**

The 'Galia' melon (*Cucumis melo* L. cv Mc Laren) fruits were harvested from commercial Farm Cumaru, located in Upanema, in the state of Rio Grande do Norte, Brazil (5°35'04'' S, 37°12'08'' W). The predominant climate of the region is hot and dry, BSwH 'type, according to the Köppen classification, with very irregular rainfall, an annual average of 673.9 mm, a temperature of 23° C, and average relative humidity of 68.9%. Harvest was performed at 63 days after sowing, in commercial maturity. Afterward, the fruits were immediately transported to the Food Laboratory from UFERSA, in-room temperature, 23°C, where they were selected according to the uniform size, color and without damage or fungal infection all fruits were disinfected using sodium hypochlorite to 100 ppm for 10 min.

## **2.2 Preparation of biodegradable bags**

In the preparation of the bags, it was used chitosan (85% deacetylated) purchased from Polymar Indústria Comércio Importação Exportação Ltda. (Fortaleza, CE, Brazil). Graphene oxide (15-20 sheets) was provided by Sigma-Aldrich Corp (St. Louis, MO, USA). For the preparation of the bags, acrylic plate and band sealer were used.

A filmogenic solution was prepared by dissolving chitosan (2%, w/v) in an aqueous solution of glacial acetic acid (1%, v/v) on a magnetic stirrer for 12 h. The solution was placed in an ultrasonic bath for 10 min to avoid bubble formation or poor standardization. Then 240 g of filmogenic solution was deposited in an acrylic plate (32 cm x 32 cm) and dried at 50 °C for approximately 10 h, following the solvent casting method. The bags were prepared with two overlapped films which were sealed in three edges, just with an opening to put the fruits. Bags with graphene oxide were prepared by the addition of graphene oxide (0.25% over the dry mass of chitosan) to the filmogenic solution before stirring.

## **2.3 Physicochemical characterization of biopolymeric films**

### **2.3.1 Water vapor permeability (WVP)**

The water vapor permeability (WVP) of the films was determined gravimetrically, according to ASTM E96-95 standard test method, with slight modification by Monteiro et al. (2017).

Square pieces (2 cm x 2 cm) of films were cut and deposited over the permeation measuring cells. The water level was up to 1 cm below the film. The cells were weighed and then placed in a desiccator containing silica, with 50% relative humidity and an internal temperature of 29 °C. Cell weight was measured every hour for eight hours. The

analysis was conducted in triplicate. The WVP of the films was calculated as follows in Eq. (1):

$$WVP = \frac{W.L}{A.t\Delta P} \quad \text{Eq. (1)}$$

Where WVP is the water vapor permeability (g.mm/h.kPa.m<sup>2</sup>); W is the weight of water permeating through the film (g); L is the film thickness (m); A is the permeation area (m<sup>2</sup>); t is the permeation time (s) and  $\Delta P$  is the pressure difference to water vapor between the two sides of the film (Pa).

### 2.3.2 Solubility in water

The solubility was measured according to Ge et al. (2015), with some modifications, and the analysis was performed in triplicate. Discs with 2-cm-diameter were dried at 105 °C for 1 h and then weighed (initial mass). The discs were then immersed in 50 mL of distilled water at 26 °C and kept under stirring for 24 h on a magnetic stirrer. Lastly, the discs were dried again at 105 °C for 1 h and weighed to constant weight (final mass). The solubility was calculated by Eq. (2):

$$S = \frac{i_m - f_m}{i_m} \times 100$$

Where S is the solubility (%);  $i_m$  is the initial mass (g) and  $f_m$  is the final mass (g).

### 2.3.3 Mechanical properties

A Testing Machine (model DL5000/10000, Paraná, Brazil) was used to determine mechanical properties of the films: tensile strength ( $\sigma$ , in MPa), elongation at break ( $\epsilon$ , in %) and Young's modulus (Y, in MPa). The testing machine operated according to standard ASTM method D882-8312 at a test speed of 5 mm/min with the application of a total force of 5kN. The samples follow the same standard and were evaluated with a length of 50mm, a width of 5 mm and a maximum thickness of 0.25mm.

### 2.3.4 Color

The colors of the films were determined using a Minolta colorimeter (model CR-10, Konica Minolta, Japan). The color values of L\* (luminosity), a\* (negative - green; positive - red), and b\* (negative - blue; positive - yellow) were measured. Five measurements were taken on each film, one at the center and four around the perimeter.

### 2.3.5 Morphological analysis

Scanning electronic microscopy (model VEGA 3, TESCAN, Czech Republic) was applied at a voltage of 15KV, with a magnitude of 1Kx, to the evaluation of microstructure of the surface and cross-section of the films. The samples were fixed in aluminum stubs with carbon tape. To impart conductivity to the films, they were coated with a 5 nm gold layer on a vacuum metallizer for 6 minutes at 20 mA.

### 2.3.6 Microbiological analysis

The disk diffusion method was used to evaluate the films' antimicrobial activity. *Staphylococcus aureus* bacteria were uniformly inoculated throughout the agar plate. Samples films were cut into 15 mm diameter discs, placed on the surface of the agar plate, and stored in an incubator for 24 h at 37 °C.

## 2.4 Preparation of fruits

Ninety-six 'Galia' melon fruits were harvested with uniform size, color, and shape and without damage or fungal infection. The fruits were immersed in a 0.1% sodium hypochlorite solution for 5 min for disinfection, and then they were dried. The fruits were separated into four groups for application of treatments: T1 – Control (without bags); T2 – Commercial bag (Xtend® - polyethylene-based laser perforated bag); T3 – Chitosan-based biodegradable bag; and T4 – Chitosan/GO-based biodegradable bag. Fruits were then stored in a cold room at  $7 \pm 2$  °C and 90% RH for 28 days. Every seven days, the fruits were removed from cold storage and evaluated by non-destructive analysis of weight loss, external appearance and color. Fruits were then kept in laboratory bench for six days at 23°C and 60% RH for the shelf life simulation, and all the physicochemical characterization was done.

## 2.5 Physicochemical characterization of fruits

### 2.5.1 Weight loss

The difference between the initial mass and the mass after storage was considered for the weight loss of the fruits. The weighing was performed in a Mars analytical balance (model AY220 - 0.0001 g precision). Results are expressed in percentage, according to Eq. (3):

$$WL = \frac{im - fm}{im} \times 100$$

Where WL is the weight loss (%); im is the initial mass (g) and fm is the final mass (g).

### **2.5.2 External and internal appearance**

External and internal appearances of fruits were evaluated by three trained people, using a visual scale proposed by Lima et al. (2005). The scale grades varied from 0 to 5, according to the severity of defects, where 0 represents fruits with a completely compromised appearance, and 5 are fruits with the best appearance. Fruits with a grade lower than 3 were considered unsuitable for commercialization.

### **2.5.3 Skin color**

The skin color was assessed using a Minolta colorimeter (model CR-10, Konica Minolta, Japan) to determine the lightness ( $L^*$ ), chromaticity ( $c^*$ ) and hue color angle ( $^{\circ}h$ ) values. The measurements were determined at three equidistant points on the fruits, and the average was considered.

### **2.5.4 Pulp firmness**

The pulp firmness was determined using a penetrometer (model FT 327, McCormick, USA) with an 8 mm diameter tip. The evaluation was made in six equidistant points, and the results were expressed as average values in Newton (N).

### **2.5.5 Soluble solids content (SSC)**

The soluble solids content of fruits was determined in fruit juice, with a digital refractometer (model PR-100 Palett, Atago, Japan) with automatic temperature correction. Results were expressed as  $^{\circ}$  Brix.

### **2.5.6 Titratable acidity (TA)**

The titratable acidity was measured from a sample of 10 g of crushed with the addition of 40 mL of distilled water. The titration was carried out with a 0.02 mol L<sup>-1</sup> sodium hydroxide solution. The endpoint of the titration was determined with a digital potentiometer until reaching a pH of 8.1. The results were expressed in g of citric acid of 100 g<sup>-1</sup> of juice.

### 2.5.7 pH

The pH of fruit juice was determined using a digital potentiometer, calibrated with pH 7 and 4 buffers.

## 2.6 Statistical analysis

The experiment was performed in a completely randomized design, in a split-plot arrangement, with the four bags allocated in the plots and the six storage times in the sub-plots, with four replicates per treatment. Data were submitted to analysis of variance (F-test) with the SAS software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), and the average of treatments was compared by Fisher's test at 5% probability.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Physicochemical characterization of biopolymeric films

The properties of the films to be used as packaging are very useful because their structure varies according to the type of biopolymer (Talón et al., 2017; Oliveira et al., 2018). In this study, chitosan-based films with the incorporation of GO were previously prepared with GO concentrations of 0.25%, 0.50%, and 1.00% over the dry mass of chitosan. By the values of WVP ( $0.27 \pm 0.006$ ,  $0.33 \pm 0.006$ , and  $0.36 \pm 0.006$  g.mm/h.kPa.m<sup>2</sup>, respectively), it was observed that the film with the lowest GO concentration had the lower WVP. This occurred possibly due to the formation of clusters in films with high GO concentration when GO nanoparticles are not fully dissolved in the polymeric matrix. The presence of clusters of GO was also observed in other studies (Pan et al., 2011; Ahmed et al., 2017) with chitosan/GO-based films.

Excessive concentrations of GO have a negative effect on the microstructure of the composite, and even forms aggregates because of the inadequate compatibility between the GO and polymer chains (Ahmed et al., 2017). Thus, the film with 0.25% GO concentration was chosen for the preparation of biodegradable bags. Low WVP value hinders moisture transfer between food and the surrounding atmosphere (Ren et al., 2017; Akhavan-Kharazian, & Izadi-Vasafi, 2019), reduces transpiration, ensures stability and increases shelf life of fruits and vegetables (Velickova et al., 2015; Oliveira et al., 2018).

As shown in Table 1, the GO reduced the WVP of the chitosan-based film by 17% and 18%, respectively. The presence of nanoparticles in films can reduce the hydrophilic characteristic of biopolymer because it fills the intermolecular spaces that would be

occupied by water molecules and reduces the availability of chitosan free hydrophilic groups (Li, 2013; Qu et al., 2019).

Table 1. Solubility, water vapor permeability (WVP), mechanical properties, and color of chitosan-based films used in the preparation of biodegradable bags. CS: chitosan; GO: graphene oxide; Y – Young's module;  $\epsilon$  – elongation at break;  $\sigma$  – tensile strength.

Film	Solubility (%)	WVP (g.mm/h.kPa.m <sup>2</sup> )	Y (MPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma$ (MPa)
			a*	b*	L*
CS	12.09 ± 2.31 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.0097 ± 0.00066 <sup>b</sup>	6.45 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.063 ± 0.0041 <sup>b</sup>
CS+GO	10.07 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.0120 ± 0.00075 <sup>a</sup>	6.95 ± 0.72 <sup>a</sup>	0.083 ± 0.0034 <sup>a</sup>
CS			-2.93 ± 0.15 <sup>a</sup>	13.30 ± 0.15 <sup>a</sup>	35.9 ± 0.11 <sup>a</sup>
CS+GO			-2.70 ± 0.10 <sup>a</sup>	12.43 ± 0.25 <sup>b</sup>	31.8 ± 0.50 <sup>b</sup>

\*Results are expressed as mean ± standard deviation. Different letters in the row indicate statistical difference between treatments. All comparisons were performed by the F-test at 5%.

When incorporated at the biopolymeric matrix, the graphene oxide nanoparticles resulted in increases of 32% and 24% in the tensile strength and Young's modulus values, respectively (Table 1). On the other hand, the elongation at break of the film was not altered with the presence of GO. These results show that there was satisfactory incorporation of graphene oxide nanoparticles in the polymeric matrix. The addition of a small amount of nanofiller can lead to a significant improvement in mechanical properties (Herrera-Ramirez et al., 2015). However, it depends on the best dispersion of the filler in the polymeric matrix (Fim et al., 2013).

The presence of GO in the chitosan-based films did not significantly change the color parameter a\*. Visually, chitosan-based films had a slightly yellow appearance, which is indicated by the positive values in color parameter b\* (Ojagh et al., 2010). The graphene oxide nanoparticles significantly reduced the b\* parameter ( $p < 0.05$ ). The dark coloration of graphene oxide caused a decrease in the luminosity (L\*) of the film (Table 1). The color is an important attribute related to visual acceptance of package film by consumers (Ren et al., 2017). Although the biopolymeric bags studied here are indicated to the postharvest conservation of Galia melon inside the carton, and therefore do not require mechanical strength or color equivalent to polyethylene-based commercial bags for transport use.

The microstructure and polymer compatibility of developed films was examined by SEM. Figures 1A and 1B indicate that the incorporation of GO in the chitosan-based film did not cause morphological alteration. This action shows that the graphene oxide nanoparticles at 0.25% concentration (over the dry mass of chitosan) were uniformly incorporated into the chitosan matrix, resulting in enhancement of thermo-mechanical and physical properties of chitosan, as described by Ahmed et al. (2017). Besides that, the surface of the film with GO shows high homogeneity, which indicates the unification of chitosan and graphene oxide in the polymeric matrix. Similar homogeneity was also observed by Han et al. (2011) for chitosan/GO films.

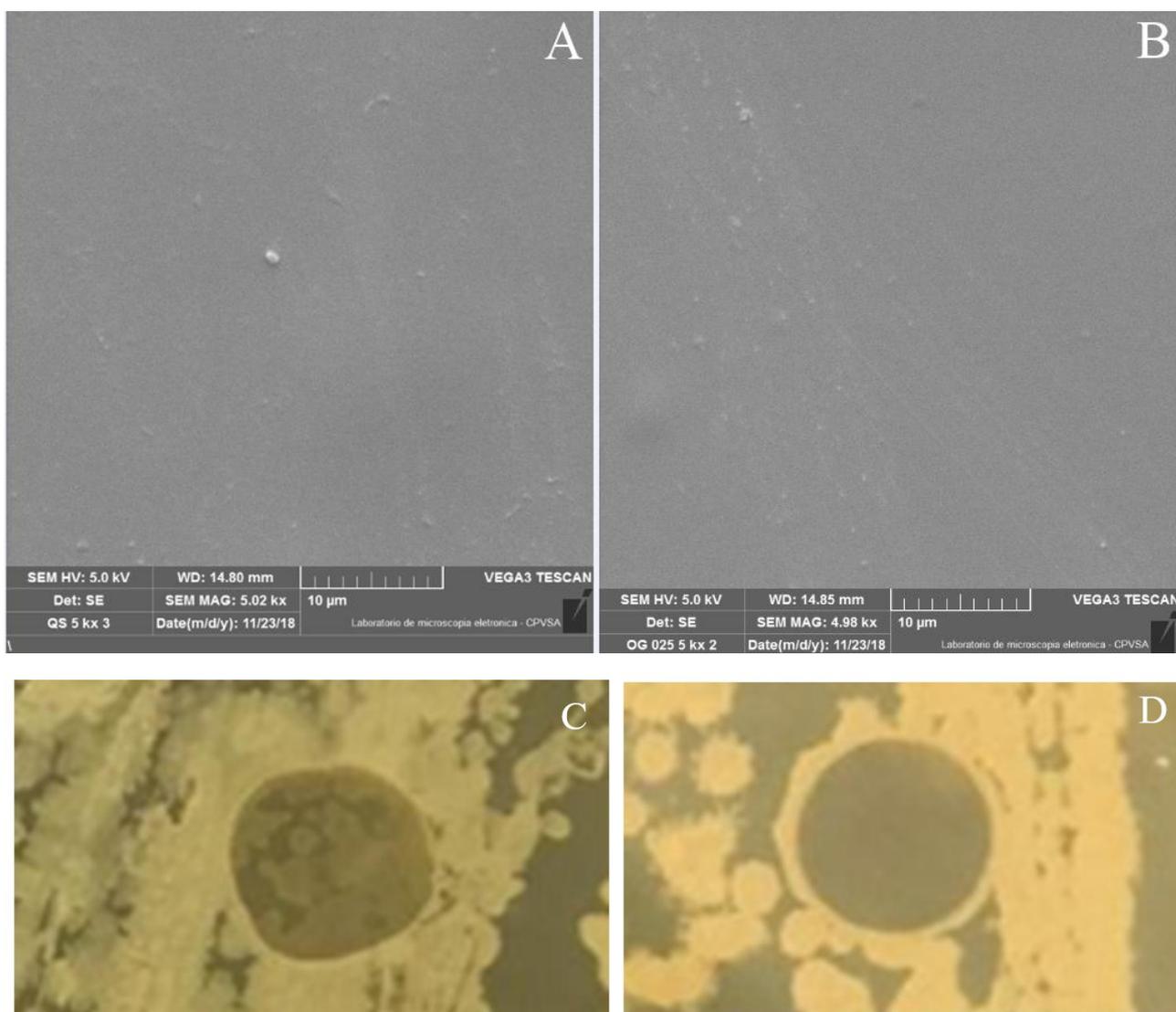


Figure 1. Scanning electronic microscopy (SEM) (A and B) and *Staphylococcus aureus* (C and D) images of chitosan-based films used in the preparation of biodegradable bags. A and C: Chitosan; B and D: Chitosan with addition of GO.

In the microbiological test performed with bacteria *Staphylococcus aureus*, commonly associated with food poisoning, it was shown that the chitosan-based film incorporated with graphene oxide (Fig. 1D) was more effective in controlling this bacterium than film without GO (Fig. 1C). *S. aureus* is a pathogenic bacterium capable of forming organized communities called biofilms on food surfaces, being a pathway that leads to cross-contamination of foods (Di Ciccio et al., 2015). GO nanoparticles cause damages on bacteria cell membranes by stress induced by sharp edges of graphene nanosheets, leading to the loss of bacterial membrane integrity and the leakage of RNA (Akhavan et al., 2010).

The highly efficient antibacterial property of GO was also observed on chitosan-silver nanoparticles-graphene oxide nanohybrids (Marta et al., 2015). Nanocomposites of chitosan, poly(vinyl alcohol) and graphene oxide investigated by Ruiz et al. (2019) completely inhibited the growth of four bacteria species, including *S. aureus*.

## **3.2. Physicochemical characterization of fruits**

### **3.2.1. Weight loss and external appearance**

There was a significant difference between treatments for weight loss of ‘Galia’ melon during cold storage (Figure 2A) and after the shelf life period (Figure 2B). In cold storage, from 21 days onwards, the packaged melons showed lower weight loss than the unpackaged fruits ( $p < 0.05$ ). At 28 days, it was found that the use of biodegradable bags resulted in a higher weight loss of fruits than the polyethylene-based commercial bag (Figure 2A). Despite the statistical difference evidenced in WVP of biodegradable bags, there was no statistical difference between them for weight loss of melons.

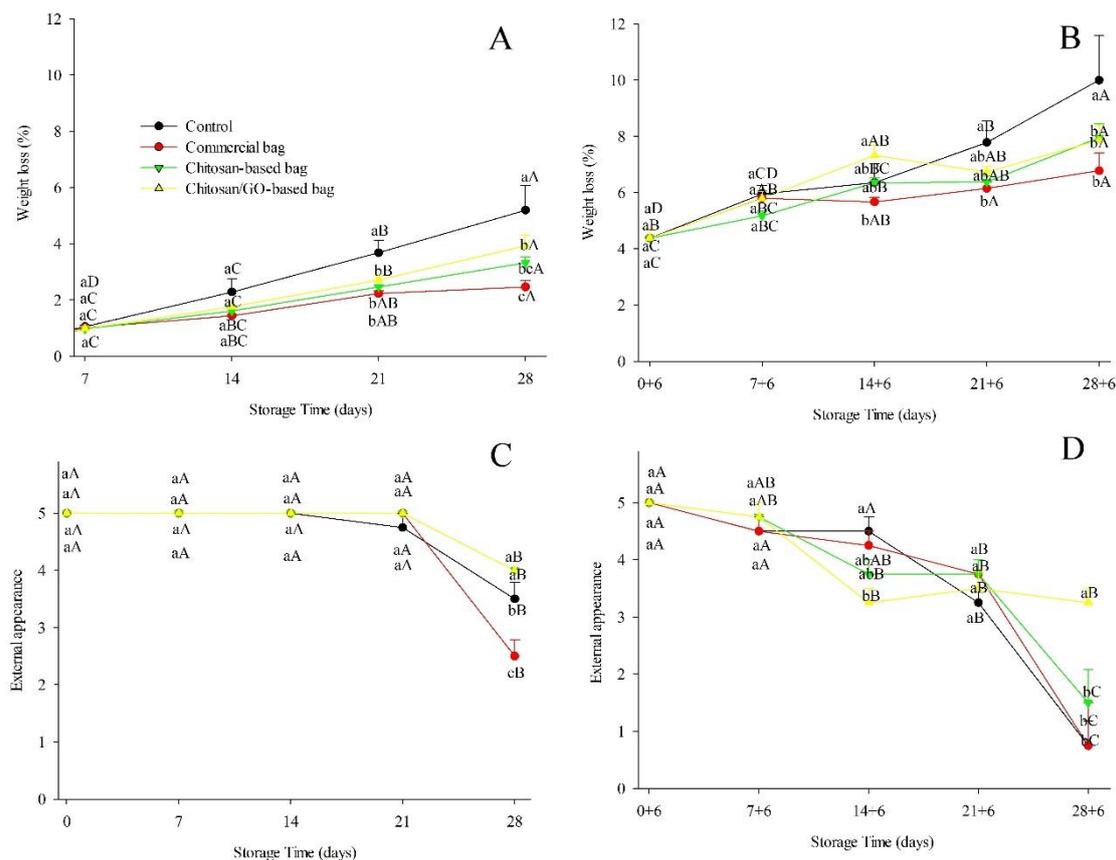


Figure 2. Weight loss (A and B) and external appearance (C and D) of ‘Galia’ melon fruits without package (control) and packaged in polyethylene bag (commercial bag), chitosan-based bag and chitosan/GO-based bag under cold storage at 7 °C and 90% RH (A and C) and after shelf life period at 23 °C and 60% RH (B and D). Each data point represents the mean  $\pm$  standard deviation. Vertical bars represent the standard deviation of the means of three replicates. Different lower case letters indicate the statistically significant difference among treatments at the same storage time by Fisher’s test ( $p < 0.05$ ). Different upper case letters indicate the statistically significant difference among storage days at the same treatment by Fisher’s test ( $p < 0.05$ ).

Fruits of all treatments showed significant weight loss during shelf life period, due to the absence of packaging, high temperature and low RH, which consequently induced faster moisture transfer from the melon fruit to the surrounding air and favored more elevated respiration and metabolic activity of the fruits (Aroucha et al., 2018; Ning et al., 2019;– Wu et al., 2020).

The use of biodegradable bags was positive to reduce weight loss during storage, since the fruits, previously packaged, presented less weight loss than the control fruits (Figure 2A and B).

Figure 2C shows that up to 21 days there was no statistical difference in values of external appearance between the treatments. However, at 28 days, the fruits stored in the two biodegradable bags had similar external appearance scores and well above fruits from control and commercial bag treatments, which did not present commercial quality (external appearance score < 3.0). The external and internal appearances are the main characteristics in determining the shelf life of melons (Oliveira et al., 2019).

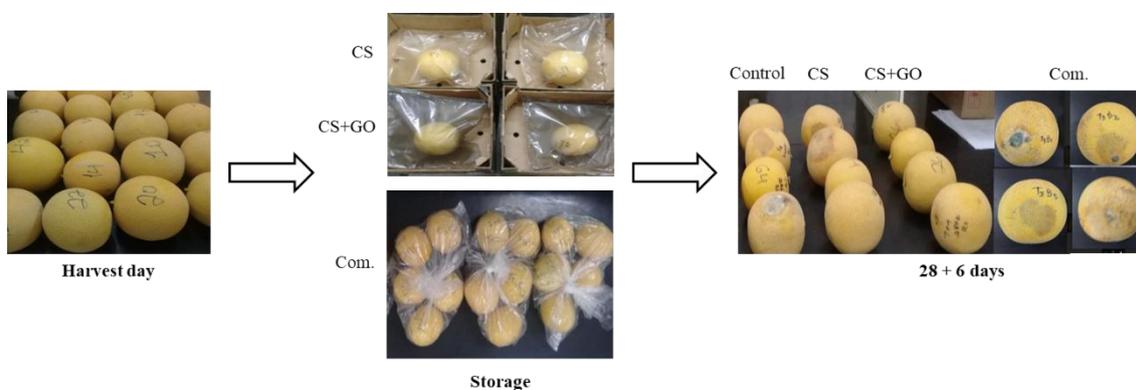


Figure 3. Melon fruits stored in biodegradable and commercial bags and without bags. CS = chitosan. GO = graphene oxide. Com. = commercial.

On the last day of shelf life (28 + 6), only fruits packaged in chitosan-based bags with GO had an external appearance score higher than 3.0 (marketable) (Figure 2D). Such fruits did not show microorganism growth, unlike the other treatments (Figure 3). This result may be associated with the lower incidence of bacteria observed in the film with the addition of GO (Figure 1D). The antibacterial effect of the biodegradable bag with GO was also evidenced in other studies (Xu et al., 2017; Mazaheri et al., 2014).

### 3.2.2 The color parameter of skin

The lightness value of the skin of fruits packaged in biodegradable bags was kept throughout the cold storage (Figure 4A). In contrast, fruits packaged in polyethylene bags showed significant decrease in lightness values at 28 days of storage (Figure 4A). This effect must be associated with the incidence of microorganisms, which resulted in total

damage to the fruits, preventing their analysis on the last day of shelf life (28 + 6). During the period of shelf life, the unpackaged fruits were the most affected, as the luminosity values decreased significantly at 21 + 6 days (Figure 4B). The weight loss associated with the presence of microorganisms greatly affected the lightness of the skin of the unpackaged fruits, which tended to dark color (lower values of L).

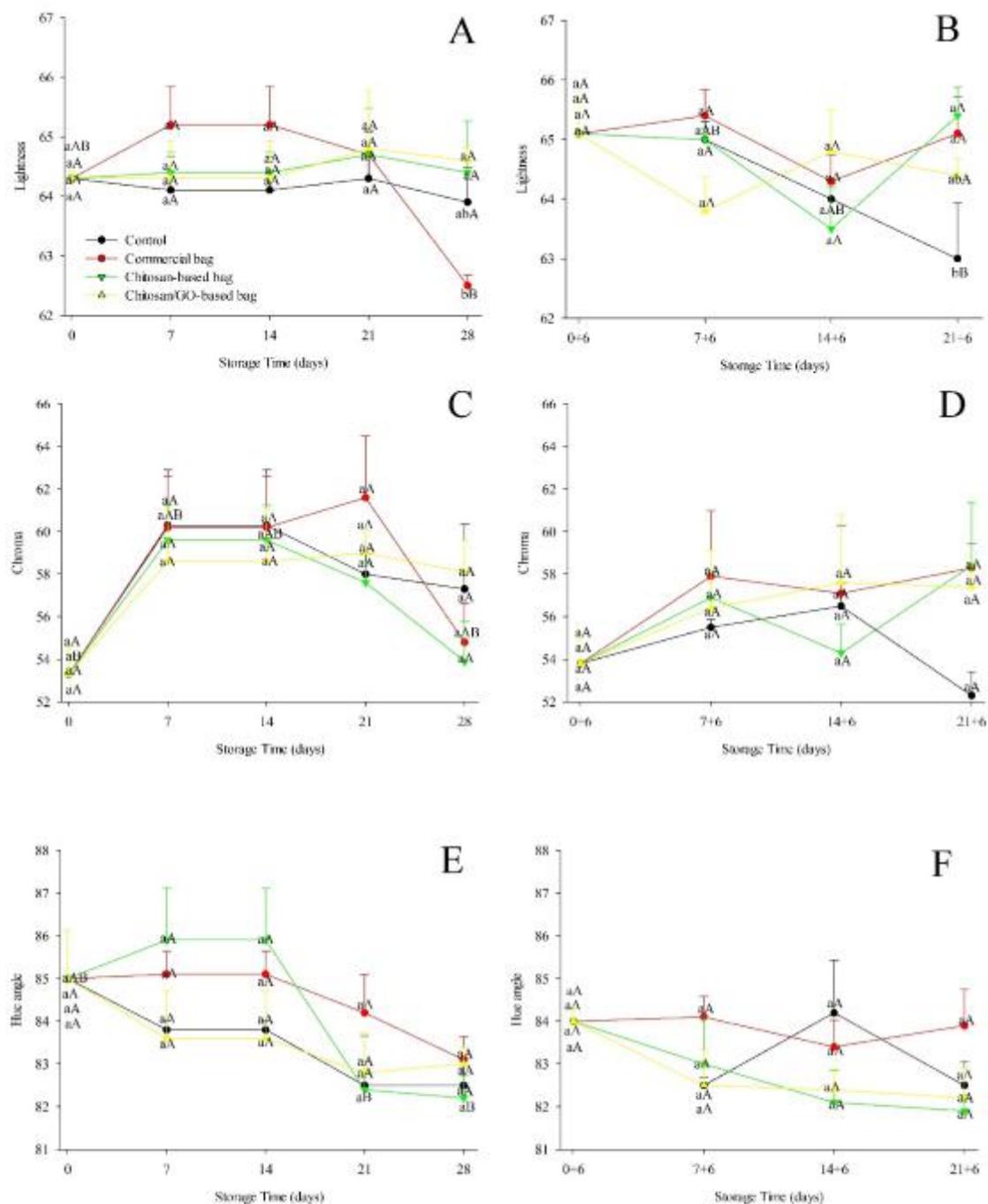


Figure 4. Lightness (A and B), chromaticity (C and D) and hue angle (E and F) of 'Galia' melon fruits without package (control) and packaged in polyethylene bag (commercial bag), chitosan-based bag and chitosan/GO-based bag under cold storage at 7 °C and 90%

RH (A, C and E) and after shelf life period at 23 °C and 60% RH (B, D and F). Each data point represents the mean  $\pm$  standard deviation. Vertical bars represent the standard deviation of the means of three replicates. Different lower case letters indicate the statistically significant difference among treatments at the same storage time by Fisher's test ( $p < 0.05$ ). Different upper case letters indicate the statistically significant difference among storage days at the same treatment by Fisher's test ( $p < 0.05$ ).

There was variation in chroma and hue angle values of fruit skin during storage, but significant differences were evidenced only in cold storage (Figure 4C and E). Fruits packaged in polyethylene bags showed a notable increase in chroma values at 7, 14 and 21 days, followed by a decrease at 28 days (Figure 4C). Similar behavior was observed by Morgado et al. (2015) on 'Louis' melon stored at 6 and 9 °C.

Regarding the hue angle, only fruits packaged in chitosan-based bags showed a decrease at 21 and 28 days of cold storage (Figure 4E). The decay on the hue angle of fruits during storage is a natural effect that occurs due to the ripening of melons when chlorophyll is degraded, and the skin color evolves from green to predominantly yellow (Farcuh et al., 2020).

### **3.2.3 Internal appearance and flesh firmness**

The internal appearance of the fruits did not differ between treatments though decreased significantly during cold storage followed by shelf life (Figure 5A). Unpackaged fruits showed higher decreases at 21 + 6 days compared to time zero, although all fruits received internal appearance scores within the quality limits for commercialization (internal appearance  $> 3.0$ ) (Figure 5A). VÉras et al. (2019) investigated the effect of microperforated polyethylene bags on the quality of 'Galia' melon fruits under cold storage and observed that the fruits remained with satisfactory commercial quality at the 35 days of storage.

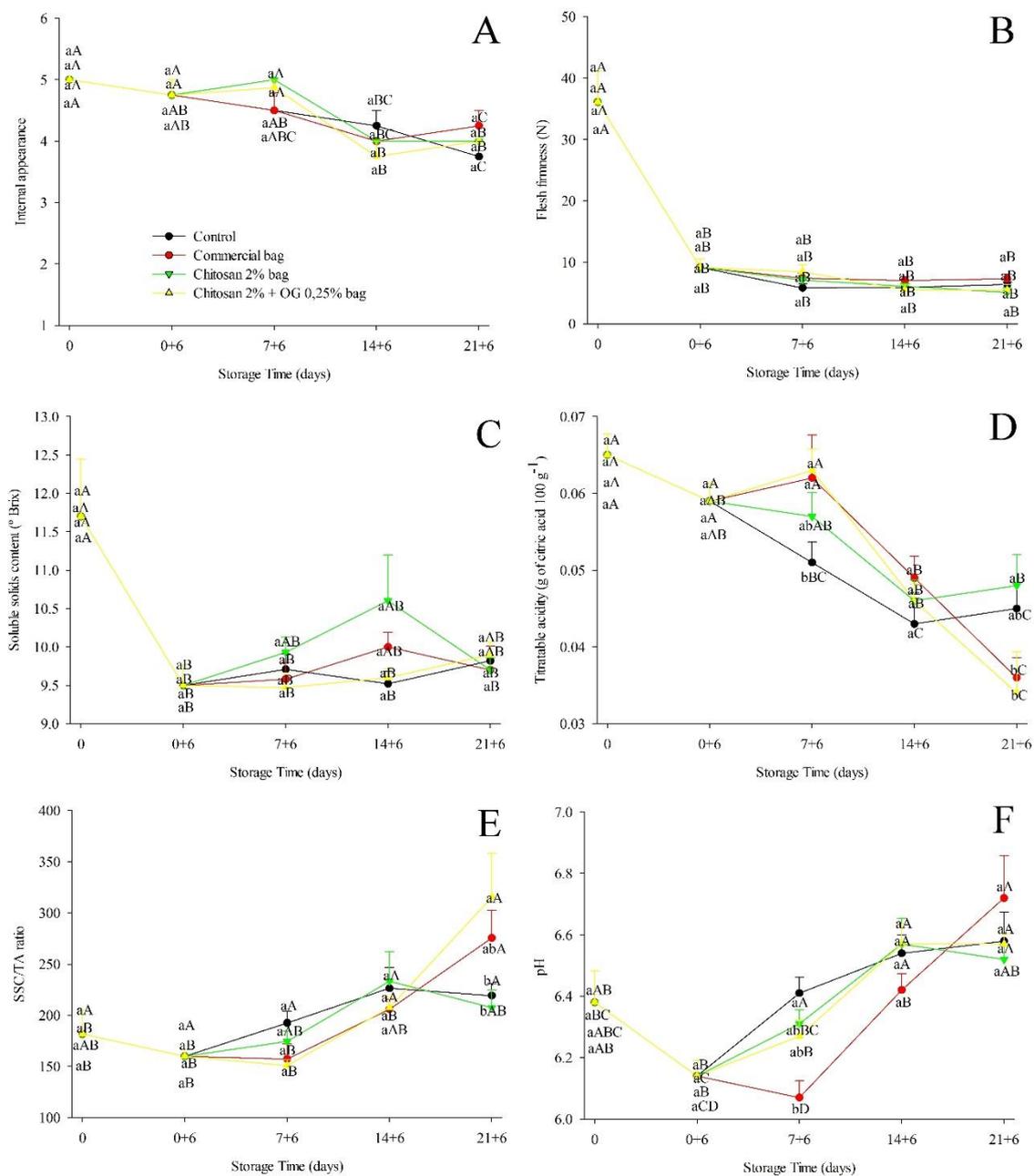


Figure 5. Internal appearance (A), flesh firmness (B), soluble solids content (C), titratable acidity (D), SSC/TA ratio (E) and pH (F) of 'Galia' melon fruits without package (control) and packaged in polyethylene bag (commercial bag), chitosan-based bag and chitosan/GO-based bag after shelf life period at 23 °C and 60% RH. Each data point represents the mean  $\pm$  standard deviation. Vertical bars represent the standard deviation of the means of three replicates. Different lower case letters indicate the statistically significant difference among treatments at the same storage time by Fisher's test ( $p < 0.05$ ). Different upper case letters indicate the statistically significant difference among storage days at the same treatment by Fisher's test ( $p < 0.05$ ).

All fruits after six days of shelf life presented flesh firmness four times lower than day zero. There were no significant differences between packages for flesh firmness (Figure 5B). A high loss of flesh firmness during storage was also reported by V eras et al. (2019) on ‘Galia’ melons, which had a reduction of 68% and 71% on this parameter when stored at 7 °C for 14 days under normal and modified atmosphere, respectively. The reduction of firmness in melons during storage is reported in all studies about their conservation (Aroucha et al., 2016). Melons from *cantaloupensis* groups commonly have several and intense modifications in texture during ripening, which may result in poor storage capacity and short shelf life (Farcuh et al., 2020).

### **3.2.4 Soluble solids content, titratable acidity, ratio and pH**

There was no difference between treatments for the SSC of fruits (Figure 5C). Despite the 15% decrease after the period of shelf life, SSC remained above 9° Brix, established as the minimum standard to define the internal quality of cantaloupe type melons for the USA and Europe. The sugar content of harvested melons does not increase during storage because they do not have extensive reserves of starch to convert into sugars during the postharvest period, and these sugars are used as a substrate in the respiratory process of the fruits (Li, 2019).

There was a marked decrease in fruit TA during storage independent of treatment (Figure 5D). This result may suggest the oxidation of organic acids and their possible use as a carbon skeleton in the fruit respiration process (Tang et al., 2010). The acid content of the fruits is determined by the equilibrium of acid synthesis and degradation (Wu et al., 2020). Melon fruits usually have low concentrations of organic acids, suggesting that small variations in acidity levels are little significant for melons (Aroucha et al., 2018).

At 7 + 6 days, fruits previously packaged in a chitosan-based bag with the addition of GO and in a commercial bag kept TA higher than unpackaged fruits (Figure 5D). The modified atmosphere provided by the use of bags leads to a reduction in respiration rate and ethylene production and action, and consequently reduces losses in stored energy reserves of the fruits (V eras et al., 2019). Thus, the consumption of organic acids in the respiration process is slower and softer when the fruits are stored under modified atmosphere conditions.

The SSC/TA ratio of fruits increased over the shelf life period (Figure 5E). This ratio was mainly affected by the decrease in titratable acidity during the shelf life of fruits,

since there was no significant increase in soluble solids content during this period because melon fruits do not have reserves of starch to convert into sugars over storage (Li, 2019). On the last day of analysis, fruits previously packaged in chitosan/GO-based bags and the commercial bag had a higher SSC/TA ratio than fruits stored without the bag and in the chitosan-based bag (Figure 5E). The balance between the content of sugars and organic acids in fruits is an essential indicator of fruit flavor, being higher values responsible for a better flavor (Pinto et al., 2008).

The pH value of melons increased over the shelf life storage (Figure 5F). The pH is a variable correlated with TA, and its increase occurs naturally during storage due to the consumption of organic acids to maintain fruit metabolism (Li, 2019).

#### **4. CONCLUSION**

The incorporation of graphene oxide in chitosan-based film improved its mechanical properties and reduced its hydrophilicity. All packages (biodegradable and non-biodegradable) were able to minimize the weight loss of the fruits. The physicochemical characteristics of Galia melons stored in biodegradable were kept similar to polyethylene bags until 21 days of cold storage with more six days of shelf life. Chitosan-based bag with the addition of GO was the only package that kept the fruits in marketable conditions until the last day of analysis (28 days of cold storage plus six days shelf life), for preserving their external appearance.

The chitosan-based bag incorporated with GO can be used commercially for prolonging the storage life and delaying the senescence of Galia melon fruit.

**REFERENCES**

AHMED, J., MULLA, M., & ARFAT, Y. A. Mechanical, thermal, structural and barrier properties of crab shell chitosan/graphene oxide composite films. **Food Hydrocolloids**, 71, 141-148, 2017.

AKHAVAN, O., & GHADERI, E. Toxicity of graphene and graphene oxide nanowalls against bacteria. **ACS nano**, 4(10), 5731-5736, 2010.

AKHAVAN-KHARAZIAN, N., & IZADI-VASAFI, H. Preparation and characterization of chitosan/gelatin/nanocrystalline cellulose/calcium peroxide films for potential wound dressing applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, 133, 881-891, 2019.

AROUCHA, E. M. M., ARAUJO, J. M. M., NUNES, G. H. S., NEGREIROS, M. Z., PAIVA, C. A., & SOUZA, M. S. Cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.) conservation using hydrocooling. **Revista Ceres**, 63(2), 191-197, 2016.

AROUCHA, E. M. M., SOUSA, C. M. G., MEDEIROS, J. F., GÓES, G. B., NASCIMENTO, I. B., & ARAÚJO, N. O. Pre-Harvest Application of Plant Biostimulant on the Quality and Shelf-Life of Yellow Melon (*Cucumis melo* L.). **Journal of Agricultural Science**, 10(2), 252, 2018.

DI CICCIO, P., VERGARA, A., FESTINO, A. R., PALUDI, D., ZANARDI, E., GHIDINI, S., & IANIERI, A. Biofilm formation by *Staphylococcus aureus* on food contact surfaces: Relationship with temperature and cell surface hydrophobicity. **Food Control**, 50, 930-936, 2015.

FARCUH, M., COPES, B., LE-NAVENEC, G., MARROQUIN, J., JAUNET, T., CHIHAM, C., CANTU, D., BRADFORD, K. J., & VAN DEYNZE, A. Texture diversity in melon (*Cucumis melo* L.): Sensory and physical assessments. **Postharvest Biology and Technology**, 159, e111024, 2020.

FERREIRA, R. M. A., AROUCHA, E. M. M., MEDEIROS, J. F., NASCIMENTO, I. B., & PAIVA, C. A. Effect of main stem pruning and fruit thinning on the postharvest conservation of melon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(5), 355-359, 2018.

FIM, F. D. C., BASSO, N. R., GRAEBIN, A. P., AZAMBUJA, D. S., & GALLAND, G. B. Thermal, electrical, and mechanical properties of polyethylene–graphene nanocomposites obtained by in situ polymerization. **Journal of Applied Polymer Science**, 128(5), 2630-2637, 2013.

GE, L., LI, X., ZHANG, R., YANG, T., YE, X., LI, D., & MU, C. Development and characterization of dialdehyde xanthan gum crosslinked gelatin based edible films incorporated with amino-functionalized montmorillonite. **Food Hydrocolloids**, 51, 129-135, 2015.

HAN, D., YAN, L., CHEN, W., & LI, W. Preparation of chitosan/graphene oxide composite film with enhanced mechanical strength in the wet state. **Carbohydrate Polymers**, 83, 653-658, 2011.

HERRERA-RAMÍREZ, L. C., CASTELL, P., FERNÁNDEZ-BLÁZQUEZ, J. P., FERNÁNDEZ, Á., & VILLORIA, R. G. How do graphite nanoplates affect the fracture toughness of polypropylene composites? **Composites Science and Technology**, 111, 9-16, 2015.

HU, D., WANG, H., & WANG, L. Physical properties and antibacterial activity of quaternized chitosan/carboxymethyl cellulose blend films. **LWT-Food Science and Technology**, 65, 398-405, 2016.

Kreiger, M. A., Mulder, M. L., Glover, A. G., & Pearce, J. M. Life cycle analysis of distributed recycling of post-consumer high density polyethylene for 3-D printing filament. **Journal of Cleaner Production**, 70, 90-96, 2014.

LI, H. Pre-harvest cultural practices affecting postharvest physiological disorders, minerals, and titratable acidity in cucurbit melon. In Freitas, S. T., & Pareek, S. (Eds.),

**Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables** (pp. 15-28). Boca Raton: CRC Press, 2019.

LI, J., REN, N., QIU, J., MOU, X., & LIU, H. Graphene oxide-reinforced biodegradable genipin-cross-linked chitosan fluorescent biocomposite film and its cytocompatibility. **International Journal of Nanomedicine**, 8, 3415-3426, 2103.

LIMA, E. M. C., CARVALHO, J. A., VIOL, M. A., ALMEIDA, R. C., & REZENDE, F. C. Gália melons production in protected environment under different irrigation depths. **Engenharia Agrícola**, 37(1), 75-83, 2017.

LIMA, M. A. C., ALVES, R. E., BISCEGLI, C. I., & FILGUEIRAS, H. A. Qualidade pós-colheita de melão Gália submetido a modificação da atmosfera e ao 1-metilciclopropeno. **Horticultura Brasileira**, 23(3), 793-798, 2005.

MARTA, B., POTARA, M., ILIUT, M., JAKAB, E., RADU, T., IMRE-LUCACI, F., KATONA, G., POPESCUCU, O., & ASTILEAN, S. Designing chitosan–silver nanoparticles–graphene oxide nanohybrids with enhanced antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, 487, 113-120, 2015.

MAZAHERI, M., AKHAVAN, O., & SIMCHI, A. Flexible bactericidal graphene oxide–chitosan layers for stem cell proliferation. **Applied surface science**, 301, 456-462, 2014.

MONTEIRO, M. K. S., OLIVEIRA, V. R. L., SANTOS, F. K. G., LEITE, R. H. L., AROUCHA, E. M. M., SILVA, R. R., & SILVA, K. N. O. Analysis of water barrier, mechanical and thermal properties of nanocomposites based on cassava starch and natural clay or modified by anionic exchange. **Materials Research**, 20, 69-76, 2017.

MORGADO, C. M. A., MATTIUZ, C. F. M., MUNIZ, A. C., CHARLES, F., & MATTIUZ, B. H. Qualidade de melões ‘Louis’ armazenados em quatro temperaturas. **Ciência Rural**, 45(11), 1953-1958, 2015.

MUJTABA, M., MORSI, R. E., KERCH, G., ELSABEE, M. Z., KAYA, M., LABIDI, J., & KHAWAR, K. M. Current advancements in chitosan-based film production for food technology; A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, 121, 889-904, 2019.

NING, M., TANG, F., ZHANG, Q., ZHAO, X., YANG, L., CAI, W., & SHAN, C. The quality of Gold Queen Hami melons stored under different temperatures. **Scientia Horticulturae**, 243, 140-147, 2019.

OJAGH, S. M., REZAEI, M., RAZAVI, S. H., & HOSSEINI, S. M. H. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. **Food Chemistry**, 122(1), 161-166, 2010.

OLIVEIRA, L. A. A., CARDOSO, E. A., RICARTE, A. O., MARTINS, A. F., COSTA, J. M., & NUNES, G. H. S. Stability, adaptability and shelf life of Cantaloupe melon hybrids. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 41(5), e418, 2019.

OLIVEIRA, V. R. L., SANTOS, F. K. G., LEITE, R. H. L., AROUCHA, E. M. M., & SILVA, K. N. O. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, 259, 55-64, 2018.

PAN, Y., WU, T., BAO, H., & LI, L. Green fabrication of chitosan films reinforced with parallel aligned graphene oxide. **Carbohydrate Polymers**, 83, 1908-1915, 2011.

PINTO, J. M., GAVA, C. A. T., LIMA, M. A. C., SILVA, A. F., & RESENDE, G. M. Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Revista Ceres**, 55(4), 280-286, 2008.

POVERENOV, E., ARNON-RIPS, H., ZAITSEV, Y., BAR, V., DANAY, O., HOREV, B. & RODOV, V. Potential of chitosan from mushroom waste to enhance quality and storability of fresh-cut melons. **Food Chemistry**, 268, 233-241, 2018.

QU, L., CHEN, G., DONG, S., HUO, Y., YIN, Z., LI, S., & CHEN, Y. Improved mechanical and antimicrobial properties of zein/chitosan films by adding highly dispersed nano-TiO<sub>2</sub>. **Industrial Crops and Products**, 130, 450-458, 2019.

REN, L., YAN, X., ZHOU, J., TONG, J., & SU, X. Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films. **International Journal of Biological Macromolecules**, 105, 1636-1643, 2017.

RUIZ, S., TAMAYO, J. A., DELGADO OSPINA, J., NAVIA PORRAS, D. P., VALENCIA ZAPATA, M. E., HERNANDEZ, M., ... & GRANDE TOVAR, C. D. Antimicrobial films based on nanocomposites of chitosan/poly (vinyl alcohol)/graphene oxide for biomedical applications. **Biomolecules**, 9(3), e109, 2019.

SILVA, W. B., SILVA, G. M. C., SANTANA, D. B., SALVADOR, A. R., MEDEIROS, D. B., BELGHITH, I., ... & MISOBUTSI, G. P. Chitosan delays ripening and ROS production in guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Food chemistry**, 242, 232-238, 2018.

TALÓN, E., TRIFKOVIC, K. T., NEDOVIC, V. A., BUGARSKI, B. M., VARGAS, M., CHIRALT, A., & GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Antioxidant edible films based on chitosan and starch containing polyphenols from thyme extracts. **Carbohydrate polymers**, 157, 1153-1161, 2017.

TANG, M., BIE, Z. L., WU, M. Z., YI, H. P., & FENG, J. X. Changes in organic acids and acid metabolism enzymes in melon fruit during development. **Scientia Horticulturae**, 123(3), 360-365, 2010.

VELICKOVA, E., WINKELHAUSEN, E., KUZMANOVA, S., MOLDAO-MARTINS, M., & ALVES, V. D. Characterization of multilayered and composite edible films from chitosan and beeswax. **Food Science and Technology International**, 21(2), 83-93, 2015.

VÉRAS, M., LENO, M., ARAÚJO, F. F., JUNIOR, J. G., & FINGER, F. L. Enzymatic activity and post-harvest quality of 'Galia' melon under storage temperatures and modified atmosphere. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 14(1), e5617, 2019.

WU, Z., TU, M., YANG, X., XU, J., & YU, Z. Effect of cutting and storage temperature on sucrose and organic acids metabolism in postharvest melon fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 161, e111081, 2020.

XU, W., XIE, W., HUANG, X., CHEN, X., HUANG, N., WANG, X., & LIU, J. The graphene oxide and chitosan biopolymer loads TiO<sub>2</sub> for antibacterial and preservative research. **Food Chemistry**, 221, 267-277, 2017.