

**Influência da embalagem na qualidade pós colheita de “baby leaf” de agrião da terra**  
**Influence of packing on the post-harvest quality of baby leaf from upland cress**  
**Influencia del embalaje en la calidad poscosecha de las hoja de bebé de berro de tierra**

Recebido: 28/09/2020 | Revisado: 30/09/2020 | Aceito: 05/10/2020 | Publicado: 06/10/2020

**Ana Beatriz Silva Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7031-9613>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [ab.silvaaraujo@gmail.com](mailto:ab.silvaaraujo@gmail.com)

**Elisângela Elena Nunes Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1124-8066>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [elisangelacarvalho@ufla.br](mailto:elisangelacarvalho@ufla.br)

**Eduardo Valério de Barros Vilas Boas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0252-695X>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [evbvboas@ufla.br](mailto:evbvboas@ufla.br)

## **Resumo**

No presente estudo foram investigadas as variações ao longo do armazenamento, na qualidade pós colheita de “baby leaf” de agrião da terra acondicionado em diferentes embalagens. O uso de embalagem tipo PET PCR mostrou não ser viável para o armazenamento refrigerado de “baby leaf” de agrião da terra, já as embalagens zip lock de polietileno 100µm e polietileno de baixa densidade 50µm selada, demonstraram ser boas opções. O experimento foi então conduzido utilizando as embalagens zip lock de polietileno 100µm e polietileno de baixa densidade 50µm selada, sob a temperatura média de refrigeração de 6°C±1 e umidade relativa de 87%±1,6. A avaliação das amostras foi realizada nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias. As análises realizadas foram percentual de perda de massa, monitoramento de CO<sub>2</sub> dentro da embalagem, coloração, pH, acidez titulável, clorofila total, carotenoides totais, teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante. A embalagem de zip lock de polietileno 100µm determinou menor acúmulo de CO<sub>2</sub>, maior preservação da cor verde, maior estabilização na degradação de carotenoides e uma menor depleção da capacidade antioxidante do “baby leaf”

de agrião. Esses resultados sugerem que a embalagem zip lock de polietileno 100µm, proporciona melhores condições de armazenamento, conferindo ao “baby leaf” de agrião uma vida útil de até 12 dias, garantindo um produto de qualidade ao consumidor.

**Palavras-chave:** *Barbarea verna*; Armazenamento; Vida útil; Polietileno; Compostos bioativos; Capacidade antioxidante.

### **Abstract**

In the present study, variations during storage were investigated in the postharvest quality of baby leaf of upland cress packed in different packages. The use of PET PCR packaging proved not to be feasible for the refrigerated storage of baby leaf of upland cress, whereas the zip lock packages of 100µm polyethylene and sealed 50µm low density polyethylene, proved to be good options. The experiment was then conducted using the zip lock packages of 100µm polyethylene and sealed 50µm low density polyethylene, under an average refrigeration temperature of  $6^{\circ}\text{C} \pm 1$  and a relative humidity of  $87\% \pm 1.6$ . The samples were evaluated at times 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 days. The analyzes performed were percentage of mass loss,  $\text{CO}_2$  monitoring inside the packaging, color, pH, titratable acidity, total chlorophyll, total carotenoids, total phenolic content and antioxidant capacity. The 100µm polyethylene zip lock packaging determined less  $\text{CO}_2$  accumulation, greater preservation of green color, greater stabilization in the degradation of carotenoids and less depletion of the antioxidant capacity of the watercress baby leaf. These results suggest that the 100µm polyethylene zip lock packaging provides better storage conditions, giving the upland cress baby leaf a shelf life of up to 12 days, ensuring a quality product for the consumer.

**Keywords:** *Barbarea verna*; Storage; Shelf life; Polyethylene; Bioactive compounds; Antioxidant capacity.

### **Resumen**

En el presente estudio se investigaron variaciones a lo largo del almacenamiento, en la calidad poscosecha de las hojas tiernas de berro de tierra envasadas en diferentes paquetes. El uso de envases PET PCR demostró no ser factible para el almacenamiento refrigerado de hoja de bebé, mientras que los envases zip lock de polietileno de 100 µm y polietileno de baja densidad sellado de 50 µm demostraron ser buenas opciones. A continuación, el experimento se llevó a cabo utilizando los paquetes zip lock de polietileno de 100 µm y polietileno de baja densidad sellado de 50 µm, bajo una temperatura de refrigeración promedio de  $6^{\circ}\text{C} \pm 1$  y una humedad relativa de  $87\% \pm 1,6$ . Las muestras se evaluaron en los tiempos 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12

días. Los análisis realizados fueron porcentaje de pérdida de masa, monitoreo de CO<sub>2</sub> dentro del empaque, color, pH, acidez titulable, clorofila total, carotenoides totales, contenido fenólico total y capacidad antioxidante. El empaque zip lock de polietileno de 100µm determinó menor acumulación de CO<sub>2</sub>, mayor preservación del color verde, mayor estabilización en la degradación de carotenoides y menor agotamiento de la capacidad antioxidante de la hoja bebé de berro. Estos resultados sugieren que el empaque zip lock de polietileno de 100 µm proporciona mejores condiciones de almacenamiento, dando a la hoja bebé de berro una vida útil de hasta 12 días, asegurando un producto de calidad para el consumidor.

**Palabras clave:** *Barbarea verna*; Almacenamiento; Vida útil; Polietileno; Compuestos bioactivos; Capacidad antioxidante.

## 1. Introdução

As mudanças no tamanho da família e na estrutura social, junto aos interesses dos consumidores por alimentos saudáveis e convenientes, são fatores que impulsionam os produtores e a indústria a desenvolverem tecnologias e manuseio pós-colheita que visam preservar a qualidade e prolongar vida útil das hortaliças prontas para consumo. Em busca por texturas e sabores mais suaves, as hortaliças “baby leaf” surgem como uma nova categoria de produtos vegetais prontos para consumo (Lee, Lee, 2012, Martínez-Sánchez et al., 2012, Oliveira et al., 2016, Choe, Yu & Wang, 2018).

“Baby leaf” são hortaliças colhidas em um estágio antecipado. Dependendo da espécie, possuem um ciclo de crescimento entre 20 a 40 dias. Apresentam uma aparência atraente devido à sua estrutura tridimensional e níveis mais baixos de dano oxidativo devido ao pequeno diâmetro do caule (Martínez-Sánchez et al., 2012, Di Gioia, Renna & Santamaria, 2017). Porém, vegetais folhosos possuem uma vida útil relativamente curta, em termos de parâmetros de qualidade, fazendo-se necessário o emprego de técnicas para prolongar seu armazenamento.

Após a colheita, as hortaliças utilizam suas próprias reservas para manutenção de sua atividade metabólica, o que cursa em uma degradação e provoca modificações em sua qualidade, podendo culminar com a degradação do produto. A embalagem de hortaliças, desde que feita de forma adequada, contribui para sua preservação pós-colheita, sendo seus benéficos efeitos associados à geração de uma micro atmosfera propícia à redução do metabolismo, em especial, da atividade respiratória. A modificação da atmosfera dentro da

embalagem se dá em função da respiração do produto, que leva ao consumo de oxigênio e liberação de dióxido de carbono, até um equilíbrio, dependente das propriedades e dimensões da embalagem, temperatura de armazenamento e quantidade e atividade respiratória do produto embalado. A redução da concentração de oxigênio e elevação da concentração de dióxido de carbono contribuem para redução da taxa respiratória até certos limites. Além desses limites, o tecido vegetal pode entrar em processo de fermentação e desenvolver injúrias fisiológicas (Boz et al., 2018).

A utilização de embalagens adequadas para produtos hortícolas, tem como objetivo preservar as características sensoriais e nutricionais, afim de estender a sua vida útil. A embalagem é responsável pela proteção e conservação do produto (Boz et al., 2018).

Estudos em relação ao armazenamento de hortaliças “baby leaf” evidenciam que a combinação de fatores como temperatura, embalagem e sanitização prolongam a vida e preservam a qualidade pós-colheita destes produtos (Fadda, et al., 2015, Mudau et al., 2018).

Fadda et al. (2015) avaliaram seis cultivares de “baby leaf” de alfaces (*Lactuca sativa* L.) com folhas verdes (Ortis 398, Summerbell e Babybell) e com folhas vermelhas (MS151, Copacabana e Excellent), que foram sanitizadas e posteriormente dispostas em sacos de polietileno não selados, armazenadas a 5°C. Os autores constataram que até 20 dias de armazenamento, todas as cultivares apresentaram atributos de qualidade aceitáveis, sendo que as cultivares vermelhas apresentaram melhores resultados, comparadas às cultivares verdes.

Mudau et al. (2018) verificaram que “baby leaf” de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) armazenado sob atmosfera controlada (5% O<sub>2</sub>; 15% CO<sub>2</sub>; balanço N<sub>2</sub>) a 4°C por 9 dias mantiveram um alto nível de atividade antioxidante e flavonoides.

Embora existam estudos sobre o armazenamento de hortaliças “baby leaf”, não há estudos publicados investigando a qualidade pós colheita e vida útil de “baby leaf” de agrião da terra (*Barbarea verna*). O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes embalagens sobre a qualidade de “baby leaf” de agrião da terra, ao longo do armazenamento refrigerado.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Cultivo dos vegetais, colheita e montagem do experimento**

As hortaliças foram cultivadas no período de março a abril de 2019 na Unidade de Hidroponia do Departamento de Ciência do Solo, localizada na Universidade Federal de Lavras, Brasil. Sementes não peletizadas de agrião da terra (*Barbarea verna*) foram semeadas

em substrato de espuma fenólica (resina fenol/formol, agente emulsificante, agente de expansão e catalisador ácido, furo de 9mm), cobertas com vermiculita, irrigadas com água, mantidas em casa de vegetação sob temperatura ambiente ( $27^{\circ}\text{C}\pm 7$ ) e luz ambiente. Após 16 dias, as mudas foram transferidas para sistema hidropônico, irrigadas com solução nutritiva contendo: 10mM N; 5,65mM  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 19,53mM  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0,82mM Mg; 1,50mM S; 0,18mM Fe; 0,01mM Zn; 0,02mM Mn; 0,002mM Cu; 0,01mM B; 0,002mM Mo; 7,32mM Ca. As hortaliças “baby leaf”, foram colhidas 30 dias após a semeadura.

As amostras foram colhidas ainda aderidas a espuma fenólica e em seguida transportadas a Planta Piloto de Processamento de Vegetais, localizada no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, onde foi removido a espuma junto com as raízes, com o auxílio de uma tesoura esterilizada e utilizando apenas as folhas e os pecíolos para posteriores análises. As hortaliças foram lavadas em água corrente e, posteriormente, mergulhadas em solução sanitizante de hipoclorito de sódio 100ppm, por um minuto, período após o qual foram dispostas em mesa de aço inoxidável, até completa drenagem da solução.

Um teste preliminar foi realizado para definir quais embalagens seriam utilizadas ao longo do armazenamento: embalagem A (embalagem zip lock de polietileno 100 $\mu\text{m}$ ), embalagem B (embalagem de polietileno de baixa densidade 50 $\mu\text{m}$  selada) e embalagem C (embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado – PET PCR, com tampa de encaixe do mesmo polímero). As amostras embaladas foram mantidas sob temperatura de refrigeração de  $6^{\circ}\text{C}\pm 1$  durante cinco dias e avaliadas de acordo com a perda de massa e aspecto visual. A embalagem C apresentou 2% de perda de massa e perda drástica da qualidade visual em apenas um dia de armazenamento, sendo descartada para a montagem do experimento.

Desta maneira, o experimento consistiu no armazenamento de “baby leaf” de agrião da terra utilizando as embalagens A (embalagem zip lock de polietileno 100 $\mu\text{m}$ ) e embalagem B (embalagem de polietileno de baixa densidade 50 $\mu\text{m}$  selada), sob a temperatura média de refrigeração de  $6^{\circ}\text{C}\pm 1$  e umidade relativa de  $87\%\pm 1,6$ . A avaliação das amostras foi realizada aos 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias de armazenamento.

## **2.2 Monitoramento da concentração de $\text{CO}_2$ dentro da embalagem**

As concentrações de dióxido de carbono foram monitoradas com o auxílio do analisador de gases PBI Dansensor Check Point, por meio de uma pequena agulha inserida no

headspace da embalagem. Para cada condição experimental, três pacotes diferentes foram testados. Os resultados foram expressos em % de CO<sub>2</sub>.

### **2.3 Perda de massa**

A massa das hortaliças foi avaliada em uma balança semi-analítica e os resultados foram expressos em porcentagem. A perda de massa foi determinada de acordo com a seguinte equação:  $PM = m1 - m2/m1 \times 100$ , onde PM = perda de massa; m1 = massa inicial das folhas e m2 = a massa obtida em cada intervalo de análise.

### **2.4 pH e acidez titulável**

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro TECNAL®, e a determinação da acidez titulável foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína, sendo os resultados expressos em mg ácido cítrico 100g-1 de amostra, de acordo com a AOAC (2012).

### **2.5 Coloração**

A cor foi medida em três diferentes pontos de cada hortaliça usando um colorímetro Konica Minolta CR-400. As medições foram obtidas nos parâmetros de espaço de cores CIELAB da Comissão Internacional de l'Éclairage: L \* (claridade, variando de 0 = preto a 100 = branco), o croma (C \*), que denota a intensidade da cor geral (cromaticidade) e o ângulo hue que determina a cor.

### **2.6 Clorofila total**

O teor total de clorofila foi determinado espectrofotometricamente de acordo com Paradiso et al. (2018). Folhas congeladas com nitrogênio líquido foram trituradas (0,5 g) e homogeneizadas com 15 mL acetona, posteriormente foram agitadas durante 20 minutos. A mistura foi filtrada em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15cm de diâmetro, Unifil®) e transferida para cubetas de vidro. A absorbância foi lida em um espectrofotômetro a 661.6 nm e 644.8 nm e a clorofila total foi calculada com a soma de clorofila a (chl<sub>a</sub>) e clorofila b (chl<sub>b</sub>) utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{chla (mg.L-1)} = 11,24A_{661.6} - 2.04 A_{644.8}$$

$$\text{chlb (mg.L-1)} = 20.13A_{644.8} - 4.19 A_{661.6}$$

Onde A é a absorbância do extrato em nm de acordo com o comprimento de onda.

## 2.7 Carotenoides totais

Os carotenoides totais foram quantificados utilizando método espectrofotométrico proposto por Rodriguez-Amaya (2001). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 444nm, 450nm e 470nm, que correspondem aos comprimentos de onda específicos dos carotenoides,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e licopeno, respectivamente. O teor de cada carotenoide foi calculado segundo a fórmula:

$$\mu\text{g.g-1} = (A \times V \times [10]^6) / (A_{1\text{cm}1\%} \times M \times 100)$$

Onde A é a absorbância da solução no comprimento de onda específico, V é o volume final da solução,  $A_{1\text{cm}1\%}$  é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico, no caso o éter de petróleo, e M é a massa da amostra tomada para a análise em g. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g.100g}^{-1}$  de amostra fresca.

## 2.8 Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

### 2.8.1 Obtenção dos extratos

Este procedimento foi adaptado de Rufino et al. (2010). Pesou-se 1g da amostra em um tubo de centrífuga, adicionou-se 10mL de metanol/água deionizada (50:50 v/v), homogeneizou-se e deixou-se em repouso por 20 minutos ao abrigo da luz, levando-se, posteriormente, os tubos ao banho ultrassom por 15 minutos, seguido de centrifugação a 10000 rpm por 10 minutos e filtragem em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15cm de diâmetro, Unifil®) transferindo-se o sobrenadante filtrado para um frasco escuro. Ao resíduo da primeira extração, adicionou-se 10mL de acetona/água deionizada (70:30 v/v), seguindo-se o mesmo procedimento adotado anteriormente, sendo que o sobrenadante filtrado obtido foi juntado ao primeiro, em frasco escuro e homogeneizado. O extrato obtido foi utilizado para posteriores análises.

### **2.8.2 Fenólicos totais**

O teor de fenólicos totais foi determinado utilizando o ensaio de Folin-Ciocalteu (Paradiso et al., 2018), com algumas alterações. Em resumo, em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato, 30 $\mu$ L do extrato foram misturados com 150 $\mu$ L do reagente Folin-Ciocalteu a 10% (v/v), após quatro minutos, foram adicionados mais 120 $\mu$ L de uma solução de carbonato de sódio a 4% (p/v). Essa mistura reacional foi incubada durante 2 h ao abrigo da luz, posteriormente o teor de fenólicos totais foi determinado a 720nm utilizando um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®). O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por cem gramas de amostra fresca.

### **2.8.3 Atividade antioxidante**

A atividade antioxidante foi fundamentada na captura do (ABTS<sup>+</sup>), por um antioxidante. Resumidamente, a solução (ABTS<sup>+</sup>) foi preparada fazendo reagir o sal de diamônio 2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) a uma concentração de 7mmol/L com persulfato de potássio 2,45 mmol/L à temperatura ambiente durante 16 h. A solução obtida foi então diluída com etanol até uma absorbância de 0,70 $\pm$ 0,05 a 734nm. Alíquotas de 3 $\mu$ L de padrões TROLOX (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) e extratos foram pipetadas em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. 297 $\mu$ L de solução radical foram adicionados em cada poço. Após 6 minutos do tempo de reação ao abrigo da luz, a absorbância foi medida a 734nm no mesmo leitor de microplacas citado anteriormente. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos como equivalentes  $\mu$ Mol de TROLOX por grama de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de TROLOX (Auzanneau et al., 2018).

A determinação da atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico se baseou na oxidação de  $\beta$  -caroteno (descoloração) induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico. Foi realizada segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2010), com modificações. As soluções foram preparadas misturando 270 $\mu$ L de solução de sistema de  $\beta$  -caroteno/ácido linoleico e 20 $\mu$ L de extrato em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. A mistura foi mantida em banho-maria a 40°C, em seguida foram realizadas as leituras a 470nm em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®),



após o intervalo de 2 horas. Os resultados foram expressos em porcentagem de inibição da oxidação.

O complexo fosfomolibdênio baseia-se na redução de Mo (VI) para Mo (V) pelo analito da amostra e subsequente formação de um complexo de fosfato verde Mo (V) a pH ácido. A capacidade antioxidante total foi determinada pelo método descrito por Prieto, Pineda & Aguilar (1999). Uma alíquota de 200µL dos extratos foram adicionados a um tubo de ensaio, junto com 800 µL de água deionizada e mais 3mL de solução reagente (ácido sulfúrico 1,8 M, fosfato de sódio monobásico 0,084M e molibdato de amônio 0,012M). Os tubos foram incubados em banho-maria a 95°C por 90 minutos. Após o resfriamento dos tubos de ensaio, a absorbância foi medida em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®), a 695nm. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em miligramas de ácido ascórbico por cem gramas de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de ácido ascórbico.

## **2.9 Análise estatística**

O trabalho consiste em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) 2x7, composto por duas embalagens, embalagem A (embalagem zip lock de polietileno 100µm), embalagem B (embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada) e 7 tempos de armazenamento (tempo 0, 2, 4, 6, 8, 10,12 dias). Cada tempo de armazenamento, foi composto por três repetições, cada repetição era formada por uma embalagem com 25g de hortaliças baby leaf. Os dados foram expressos como a média. Todos os cálculos dos dados das análises químicas foram baseados em peso fresco. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após a análise de variância, as médias quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a um nível de significância de 5%. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

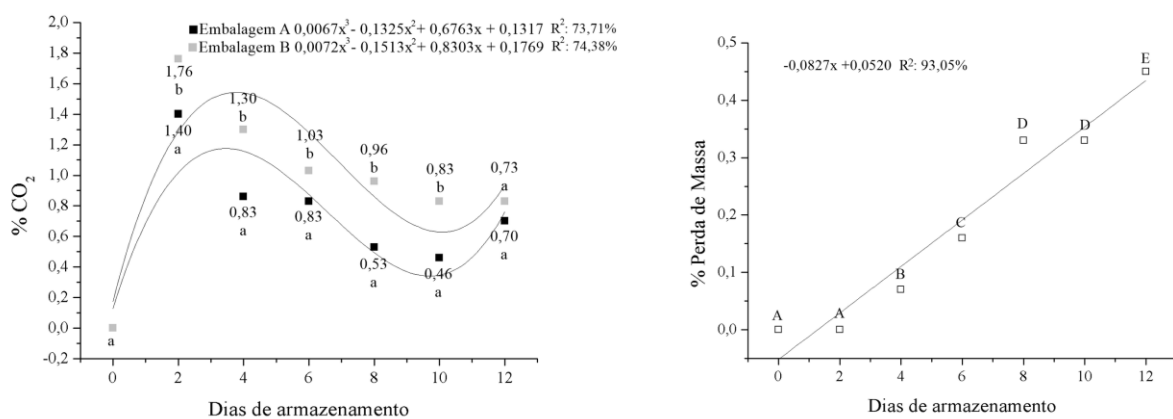
## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1 Monitoramento da concentração de CO<sub>2</sub> dentro da embalagem e perda de massa**

A concentração de CO<sub>2</sub> foi influenciada significativamente pela interação entre embalagem e tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Observou-se aumento na concentração de

CO<sub>2</sub> dentro das embalagens, nos dois primeiros dias de armazenamento, seguido de queda, sendo o acúmulo maior na embalagem B, em comparação à embalagem A (Figura 1). A perda de massa de “baby leaf” de agrião da terra foi afetada significativamente pelo tempo de armazenamento, embora não tenha se alterado distintamente, em função das embalagens utilizadas ( $p < 0,05$ ). As hortaliças armazenadas, independentemente do tipo de embalagem, apresentaram aumento linear da perda de massa, ao longo do armazenamento (Figura 1).

**Figura 1.** Valores médios de %CO<sub>2</sub> e % perda de massa para baby leaf de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias.



Letras diferentes significam uma diferença significativa em  $p < 0,05$  de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100 $\mu$ m; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50 $\mu$ m selada. Fonte: Autores (2019).

O CO<sub>2</sub> é um dos produtos finais da respiração e seu acúmulo, juntamente com a redução do O<sub>2</sub>, substrato respiratório, conspira para a diminuição do metabolismo, em especial, a atividade respiratória, que quanto menor, maior o potencial de conservação do vegetal. Uma taxa respiratória mais elevada pode resultar em uma perda mais acelerada de ácidos, açúcares e outros componentes que determinam a qualidade sensorial e o valor nutricional do produto (Martínez-Sanchés et al., 2012). A concentração máxima de dióxido de carbono tolerada pelas hortaliças da família Brassicaceae varia entre 10 a 15% (Kader, 2002), sendo assim, o dióxido de carbono acumulado nas embalagens, não é suficiente para causar danos fisiológicos em baby leaf de agrião da terra.

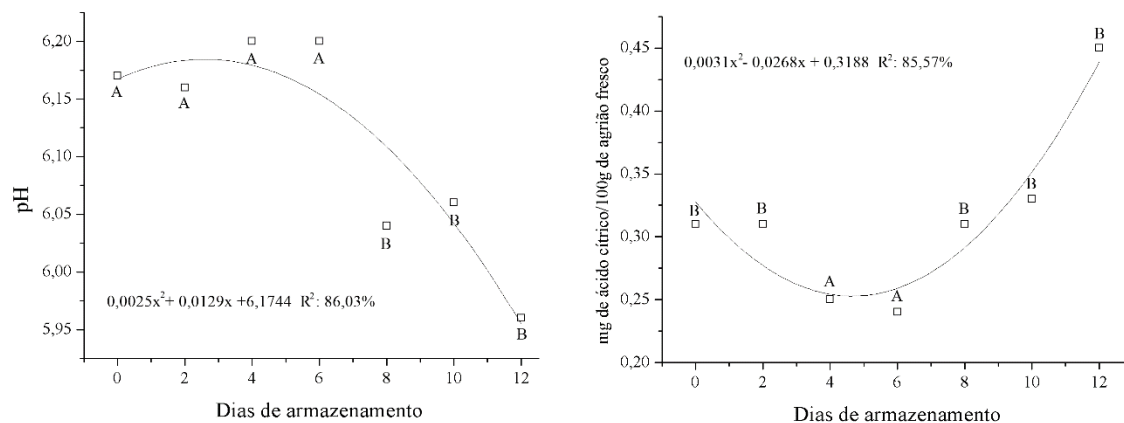
Entretanto, a perda de massa observada não interferiu na qualidade visual do produto. Porém, no teste preliminar realizado, as hortaliças armazenadas em embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado – PET PCR, com tampa de encaixe do mesmo polímero, as amostras apresentaram 2% de perda de massa e perda drástica da qualidade visual em apenas

um dia de armazenamento. A perda de massa durante o armazenamento ocorre em razão da atividade metabólica da planta, que culmina com a descarboxilação da matéria orgânica e perda de água, acarretando em alterações na aparência, textura, sabor e valor nutricional (Kader, 2002). Embora tenha sido observado efeito da embalagem sobre o acúmulo de CO<sub>2</sub>, este não interferiu na perda de massa, o que é uma consequência da atividade respiratória.

### 3.2 pH e acidez titulável

Os valores de pH e acidez titulável foram estatisticamente iguais em “baby leaf” de agrião da terra, independente da embalagem utilizada, embora tenha se notado uma diminuição do pH, após seis dias de armazenamento, acompanhado de um aumento da acidez titulável (Figura 2).

**Figura 2.** Valores médios de pH e acidez titulável para “baby leaf” de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias.



Letras diferentes significam uma diferença significativa em  $p < 0,05$  de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada. Fonte: Autores (2019).

A acidez titulável está relacionada à concentração de ácidos orgânicos livres presentes em um alimento e é normalmente utilizada como parâmetro de qualidade. Valores elevados de acidez titulável implicam em um sabor ácido mais intenso, que impacta negativamente na aceitação sensorial pelos consumidores (Xiao et al., 2012).

### 3.3 Coloração

As variáveis de coloração  $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$  não foram influenciadas diferentemente pelas embalagens, tampouco pelo tempo de armazenamento. Os valores médios de  $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$  foram 41,59; 30,87 e 104,15, respectivamente. Independente da embalagem, o “baby leaf” de agrião da terra apresentou uma coloração verde clara. O aspecto da cor em hortaliças folhosas é de extrema importância, pois o consumidor toma a decisão de comprar, ou não, apenas pela aparência do produto, associando a este um indicador de frescor sem considerar, normalmente, a textura, o valor nutricional e o sabor (Novo et al., 2011).

Apesar de não terem sido identificadas alterações nas variáveis de cor, no último tempo de armazenamento, visualmente pode-se observar o surgimento de pequenos pontos amarelados nas folhas armazenadas na embalagem B (Figura 3).

**Figura 3.** Folhas de baby leaf de agrião da terra referentes a embalagem A e embalagem B após 12 dias de armazenamento.



A: "Baby leaf" de agrião da terra após 12 dias de armazenamento, referente a embalagem A.  
B: "Baby leaf" de agrião da terra após 12 dias de armazenamento, referente a embalagem B.

Fonte: Autores (2019).

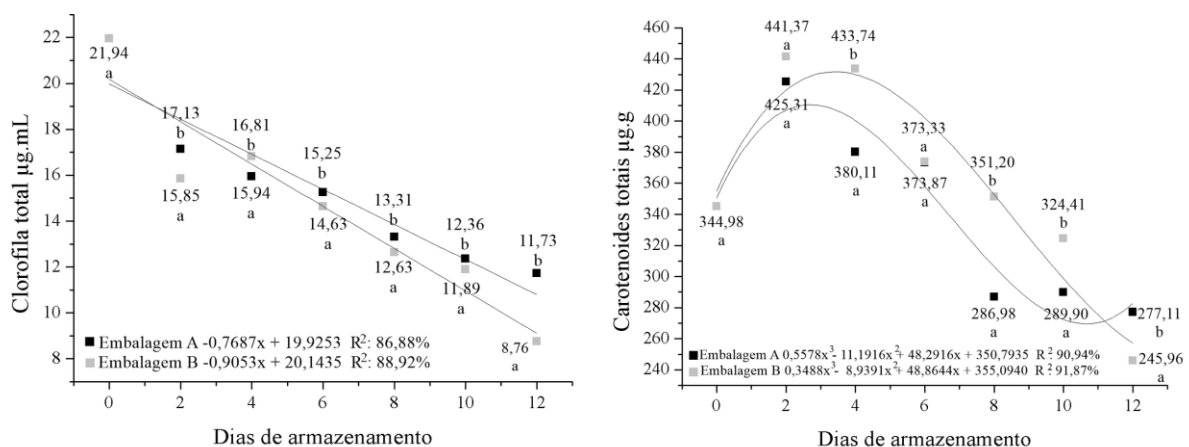
### 3.4 Clorofila e carotenoides totais

O teor de clorofila total foi influenciado significativamente pela interação entre embalagem e tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ), sendo que as hortaliças acondicionadas na

embalagem B apresentaram maior degradação do pigmento, ao longo de todo armazenamento (Figura 4), o que pode ser associado ao surgimento dos pontos amarelados no 12º dia de armazenamento.

A concentração de carotenoides totais foi estatisticamente afetada pela interação entre o tempo de armazenamento e tipo de embalagem ( $p < 0,05$ ). Observou-se aumento de carotenoides totais, nos primeiros dias de armazenamento, seguido de queda, a despeito da embalagem utilizada, embora os níveis de carotenoides tenham se estabilizado a partir do 8º dia de armazenamento no agrião da terra acondicionado na embalagem A, enquanto a queda continuou nas folhosas da embalagem B (Figura 4). A maior queda de clorofila observada no agrião da terra acondicionado na embalagem B, pode ter sido suficiente para o desmascaramento de carotenoides e consequente surgimento dos pontos amarelados.

**Figura 4.** Valores médios de clorofila total e carotenoides totais para “baby leaf” de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias.



Letras diferentes significam uma diferença significativa em  $p < 0,05$  de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada. Fonte: Autores (2019).

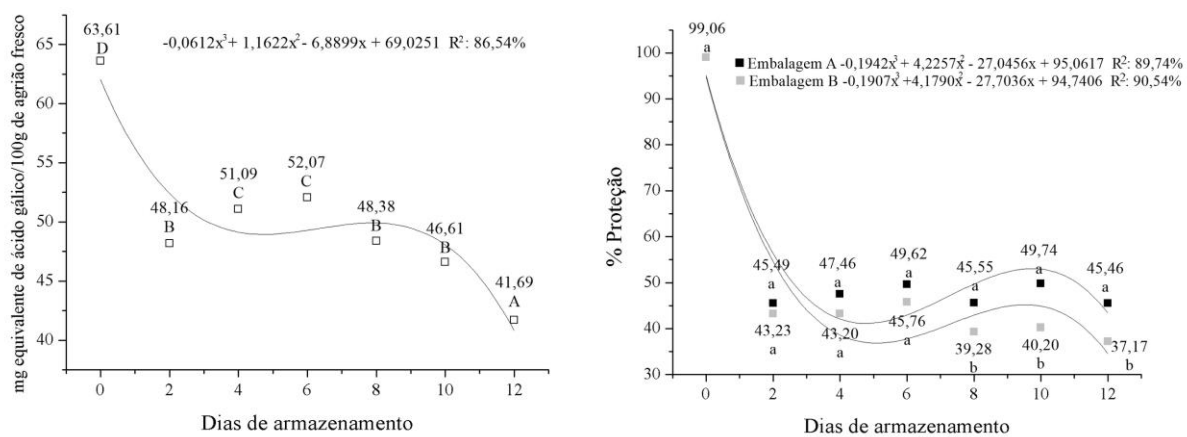
A redução no teor de clorofila está relacionada à degradação e/ou senescência celular, que é constantemente usada para estimar a perda de qualidade de vegetais verdes (Xiao et al., 2014).

Cefola & Pace (2015) também observaram uma degradação no teor de clorofila em hortaliças “baby leaf” de espinafre e rúcula, armazenadas em embalagens de polietileno, durante seis dias a 8°C. Com base nos resultados de clorofila e observação de pontos amarelos nas folhas Figuras (3 e 4), constata-se que a embalagem A foi mais efetiva que a B na conservação de “baby leaf” de agrião da terra.

### 3.5 Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

Diferenças estatísticas não foram observadas entre as embalagens testadas no presente estudo referente ao teor de fenólicos totais do “baby leaf” de agrião da terra ( $p < 0,05$ ). Nota-se, independente da embalagem utilizada, uma diminuição acentuada dos fenólicos totais nos dois primeiros dias de armazenamento, seguida de estabilização até o 10º dia e nova queda, até o 12º dia (Figura 5).

**Figura 5.** Valores médios de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, medida pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico para “baby leaf” de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias.



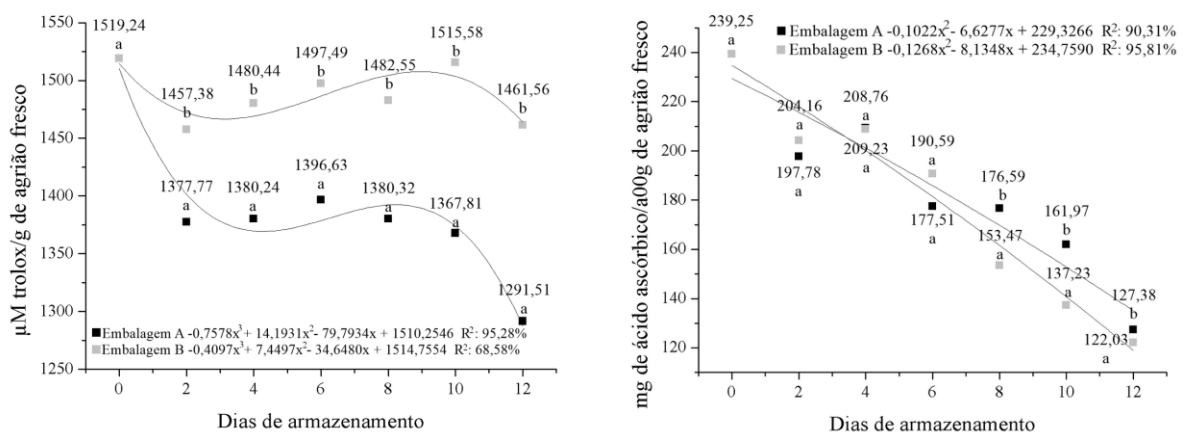
Letras diferentes significam uma diferença significativa em  $p < 0,05$  de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada. Fonte: Autores (2019).

Os resultados observados são concordantes com os de Cefola & Pace (2015), que trabalharam com “baby leaf” de espinafre e rúcula, armazenadas em embalagens de polietileno, durante seis dias a 8°C.

Martínez-Sánchez et al., (2012) relataram que “baby leaf” de alface vermelha, apresentou um teor semelhante de fenólicos totais ao longo dos 13 dias de armazenamento. Neste estudo, as hortaliças foram armazenadas em embalagens de polipropileno, mantidas no escuro por três dias a 4°C e depois transferidas para 7°C até o restante do armazenamento. Fadda et al., (2015) observaram uma diminuição dos compostos fenólicos em “baby leaf” de alfaces verdes, armazenadas em sacos de polietileno a 5°C. Os autores constataram que após 20 dias de armazenamento, houve uma diminuição de 47,45% e 57,96% no teor de compostos fenólicos totais, nas cultivares Summerbell e Babybell, respectivamente.

Amostras de “baby leaf” de agrião da terra apresentaram redução na capacidade antioxidante, medida por três diferentes metodologias, independente da embalagem utilizada (Figuras 5 e 6). Redução no % de proteção ( $\beta$ -caroteno/ácido linoleico), de 99% para 44,36%, foi observada nos 2 primeiros dias de armazenamento, seguida de oscilações, sendo que a atividade antioxidante foi maior nas hortaliças acondicionadas na embalagem A, a partir do 8º dia de armazenamento (Figura 5). Entretanto, pelo método ABTS, a atividade antioxidante das hortaliças acondicionadas na embalagem A foi menor que o das hortaliças acondicionadas na embalagem B, a partir do 2º dia de armazenamento (Figura 6), observando-se uma redução de 1519,24 para 1291,51  $\mu\text{M}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  agrião para embalagem A e de 1519,24 para 1461,56  $\mu\text{M}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  agrião, para embalagem B, ao longo dos 12 dias de armazenamento. Redução linear na atividade antioxidante medida pelo método do complexo fosfomolibdênio de 239,25 para 127,38 mg vitamina C  $100\text{g}^{-1}$  agrião e de 239,25 para 122,03 mg vitamina C  $100\text{g}^{-1}$  agrião nas embalagens A e B, respectivamente, foi notada ao longo de 12 dias, sendo que a embalagem A determinou maior contenção da queda, a partir do 8º dia de armazenamento (Figura 6).

**Figura 6.** Valores médios de atividade antioxidante, medida pelo método ABTS e método do complexo fosfomolibdênio, de “baby leaf” de agrião da terra armazenado em diferentes embalagens por 12 dias.



Letras diferentes significam uma diferença significativa em  $p < 0,05$  de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno  $100\mu\text{m}$ ; B: embalagem de polietileno de baixa densidade  $50\mu\text{m}$  selada. Fonte: Autores (2019).

Os resultados observados concordam como os de Fadda et al. (2015), que descreveram diminuição geral da atividade antioxidante de “baby leaf” de alface verde das cultivares Summerbell e Babybell, após 12 dias de armazenamento e também com os de Mudau; Araya;

Mudau (2018), que relataram uma diminuição na capacidade antioxidante de “baby leaf” de espinafre, armazenado a 4°C, após seis dias de armazenamento.

A redução da capacidade antioxidante pode ser associada à redução dos compostos fenólicos, potentes agentes antioxidantes utilizados na eliminação de radicais livres produzidos naturalmente durante o armazenamento, período no qual as hortaliças utilizam suas próprias reservas para manutenção de sua atividade metabólica, predominando as vias de degradação. Segundo Laorko, Tongchitpakdee & Youravong (2013) a diminuição dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante ao longo do armazenamento ocorre, provavelmente, pela oxidação seguida da reação de polimerização destes compostos.

Entretanto, a capacidade antioxidante não diz respeito apenas aos fenólicos, visto que outros compostos, como vitamina C e carotenoides, também possuem atividade antioxidante (Yahia; García-Solís & Celis, 2019). Ao longo do armazenamento foi observado uma diminuição no teor de carotenoides totais, o que pode também, ter contribuído para a diminuição da capacidade antioxidante das hortaliças armazenadas em ambas as embalagens.

#### **4. Considerações Finais**

O uso de embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado (PET PCR), com tampa de encaixe do mesmo polímero, não é viável para o armazenamento refrigerado de “baby leaf” de agrião da terra.

As hortaliças armazenadas nas embalagens zip lock de polietileno 100µm e polietileno de baixa densidade 50µm selada, apresentaram percentual de perda de massa semelhante, diminuição do pH, acompanhada de aumento da acidez titulável e uma queda no teor de fenólicos totais ao longo do armazenamento.

As hortaliças armazenadas na embalagem A (zip lock de polietileno 100µm), apresentaram menor acúmulo de CO<sub>2</sub>, maior preservação da cor verde, devido a uma menor degradação de clorofila, menor degradação de carotenoides e da capacidade antioxidante, quando comparada com as hortaliças armazenadas na embalagem B.

Para estudos futuros, sugere-se utilizar a hortaliça armazenada sem a remoção da espuma fenólica, mantendo as raízes, junto com as folhas e os pecíolos, para averiguar se sem o dano de mecânico de corte, a hortaliça terá maior durabilidade, testando também outras embalagens que serão capazes de armazenar a hortaliça junto com a espuma fenólica.



## Referências

AOAC (Association Of Official Analytical Chemistry). (2012). *Official methods of analysis*. (19a ed.), Gaithersburg.

Auzanneau, N., Weber, P., Kosińska-Cagnazzo, A., Andlauer, W (2018). Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: Comparison of seven cultivars over three harvesting years. *Journal of Food Composition and Analysis*, 66, 81-89.

Bergquist, S. A. M., Gertsson, E. U., Olsson, M. E. (2006). Influence growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal Science Food Agriculture*, 86, 346–355.

Boz, Z., Welt, B. A., Brecht, J. K., Pelletier, W., Mclamore, E. (2018). Review of Challenges and Advances in Modification of Food Package Headspace Gases. *Journal of Applied Packaging Research*, 10, (1), 62-97.

Cefola, M., Pace, B. (2015). Application of Oxalic Acid to Preserve the Overall Quality of Rocket and Baby Spinach Leaf during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, (6), 2523-2532.

Choe, U., Yu, L., Wang, T. T. Y. (2018). The Science Behind Microgreens As An Exciting New Food For The 21th Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 11519-11530.

Chitarra, M. I. F, Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA.

Di Gioia, F. Renna, M., Santamaria, P. (2017). Chapter 11- Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Estados Unidos: Springer, 411-428.

Fadda, A., Bernardo, P., Angioni, A., Barberis, A., Cefola, M. (2015). Suitability for ready-to-eat processing and preservation of six green and red baby leaf cultivars and evaluation of their

antioxidant value during storage and after the expiration date. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 550–558.

Ferreira, D. F. (2000). Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: Reunião Anual Da Região Brasileira Da Sociedade Internacional De Biometria. *Anais...São Carlos: UFSCar*. 235.

Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. Agriculture and Natural Resources: University of California.

Laorko, A, Tongchitpakdee, S., Youravong, W. (2013). Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration. *Journal of Food Engineering*, 116, 554-561.

Lee, J. S., Lee, Y. (2012). Effect of Packaging Methods on Postharvest Quality of Tah Tasai Chinese Cabbage (*Brassica campestris* var. *narinosa*) Baby Leaf Vegetable. *The Korean Society of Food Preservation*, 19, 1-6.

Martínez-Sánchez, A., Lunaa, M. C., Selmaa, M. V., Tudelaa, J. A., Abad, J, Gil, M. I. (2012). Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw material for fresh cut industry. *Postharvest Biology and Technology*, 63, 1-10.

Mudau, A. R., Araya, H. T., Mudua, F. N. (2018). The quality of baby spinach as affected by developmental stage as well as postharvest storage conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 1-10.

Novo, M. C. S., Prela-Pantano, A., Deuber, R., Torres, R. B., Trani, P. E., Bron, I. U. (2011). Caracterização morfológica e da coloração de folhas de couve do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Campinas. Recuperado de <[http://www.infobibos.com/Artigos/2011\\_1/couve/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2011_1/couve/index.htm)>.

Oliveira, A, Castro, P. M., Amaro, A. L, Sain, J., Pintado, M. (2016). Optimization of Temperature, Relative Humidity and Storage Time before and after Packaging of Baby

Spinach Leaf Using Response Surface Methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 2070–2079.

Paradiso, V. M., et al (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food & Function*, 8, 5629–5640.

Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M (1999). Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E1. *Analytical Biochemistry*, Bethesda, 269, 337–341.

Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington: Internacional Life Sciences Institute Press, 64-65.

Rufino, M. S. M., et al (2010). Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 no-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996-1002.

Solovchenko, A., Yahia, E. M., Chen, C. (2019). Chapter 11 - Pigments. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, Woodhead Publishing:Reino Unido, 252 – 252.

Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., Wang, Q (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal Agriculture Food Chemical*, 60, 7644–7651.

Xiao, Z., Luo, Y., Lester, G. E., Kou, L., Yang, T., Wang, Q. (2014). Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 55 (2), 551-558.

Yahia, E. M., García-Solís, P., Celis, M. E. M. (2019). Chapter 2 - Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, Woodhead Publishing:Reino Unido, 19-45.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Ana Beatriz Silva Araújo – 50%

Elisângela Elena Nunes Carvalho – 25%

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – 25%