

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Tese

Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala', *in natura*: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio e três diferentes coberturas comestíveis

Maurício Seifert

Pelotas, 2017

MAURICIO SEIFERT

**Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala', *in natura*:
na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto minimamente
processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio e três
diferentes coberturas comestíveis**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial a fim da obtenção do título doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de Orientação: Prof. PhD. Leonardo Nora

Dr. Rufino Fernando Flores Cantillano

Pelotas, 2017

Mauricio Seifert

Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala', *in natura*: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio e três diferentes coberturas comestíveis

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial a fim da obtenção do título doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Data da defesa: 29 de novembro de 2017

Banca examinadora:

Prof. PhD. Leonardo Nora (UFPel - PPGCTA) – **(Orientador)**

Doutor em Biologia Molecular de Plantas - University of East Anglia - Inglaterra

Pesq. Dr. Rufino Fernando Flores Cantillano (Embrapa - CFACT) **(Coorientador)**

Doutor em Tecnologia de Alimentos pela Univesidade Politécnica de Valencia - Espanha

Prof.^a, Dra. Elessandra da Rosa Zavareze (UFPel - PPGCTA)

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Prof. Dr. Fabrício da Fonseca Barbosa (CCQFA- UFPel)

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Dr. Gabriel Ollé Dalmazo

Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas - PPGCTA

“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo”.

Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força em todos os momentos;

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial e ao núcleo de alimentos (EMBRAPA Clima Temperado), por possibilitar a realização deste trabalho;

À CAPES pela bolsa concedida;

Ao Dr. Rufino Flores Cantillano e ao Prof. Leonardo Nora, pela valiosa orientação, pela amizade, pelos conhecimentos passados;

Aos colegas e amigos do departamento de Ciências e Tecnologia Agroindustrial, pelo apoio e acima de tudo amizade;

Aos amigos e colegas do núcleo de alimentos (EMBRAPA Clima temperado), pela ajuda, momentos de confraternização, conversas aleatórias. Agradecimento especial ao colega e amigo Jardel Ribeiro pela amizade e apoio na realização do trabalho;

Aos meus pais Vanderlei e Rosane, pelo amor, força, compreensão e pela base sólida que só a família pode proporcionar;

Um agradecimento em especial para minha querida e amada Júlia B. Fioravante pela força, apoio, amizade, carinho e compreensão, muito obrigado amor;

Aqui fica o meu sincero agradecimento à todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Muito obrigado!

Resumo

SEIFERT, Maurício. Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala', *in natura*: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio e três diferentes coberturas comestíveis. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A maçã, após sofrer dano mecânico, inclusive após o corte no processamento mínimo, sofre rápida degradação das características físico-químicas e sensoriais, podendo tornar-se inapropriada para o consumo. Neste trabalho estudou-se o efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã *in natura*; combinado com o efeito de aplicação de antioxidante e de coberturas comestíveis, imediatamente após o corte para obtenção de fatias em forma de gomo, com epiderme. Maçã cv. 'Gala', proveniente de Vacaria, RS, colhida no ano de 2015, selecionada, higienizada, sanitizada, tratada com 1-MCP, e refrigerada ($1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $90\% \pm 5\%$ de UR), conforme procedimento padrão da Empresa RASIP, foi transportada até o laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, e armazenadas *in natura*, sob refrigeração, por 60 d, 120 d e 180 d. Ao final do armazenamento a maçã foi novamente sanitizada, cortada longitudinalmente em oito fatias, imersa por 1 min em solução de cloreto de cálcio (1,0 % m/v), com ou sem o antioxidante eritorbato de sódio (5,0 % m/v), drenada, e imediatamente imersa por 1 min em solução de fécula de mandioca (3,0 %, m/v), alginato de sódio (2,0 %, m/v) ou quitosana (1,5 %, m/v), para formação da cobertura comestível, e finalmente secagem com ar forçado (4,3 m/s, a $16\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $65\% \pm 5\%$, por 20 min). A unidade experimental consistiu em oito fatias de maçã colocadas em uma bandeja de polietileno, seladas com camada única de filme de PVC, com espessura de 9 μm , e armazenadas por 0 d, 3 d, 6 d e 9 d, a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $90\% \pm 5\%$ de UR. Após cada período de armazenamento foram avaliadas variáveis físico-químicas e sensoriais, e também atividade enzimática. Empregou-se o teste F ($p \leq 0,05$) na análise de variância, o teste DMS (Diferença Mínima Significativa) ($p \leq 0,05$) na comparação de médias de tratamento e análise fatorial de correlação entre variáveis. Na fruta *in natura* observou-se aumento na variável *ratio* (sólidos solúveis totais / acidez total titulável) ao longo do armazenamento. O efeito do tempo de armazenamento da maçã *in natura* foi significativo em algumas variáveis físico-químicas, mas sem repercussão na análise sensorial. A aplicação de eritorbato de sódio, combinada com aplicação de

fécula de mandioca, proporcionou os melhores resultados, tanto na avaliação sensorial quanto nas características físico-químicas, inclusive no retardamento de escurecimento de polpa.

Palavras-Chave: Escurecimento enzimático, Pós-colheita, Quitosana, Fécula de mandioca, Alginato de sódio, Vida útil

Abstract

SEIFERT, Maurício. Effect of refrigerated storage time of apple cv. 'Gala', *in natura*; in the sensory, physicochemical and biochemical quality of the sliced product, with epidermis, treated with sodium erythorbate and three different edible toppings. Postgraduate Program in Food Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The apple, following mechanical damage, such as cutting for the production of the minimally processed fruit, undergoes rapid degradation of the physicochemical and sensorial characteristics, and may become inappropriate for consumption. In this work, the effect of refrigerated storage time of fresh apple; combined with the effect of applying antioxidant and edible toppings, immediately after cutting the fruit into eight slices with wedge shape, was studied. Apple cv. 'Gala', from Vacaria, RS, harvested in the year of 2015, selected, sanitized, treated with MCP, and refrigerated (temperature of $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of $90\% \pm 5\%$), according to standard procedures used by RASIP Company, was transported to the Postharvest Physiology Laboratory of Embrapa Clima Temperado, in Pelotas, RS, and stored *in natura*, under refrigeration, for 60 d, 120 d and 180 d. At the end of each period of storage, the apple was re-sanitized, cut longitudinally into eight slices of same size and with wedge shape, immersed for 1 min in calcium chloride solution (1.0% w/v), with or without the antioxidant sodium erythorbate (5.0% w/v), drained, and immediately immersed for 1 min in cassava starch solution (3.0%, w/v), sodium alginate (2.0%, w/v) or chitosan (1.5% w/v), to form the edible cover, and finally dried with forced air (4.3 m/s at $16\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $65\% \pm 5\%$ RH, for 20 min). The experimental unit consisted of eight slices of apple placed in a polyethylene tray, sealed with a single layer of PVC film, 9 μm thick, and stored for 0 d, 3 d, 6 d at $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $90\% \pm 5\%$ RH. After each storage period, physicochemical and sensory variables were evaluated, as well as enzymatic activity. The F test ($p \leq 0.05$) was used in the analysis of variance, the DMS test ($p \leq 0.05$) in the comparison of means of treatment and factorial correlation analysis between variables. In the *in natura fruit* it was observed an increase in the variable ratio (soluble solids / acidity) throughout the storage. The effect of the storage time of the apple *in natura* was significant in some physical-chemical variables, but without repercussion in the sensorial analysis. The application of sodium erythorbate, combined with the application of cassava topping, provided the best results, both in

the sensorial evaluation and in the physicochemical characteristics, including the delay of darkening of pulp.

Keywords: Enzymatic browning, Post-harvest, Chitosan, Cassava starch, Sodium alginate, Shelf life

Lista de Figuras

Figura 1: Produção de maçã no Brasil.	29
Figura 2: Estados com maior produção de maçã no Brasil em 2016 (RS – Rio Grande do Sul, SC – Santa Catarina e PR – Paraná).	30
Figura 3: Principais cultivares de maçãs produzidas no estado do Rio Grande do Sul em 2015.	31
Figura 4: Mecanismo geral de reação das polifenoloxidasas.	34
Figura 5: Fluxograma ilustrado: (A) - maçãs em caixa de transporte; (B) sanitização; (C) - corte em fatia; (D) -retirada das sementes; (E) - aplicação do antioxidante; (F) - drenagem; (G) - aplicação das coberturas comestíveis; (H) - drenagem; (I) - secagem com ar forçado; (J) - fechamento com filme PVC; (L) - produto acabado antes do armazenamento; (M) – produto após armazenamento pronto pra ser analisado.	48
Figura 6: Fluxograma do processo em que as maçãs da cv. ‘Gala’ foram submetidas para realização do presente estudo.	49
Figura 7: Valores de pH em maçã minimamente processadas da cv. ‘Gala’ com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	58
Figura 8: Avaliação do pH em maçãs MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de vida útil dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	59
Figura 9: Avaliação de sólidos solúveis totais (SST) - °Brix - em maçã minimamente processadas da cv. ‘Gala’ com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	61
Figura 10: Avaliação de sólidos solúveis totais (SST - °Brix) em maçãs MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias,	

120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP de armazenamento dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	62
Figura 11: Avaliação da acidez total titulável (ATT) - % de ácido málico.100 g ⁻¹ em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	64
Figura 12: Avaliação da Acidez total titulável (ATT) - % de ácido málico.100 g ⁻¹ em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; ; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	65
Figura 13: Determinação da relação entre SST/ATT (ratio) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 180 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	67
Figura 14: Determinação da Relação entre SST/ATT (<i>ratio</i>), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C 6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	68
Figura 15: Determinação de açúcares redutores (g.100g ⁻¹ de fruta fresca), em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A) , 180 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	69

Figura 16: Determinação de açúcares redutores ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.....	70
Figura 17: Determinação de açúcares não-redutores ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	71
Figura 18: Determinação de açúcares não-redutores ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	72
Figura 19: Determinação de açúcares totais ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca), em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	74
Figura 20: Determinação de açúcares totais ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias ; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.....	75
Figura 21: Determinação da firmeza da polpa (N) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$	

± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	77
Figura 22: Determinação da firmeza (N), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016.	78
Figura 23: Quantificação da perda de massa (%) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	80
Figura 24: Avaliação de cor L* (Luminosidade) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	82
Figura 25: Avaliação da cor - L* - Luminosidade (exterior da fatia), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.....	83
Figura 26: Avaliação da cor – ângulo HUE (h°) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	85
Figura 27: Avaliação da cor – ângulo HUE (h°) da superfície (exterior da fatia) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in</i>	

natura (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 86

Figura 28: Avaliação da cor - Intensidade da cor (C*-Croma) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processada cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016. 88

Figura 29: Avaliação da cor - Intensidade da cor (C*-Croma) da superfície (exterior da fatia), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 89

Figura 30: Avaliação da cor - Índice de escurecimento (IE*) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 91

Figura 31: Avaliação da cor - Índice de escurecimento (IE*) da superfície (exterior da fatia), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 93

Figura 32: Ação dos agentes coadjuvantes (T1-A+F; T2-A+A; T3-A+Q; T4-ES+F; T5-ES+A e T6-ES+Q) sobre a inibição do escurecimento em maçã da cv. 'Gala' minimamente processadas com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, ficando armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 94

Figura 33: Ação dos agentes coadjuvantes (T1–A+F; T2-A+A; T3-A+Q; T4 ES+F; T5-ES+A e T6–ES+Q) sobre a inibição do escurecimento em maçã da cv. ‘Gala’ minimamente processadas com 120 dias de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, ficando armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	95
Figura 34: Ação dos agentes coadjuvantes (T1–A+F; T2-A+A; T3-A+Q; T4-ES+F; T5-ES+A e T6–ES+Q) sobre a inibição do escurecimento em maçãs da cv. ‘Gala’ minimamente processadas com 180 dias de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, ficando armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	96
Figura 35: Taxa respiratória (porcentagem de O_2) em maçã minimamente processada da cv. ‘Gala’ com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	98
Figura 36: Taxa respiratória (porcentagem de O_2), em maçã MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.....	99
Figura 37: Taxa respiratória (porcentagem de CO_2) em maçã minimamente processada da cv. ‘Gala’ com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta <i>in natura</i> em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.	101
Figura 38: Taxa respiratória (porcentagem de CO_2), em maçã MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã <i>in natura</i> (60 dias, 120 dias	

e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017..... 102

Figura 39: Quantificação de compostos fenólicos totais (mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 105

Figura 40: Quantificação de compostos fenólicos totais (mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017..... 106

Figura 41: Quantificação da atividade antioxidante (AA) expresso em mg equivalente trolox.100 g⁻¹ de fruta fresca, em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016..... 108

Figura 42: Quantificação da atividade antioxidante (AA) expresso em mg equivalente trolox.100g⁻¹ de fruta fresca, em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 109

Figura 43: Quantificação da atividade da enzima polifenoloxidase (expressa em U.µg⁻¹ de proteína) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d,

6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 112

Figura 44: Quantificação da atividade da enzima polifenoloxidase (expressa em $U.\mu g^{-1}$ de proteína) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017..... 113

Figura 45: Quantificação da atividade da enzima peroxidase (expressa em $U.\mu g^{-1}$ de proteína) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destes frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 115

Figura 46: Quantificação da atividade da enzima peroxidase (expressa em $U.\mu g^{-1}$ de proteína) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 116

Figura 47: Avaliação sensorial em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ da fruta *in natura*, após, processamento mínimo e adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F; A+A; A+Q; ES+F; ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 118

Figura 48: Avaliação sensorial em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ da fruta *in natura*, após, processamento mínimo e adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F; A+A; A+Q; ES+F; ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 d, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 120

Figura 49: Avaliação sensorial em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ da fruta *in natura*, após, processamento mínimo e adição de diferentes agentes coadjuvantes

(A+F; A+A; A+Q; ES+F; ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 d, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 122

Figura 50: Representação gráfica dos períodos de teste de prateleira em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% - 95\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento e açúcares após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 125

Figura 51: Representação gráfica dos tratamentos, em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 95\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento e luminosidade após a rotação ortogonal Varimax.. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 126

Figura 52: Representação gráfica dos períodos de teste de prateleira em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento/cor e firmeza/crocância após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 128

Figura 53: Representação gráfica dos tratamentos, em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento e relação açúcar/acidez após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 129

Figura 54: Representação gráfica dos períodos de teste de prateleira em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1

°C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais qualidade e escurecimento/cor após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 131

Figura 55: Representação gráfica dos tratamentos em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e UR de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais qualidade e relação açúcar/acidez após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. 132

Lista de Tabela

Tabela 1: Variância de cada fator e variância acumulada dos seis fatores principais, em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 123

Tabela 2: Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade, em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 124

Tabela 3: Variância de cada fator e variância acumulada dos seis fatores principais, em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 127

Tabela 4: Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade, em maçã da cv. 'Gala' com quatro Meses de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 127

Tabela 5: Variância de cada fator e variância acumulada dos seis fatores principais, em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e

armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 130

Tabela 6: Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade, em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

..... 130

Lista de abreviaturas

µg - micrograma;	g - Gramas;
µL - microlitro;	h - Horas;
A - Alginato de sódio;	h° - Tonalidade da cor;
AA - Atividade antioxidante;	IE* - Índice de escurecimento;
AR - armazenamento refrigerado;	m/s - metros por segundo;
ATT - Acidez total titulável;	m/v - Massa/volume;
C* - intensidade da cor;	mg – miligrama;
CFT -Compostos fenólicos totais;	MP - Minimamente processado;
CO₂ - Gás carbônico;	O₂ - Gás oxigênio;
d - Dias;	PFO - Enzima polifenoloxidase;
DMS - Diferenças mínimas significativas;	pH - Potencial hidrogeniônico;
DPPH - 2,2-difenil-picril-hidrazil;	PMP - Produtos minimamente processados;
ES - Eritorbato de sódio;	PO - Enzima peroxidase;
F - Fécula de mandioca;	Q - Quitosana;
FP - Firmeza da polpa;	SST - sólidos solúveis totais;
T - Tratamentos;	TVU - teste de vida útil;
UR – Umidade relativa;	N - Newtons
mL - Mililitro	

Sumario

1. Introdução e justificativa.....	26
1.1 Problema	28
1.2 Hipóteses	28
1.3 Objetivos	28
1.3.1 Objetivo geral.....	28
1.3.2 Objetivos específicos	28
2. Revisão bibliográfica	29
2.1 Maçã	29
2.2 Produtos minimamente processados.....	31
2.3 Escurecimento enzimático	32
2.4 Agentes antioxidantes	34
2.5 Revestimentos comestíveis	35
2.5.1 Quitosana.....	36
2.5.2 Alginato de sódio.....	37
2.5.3 Fécula de mandioca	37
2.6 Armazenamento sob refrigeração.....	38
2.7 Características físico-químicas	39
2.7.1 Cor	39
2.7.2 Firmeza da polpa (FP).....	40
2.7.3 Sólidos solúveis totais (SST).....	41
2.7.4 Potencial hidrogeniônico (pH)	41
2.7.5 Acidez total titulável (ATT)	42
2.7.6 Açúcares redutores, açúcares não-redutores e açúcares totais	42
2.7.7 Compostos fenólicos totais (CFT)	43
2.7.8 Polifenoloxidase (PFO)	43
2.7.9 Peroxidase (PO).....	44

2.7.10 Características sensoriais	45
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1 Obtenção das amostras.....	46
3.2 Preparo das amostras	46
3.3 preparo das coberturas comestíveis.....	47
3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	50
3.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	50
3.4.2 Sólidos solúveis totais (SST).....	50
3.4.3 Acidez total titulável (ATT)	50
3.4.4. Açúcares redutores e não redutores	50
3.4.4.1 Teste de DNS: procedimento de determinação de açúcares redutores..	51
3.4.5 Firmeza da polpa	51
3.4.6 Perda de massa	51
3.4.7 Avaliação da cor.....	51
3.4.8 Taxa respiratória	52
3.4.9 Compostos fenólicos totais (CFT)	52
3.4.10 Atividade antioxidante (AA)	53
3.4.11 Atividade enzimática	53
3.4.11.1 Polifenoloxidase (PFO)	53
3.4.11.2 Peroxidase (PO).....	53
3.4.11.3 Proteína	54
3.4.12 Análise sensorial	54
3.4.13 Análise estatística	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1 Características físico-químicas	57
4.2 Avaliação da cor	80
4.3 Taxa respiratória.....	96

.....	102
4.4 Compostos bioativos	102
4.5 Atividade enzimática.....	109
4.6 Análise sensorial	116
4.7 Análise fatorial.....	123
5 CONCLUSÃO	133
7 REFERENCIAS	134
Apendice A	148
Apêndice B	149
Apendice C	150

1. Introdução e justificativa

A procura por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao produto *in natura* (SILVA et al., 2013; OMS-LIU et al., 2008). Devido a essa demanda crescente, aumenta a perspectiva para a expansão de produtos minimamente processados (PMP) como alternativa para produzir produtos alimentícios atrativos e prontos para o consumo (SILVA et al., 2011).

Na cadeia produtiva da maçã, as frutas que não se enquadram nas categorias superiores (tamanho, cor, aparência), mesmo tendo as mesmas características nutricionais são as que têm menor valor agregado para a venda *in natura* e maior o tempo de armazenamento devido à dificuldade de comercialização. Uma alternativa para minimizar esses problemas, é a venda da maçã minimamente processada (MP), pois agrega valor ao produto. Segundo Teixeira et al. (2001), os consumidores destes produtos MP são supermercados, hotéis, restaurantes, "fast-foods" e aquelas pessoas que desejam praticidade e dispõem de pouco tempo para preparar seus alimentos. Além disso, o processamento desses produtos nas regiões produtoras tem contribuído para a diversificação das indústrias regionais, reduzindo as perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, facilitando o transporte e eliminando problemas de ordem fitossanitária (SILVA et al., 2011). Os PMP podem representar uma forma de aproveitar excedentes de produção, agregar valor ao produto e ainda propiciar a conveniência durante consumo (VILAS-BOAS et al., 2006).

O preparo destes produtos tem por característica uma série de etapas, dentre elas, as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outros (MORETTI, 1999; CENCI, 2011). No entanto, essas etapas podem diminuir a sua vida-útil (PERERA et al., 2010), além de provocar o escurecimento enzimático. Sendo assim, o controle destas reações é de grande importância para a indústria hortícola, já que ocorrem em muitos vegetais e frutas, podendo afetar negativamente os atributos de cor, gosto, sabor e valor nutricional (HOLDERBAUM, et al., 2010; IOANNOU; GHOU, 2013).

Em trabalhos realizados com maçãs, Dogan e Dogan, (2004) observaram que, as alterações na cor da polpa ocorrem devido à grande quantidade de compostos fenólicos presentes nestes frutas, pois as injúrias como o corte e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante o processamento mínimo (PM), permitem a

penetração de oxigênio, resultando em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos, onde as quinonas são polimerizadas com outras quinonas ou os próprios compostos fenólicos, originando pigmentos castanhos (MURATA et al 1995). Normalmente os substratos fenólicos envolvidos na reação de escurecimento, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da enzima polifenoloxidase em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente) e, por isso, o escurecimento não ocorre (VAUGHN; DUKE, 1984; WHITAKER; VORAGEN; WONG, 2003).

No entanto, os MP têm uma vida-útil relativamente curta se comparado com o produto *in natura*, devido aos danos na integridade dos tecidos, o que ocasiona aumento do seu metabolismo. Esses danos nos tecidos e o aumento do metabolismo desencadeiam o escurecimento enzimático, perda de textura, perda d'água, produção de sabores e odores indesejáveis (MARSELLÉS-FONTANET; MART'IN-BELLOSO et al., 2007; PERERA et al., 2010) e maior suscetibilidade ao crescimento de microrganismos (SCHLIMME, 1995).

Existem estratégias para a inibição da atividade enzimática da PFO e da enzima peroxidase (PO), sem a adição de agentes químicos, mas estes não são suficientemente (KUMAR et al., 2012). Por isso, se faz necessário o tratamento dos PMP por imersão em agentes coadjuvantes (antioxidantes) após o corte. Essa é a maneira mais comum e eficiente para controlar os fenômenos de escurecimento sem a perda das características físico-químicas, nutritivas, sensoriais e microbiológicas. Em respeito aos anseios do consumidor, a produção e o consumo de maçãs MP deverá continuar a crescer, à medida que mais consumidores exigem alimentos frescos, nutritivos e convenientes para o consumo. No entanto, a indústria ainda enfrenta dois desafios importantes para a manutenção da qualidade e segurança dos PMP, são eles: controle de microrganismos e escurecimento enzimático.

Assim, métodos mais eficazes devem ser desenvolvidos para controlar simultaneamente o escurecimento enzimático e o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos em maçãs MP (LUO et al., 2011).

Deste modo, o presente estudo visa avaliar as características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de maçãs cv. 'Gala' minimamente processadas sob a aplicação de diferentes agentes coadjuvantes. Além disso, esse trabalho vem contribuir com o setor da pomicultura, com vista na agregação de valor na cadeia da maçã e a diversificação de produtos derivados, além de proporcionar ao consumidor

produtos convenientes ao consumo, com vida útil prolongada e semelhantes à fruta *in natura*.

1.1 Problema

A suscetibilidade da maçã ao comprometimento da cor da polpa representa o principal obstáculo na obtenção de produto minimamente processado.

1.2 Hipóteses

- O tempo de armazenamento refrigerado da maçã *in natura* influencia o escurecimento da polpa da maçã em fatias, bem como suas características físico-químicas e sensoriais na obtenção de produto minimamente processado.
- Aplicação de antioxidante (eritorbato de sódio), ainda que em reduzidas concentrações, sobre a superfície da maçã em fatias, reduz seu escurecimento.
- Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis (fécula de mandioca, quitosana e alginato de sódio) sobre a superfície da maçã em fatias, influência de forma distinta suas características físico-químicas e sensoriais;

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Elaborar maçãs minimamente processada a partir de maçãs armazenadas por um período de até 180 dias, avaliando teste de vida útil do minimamente processado tratado com eritorbato de sódio e recoberto com solução filmogênica de fécula de mandioca, alginato de sódio e quitosana por até 9 dias.

1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a interferência do tempo de armazenamento da fruta *in natura* na qualidade dos minimamente processados;
- Avaliar a qualidade físico-química das maçãs MP acrescidas de coberturas comestíveis e produto antioxidante;
- Avaliar o tempo de vida útil dos minimamente processados;
- Avaliar os teores de compostos bioativos na fruta minimamente processada;
- Avaliar a qualidade sensorial dos produtos minimamente processados;

2. Revisão bibliográfica

2.1 Maçã

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) pertence à família *Rosaceae*, uma das maiores e mais conhecidas famílias das dicotiledôneas pela importância econômica de muitas de suas espécies que produzem frutas de clima temperado (JOLY, 1993). Segundo Dobrzański et al. (2006) existem mais de 7500 cultivares de maçã no mundo. Além disso, é uma das frutas climatéricas mais consumidas no mundo (WU et al., 2007; CASTRO-GIRÁLDEZ et al., 2010).

A sua importância econômica no cenário mundial ocorre devido aos grandes volumes de frutas produzidos e comercializados, sendo a terceira fruta mais produzida no mundo (FAOSTAT, 2015). O grande consumo de maçãs está relacionado à excelente qualidade gustativa e visual das frutas (FRANCESCATTO, 2014) e a alta capacidade de conservação em câmaras de armazenamento com atmosfera controlada, que permite estender o período de oferta da fruta durante todo o ano (NOGUEIRA; WOSIACKI, 2012).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016) a área plantada de maçãs no Brasil em 2016 foi de 34.399 hectares com um rendimento médio de 30.952 (kg/ha), os dados de produção dos últimos 6 anos são apresentados na Figura 1.

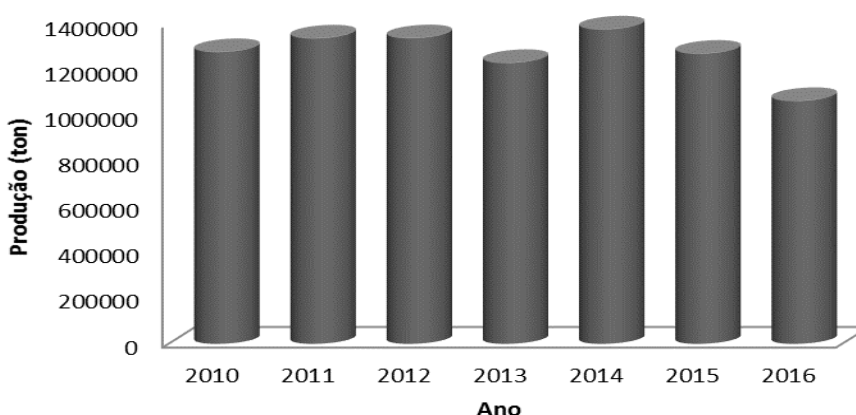


Figura 1: Produção de maçã no Brasil.

Fonte: IBGE, 2016

O cultivo da macieira no país se concentra na Região Sul do Brasil (PETRI et al., 2011), sendo esta responsável por 98,0 % da produção nacional. Santa Catarina é o maior produtor de maçãs, com aproximadamente 48,0 % da área plantada e uma

produção total estimada em 613.828 toneladas (IBGE, 2016). Segundo Bittencourt et al. (2011), desde o início da década, o estado de Santa Catarina despontou como o maior produtor de maçãs, aumentando significativamente sua participação na produção nacional, impulsionada pelo constante crescimento do número de produtores e da área cultivada.

O Rio Grande do Sul (RS) é o segundo maior produtor, com aproximadamente 45,0 % do total da área plantada e uma produtividade média de aproximadamente 31,136 (kg/ha) (IBGE, 2016). A participação dos três principais estados produtores de maçã no Brasil pode ser observada na Figura 2.

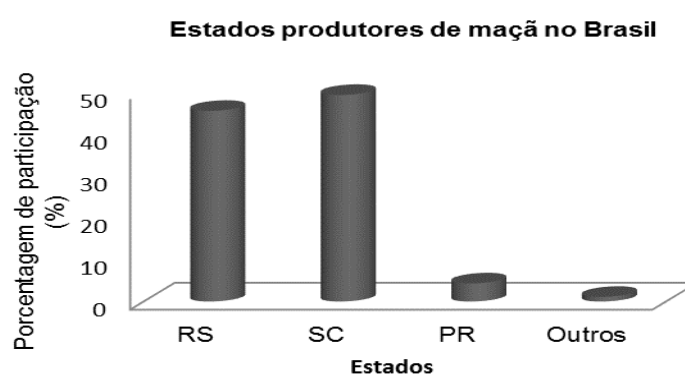


Figura 2: Estados com maior produção de maçã no Brasil em 2016 (RS – Rio Grande do Sul, SC – Santa Catarina e PR – Paraná).

Fonte: IBGE,2016

Devido às qualidades organolépticas que agradam o paladar do consumidor brasileiro (FIORAVANÇO et al., 2010), as cultivares ‘Gala’, ‘Fuji’ e seus clones mutantes são as principais cultivares de maçã produzidas no Brasil. No Rio Grande do Sul a cultivar ‘Gala’ e seus clones representa 66,0 % da produção total de maçãs, seguida pela cultivar ‘Fuji’ 27,35 %, ‘Eva’ 2,39 % e as outras cultivares representam 4,64 % das maçãs produzidas neste estado (AGAPOMI, 2015). A participação de cada cultivar na produção nacional pode ser observada na Figura 3.

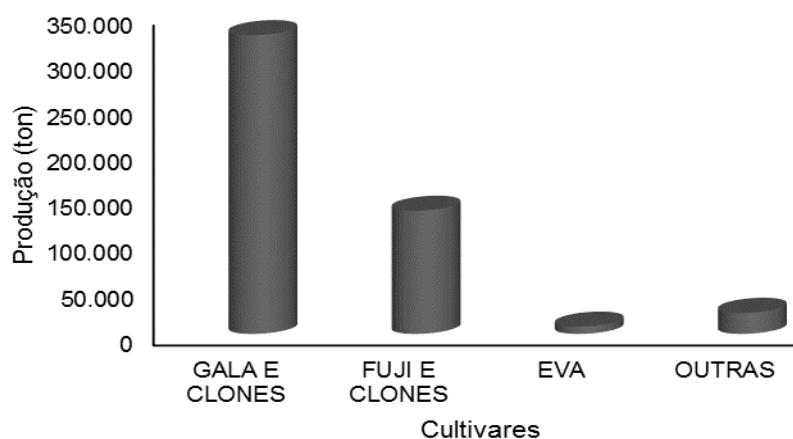


Figura 3: Principais cultivares de maçãs produzidas no estado do Rio Grande do Sul em 2015.

Fonte: AGAPOMI, 2015

2.2 Produtos minimamente processados

A tecnologia de produtos minimamente processados (PMP) apresenta dois propósitos: primeiro, manter o produto com características de fresco, disponibilizando-o numa forma conveniente e sem perdas na sua qualidade nutricional; segundo, o produto deve apresentar uma vida de prateleira suficientemente longa para tornar sua distribuição viável aos consumidores (AHVENAINEN, 1996).

Neste contexto, tem-se verificado um aumento na produção e no consumo de frutas minimamente processadas, isso pode ser explicado pelo estilo de vida dos consumidores modernos, juntamente com a opção pelo consumo de produtos naturais além dos benefícios que estes trazem a saúde (OMS-OLIU et al., 2010). O mercado de MP tende a crescer se os consumidores acreditarem na segurança e na qualidade destes alimentos. Por isso, devem existir cuidados especiais no que diz respeito à preservação da qualidade, na cadeia de comercialização, na manutenção da cadeia do frio, logística de comercialização e transporte, adequação de equipamentos, disponibilidade de tecnologias para implementação das indústrias de processamento e programas de certificação que garantam a qualidade e a segurança dos PMP (ROLLE, 2010). Isso porque o consumidor exige produtos com atributos de qualidade, como aparência, textura, valor nutritivo e 'flavor' similares aos produtos frescos (SOLIVA-FORTUNY, 2001), mas esses atributos de qualidade normalmente são mantidos entre sete e vinte dias apenas se armazenados em condições apropriadas (WATADA; QI, 1999).

Nesses produtos, o controle da temperatura é uma das principais técnicas utilizadas para minimizar o efeito do corte, sendo que a temperatura da sala de processamento deve estar em torno de 10 °C, já a água de sanitização deve estar próxima a 0 °C, isso porque a baixa temperatura reduz a taxa respiratória, produção de etileno e perdas sensoriais (WILEY, 1994; WONG et al., 1994; CANTWELL, 2000; ARRUDA, 2002). Mesmo com esses cuidados, o escurecimento enzimático é um dos principais problemas dos PMP, pois afeta a cor da superfície da fruta, sendo este um importante atributo de qualidade, pois os consumidores costumam julgar a qualidade de frutas minimamente processados com base na sua aparência (BRECHT et al., 2004; JANG; MOON, 2011).

2.3 Escurecimento enzimático

O escurecimento enzimático na maioria das vezes é indesejado em frutas e hortaliças, pois pode diminuir a qualidade, características nutricionais e sensoriais (MARTINEZ; WHITAKER, 1995; JANG; MOON, 2011). A conservação da cor natural é um fator importante que determina a qualidade e aceitação de frutas e hortaliças MP (GORNY et al., 1999). Assim, as modificações na coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento causam diminuição na qualidade quando não controlada, tornando-se um grande desafio na elaboração desses produtos (GIRNER et al., 2002). Essas alterações indesejáveis são aceleradas por danos mecânicos nas células, causadas pelas operações de descasque e corte, o que proporciona o contato das enzimas com o substrato (DURIGAN; CASSARO, 2000; RAHMAN et al., 2011).

Além disso, a penetração de oxigênio devido a essas intervenções resulta em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos. Normalmente, os substratos fenólicos naturais necessários para esta reação, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da enzima PFO em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente), por isso, o escurecimento não ocorre (WHITAKER; VORAGEN; WONG, 2003). De acordo com Tomás-Barberán e Espín (2001), a enzima PFO atua na degradação oxidativa dos compostos fenólicos, pois quando ocorre o rompimento das organelas onde se encontram armazenados os compostos fenólicos envolvidos na reação de reação de escurecimento, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da polifenoloxidase em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente) e, por isso, o escurecimento não ocorre (VAUGHN; DUKE, 1984;

WHITAKER; VORAGEN; WONG, 2003), quando esses compostos entram em contato e pode ocorrer a produção de polímeros de coloração marrom (melaninas).

Dentre os fatores que exercem influência sobre o escurecimento enzimático de frutas e hortaliças estão as cultivares utilizadas (CHANG et al., 2000), as concentrações de PFO, os teores de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e a disponibilidade de oxigênio no tecido vegetal. Neste contexto, a compreensão dos detalhes que envolvem o processo do escurecimento enzimático é necessária para que seu controle possa ser realizado (MARTINEZ; WHITAKER, 1995).

Os revestimentos comestíveis fornecem uma barreira semipermeável contra oxigênio, dióxido de carbono (CO₂), umidade e movimento de soluto; reduzindo assim a respiração, perda de água e taxa da reação de oxidação (PARK, 1999).

O uso de agentes quelantes pode ser uma alternativa para evitar o escurecimento, pois a enzima PFO requer que os íons de cobre estejam ativos pra a reação (DU, DOU e WU, 2012). Assim, a presença de uma substância capaz de unir cations divalentes presentes no meio, reduz a atividade enzimática. Existem vários quelantes na literatura. Os principais agentes quelantes são o ácido kójico, ácido cítrico e EDTA. Normalmente, o ácido cítrico é usado para seu papel de quelante, mas também para acidificar o meio pois, a PFO é sensível às variações de pH. O fruto é um ambiente naturalmente ácido, acidificação adicional pode reduzir a atividade de PFO ou inativá-la abaixo de pH 3 (GRIMM et al, 2012). Os principais agentes acidificantes utilizados pela industria, são o ácido cítrico, ácido eritórbico, ácido ascórbico e glutathiona.

Uma alternativa para redução do escurecimento dos MP é o tratamento com sais de cálcio, são usados no fortalecimento das paredes celulares. Isso evita a destruição total dos compartimentos celulares e também o contato da enzima com os polifenóis presentes no vacuolo (GUAN e FAN, 2010; KHUNPON et al, 2011). Os principais agentes de firmeza são o lactato de cálcio, o propionato de cálcio, o cloreto de cálcio, o ascorbato de cálcio e o cloreto de sódio.

Outra alternativa para inativação das enzimas pode ser realizada através de tratamentos térmicos, no entanto estes levam a alterações de textura do produto, e por consequência a perda de qualidade do mesmo, descaracterizando um PMP (CANTOS et al., 2002; ALTUNKAYA 2011) ou através de agentes redutores, que atualmente são os métodos mais efetivos no controle do escurecimento enzimático (MARTINEZ; WHITAKER, 1995).

O mecanismo de ação detalhado da PPO foi descrito por BELITZ e GROSCH (1997). No centro ativo da enzima existem dois íons Cu^+ , cujos campos de ligação contêm dois resíduos de histidina cada um. Seguindo mecanismo ordenado, a enzima liga primeiro o oxigênio e depois o monofenol, com participação dos intermediários indicados na Figura 4. Mudança de valência dos íons cobre ($\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{++}$) provoca a formação de complexo enzima-substrato, no qual a ligação $\text{O} - \text{O}$ fica tão polarizada que ocorre a hidroxilação, seguida da formação de um o-difenol. A oxidação do o-difenol a o-quinona termina o ciclo. As quinonas são compostos amarelados, instáveis e reativos que podem: reagir entre si formando polímeros com alta massa molecular de cor escura, denominados melaninas; formar complexos com aminoácidos ou proteínas; e oxidar compostos com baixo potencial de oxidoredução (NICOLAS et al., 1994).

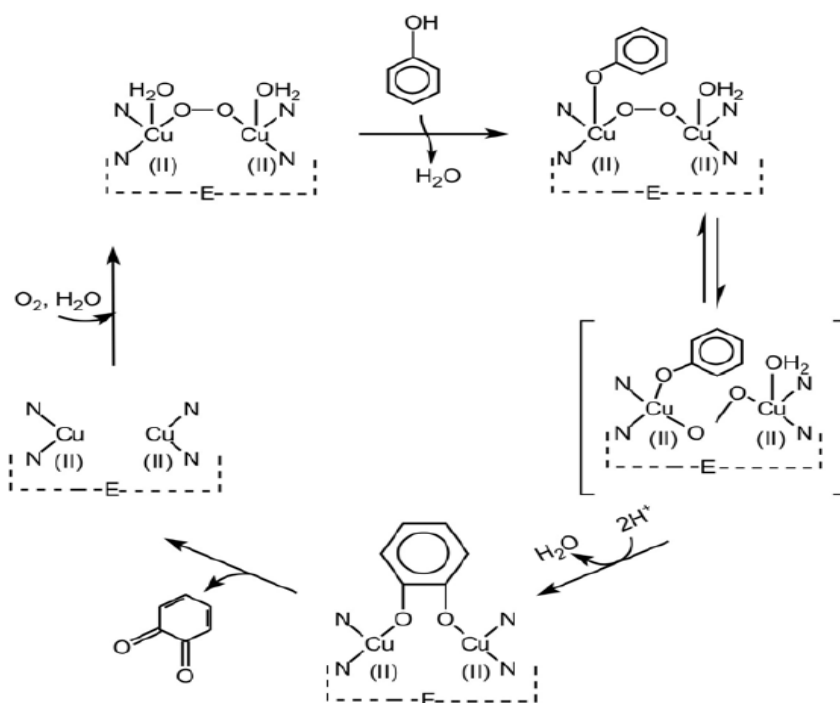


Figura 4: Mecanismo geral de reação das polifenoloxidasas.

Fonte: Belitz e Grosch, 1997

2.4 Agentes antioxidantes

Os agentes antioxidantes são compostos por grupos variados de substâncias que visam minimizar o escurecimento enzimático e prolongar a vida de prateleira de PMP. Esses agentes são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por

vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros compostos vegetais. Fazem parte desse grupo ainda, enzimas, agindo como bloqueadores do efeito danoso dos radicais livres impedindo a oxidação de outras substâncias químicas que ocorrem nas reações metabólicas (KONTUREK et al., 2004; LARSSON et al., 2007; TIRZITIS; BARTOSZ, 2010).

Os agentes antioxidantes que minimizam o escurecimento enzimático podem ser divididos em duas classes, os que agem sobre as enzimas e aqueles que agem sobre os produtos da reação (MAYER; HAREL, 1979).

O eritorbato de sódio é um estereoisômero dos ascorbatos e funcionam de modo similar aos antioxidantes. Devido a sua estrutura eno-diol, os eritorbatos são fortes agentes redutores (admissão de oxigênio) e previnem ou minimizam as deteriorações oxidativas do sabor e da cor de alimentos. A reação com o oxigênio é catalisada por traços de cobre e, em alguns casos, por ferro na solução (COUNSELL; HORNIG, 1981; MARTÍN-BELLOSO e SOLIVA-FORTUNY, 2011). Uma economia, pode ser obtida utilizando eritorbato de sódio em vez da utilização dos ascorbatos, quando não se tem necessidade de vitamina C no produto final.

2.5 Revestimentos comestíveis

Os procedimentos de conservação pós-colheita, usualmente, empregados, estão quase na sua totalidade centrados na cadeia de frio e em boas práticas de armazenamento. Contudo, um novo segmento tecnológico vem ganhando espaço nesta área que é o desenvolvimento de revestimentos comestíveis protetores, que quando aplicados diretamente sobre as frutas possibilitam elevar o tempo de conservação permitindo uma maior flexibilidade de manuseio e comércio (VARGAS et al., 2008; ASSIS; FORATO; BRITO, 2009).

Os revestimentos comestíveis são finas camadas envolvendo o alimento que desempenham importante papel na sua preservação (MCHUGH, 2000). A diferença entre revestimentos e filmes comestíveis reside no fato de que os revestimentos são aplicados na forma líquida sobre o alimento, normalmente o revestimento é feito através de imersão ou aspensão na solução filmogênica, que pode ser uma matriz de carboidratos, proteínas, lipídeos ou uma combinação desses componentes. Já os filmes comestíveis são moldados em forma de folhas, que posteriormente são utilizadas como embalagem para o produto (FALGUERA et al., 2011). Nos últimos anos, o interesse pela aplicação de revestimentos comestíveis em alimentos

altamente perecíveis tem aumentado devido às vantagens que esse tipo de método de conservação apresenta, como descrito em uma série de estudos (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2012; ORIANI et al., 2014).

Os revestimentos podem atuar como uma embalagem alternativa, apresentando vantagens em relação às embalagens sintéticas, uma vez que são produzidos a partir de materiais comestíveis de fontes naturais. Além disso, os revestimentos são bons carreadores de ingredientes ativos como antioxidantes, sabores, compostos bioativos e antimicrobianos (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011). Um bom revestimento deve dar à fruta o brilho, a aparência atrativa e reduzir a perda de peso, por meio da redução da respiração normal das frutas, sem provocar condições de anaerobiose (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012). Além disso, estudos demonstram que revestimentos são capazes de proteger os produtos de danos mecânicos e contaminação microbiológica, promovendo manutenção da boa aparência e evitando perda excessiva de voláteis desejáveis (PAVLATH; ORTS, 2009).

2.5.1 Quitosana

A quitosana é um copolímero biodegradável constituído de unidade β (1 \rightarrow 4) - 2-amino-2-desoxi-D-glicopiranosose e β (1 \rightarrow 4) - 2-acetamino-2-desoxi-D-glicopiranosose (THARANATHAN, KITTUR, 2003). Esse copolímero pode ser definido como uma poliamina linear de alta massa molecular com grupos amino livres e hidroxilas reativas, formando soluções viscosas de gel sendo facilmente solúveis em soluções aquosas da maioria dos ácidos orgânicos e inorgânicos com pH abaixo de 5,5. Nessa condição há formação de um polímero catiônico através da protonação dos seus grupamentos amina (DAMIAN et al., 2005; ASSIS, 2010).

O polissacarídeo quitosana é produzido industrialmente pela desacetilação química da quitina sendo utilizado juntamente com seus derivados para inibir o crescimento de fungos e acionar o mecanismo de defesa das plantas e das frutas contra as infecções causadas por diversos agentes patogênicos. Além disso, a quitosana possui excelentes propriedades para formação de película e pode ser aplicada como revestimento comestível em alimentos de origem vegetal (HERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2008).

Em trabalho conduzido por Hernández-Muñoz et al. (2008), pode-se observar que morangos revestidos com 1,5 % de quitosana armazenados a 10 °C por 6 dias

não apresentaram sinais de deterioração por fungos e que o revestimento de morangos com 1 % e 1,5 % de quitosana proporcionou frutas com menor produção de CO₂, menor perda de massa, maior firmeza e menor alteração de cor.

2.5.2 Alginato de sódio

O alginato é um copolímero linear constituído de ácidos α -L-gulurônicos e β -D-manurônicos com ligações 1 \rightarrow 4. O material varia extensamente em termos de sua proporção entre os resíduos manurônicos (M) e gulurônicos (G) bem como em sua estrutura sequencial e grau de polimerização. Desta forma, o material pode apresentar sequências alternadas de resíduos MG e blocos constituídos de dois ou mais resíduos M ou G (DRAGET, 2005). Esse copolímero é amplamente utilizado em alimentos, cosméticos, medicamentos e também encontra aplicação na indústria têxtil e de papel. Atualmente, vem sendo utilizado em aplicações inovadoras na área médica e farmacêutica (DRAGET, TAYLOR, 2011; ADNEN SANAA et al. 2013; CHAN, MOONEY, 2013; ALBOOFETILEH et al., 2014; WANG et al., 2014).

O alginato proporciona alta viscosidade aparente, mesmo com baixas concentrações, devido ao seu alto peso molecular e rígida estrutura. Uma de suas propriedades é a capacidade de formar geis termoestáveis fortes ao reagir com cátions polivalentes, principalmente íons cálcio (SABRA et al., 2001; LIN, ZHAO, 2007; ANDRADE, 2008).

2.5.3 Fécula de mandioca

A mandioca, uma das principais fontes de amido utilizado industrialmente, é cultivada ao longo de todo território brasileiro e de outros países tropicais e se destaca como uma fonte barata e abundante de amido (MATSUI et al., 2004). Assim como a mandioca, a fécula de mandioca pode ser produzida e adquirida a baixo custo, sendo um dos polissacarídeos mais abundantes no Brasil. Sua composição nativa constitui-se de 87,6 % de amido, 14,9 % de umidade, 0,5 % de fibras e 0,2 % de matéria-graxa, açúcares, cinzas e proteínas, e possui pH de 5,6 (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008).

Segundo Moorthy (2004), a fécula de mandioca é de fácil extração em relação aos amidos de outras fontes. Outros autores destacam ainda a menor taxa de retrogradação (MALI et al., 2004), maior clareza de pasta, baixa temperatura de gelatinização e estabilidade do gel como vantagens da fécula de mandioca em relação

aos amidos de outras fontes, o que a torna uma fonte promissora na elaboração de revestimentos e filmes comestíveis, como relatado por diversos autores (SOUZA; DITCHFIELD; TADINI, 2010; OJEDA; SGROPPO; ZARITZKY, 2014). Além disso, a fécula de mandioca é um ótimo material para revestimentos comestíveis devido à capacidade de reduzir as taxas de respiração e perda de água (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2012). Os revestimentos comestíveis produzidos a partir desse tipo de amido são baratos, inodoros, incolores, não possuem sabor, são atóxicos e biodegradáveis, além de apresentarem barreira ao oxigênio (PARETA; EDIRISINGHE, 2006).

2.6 Armazenamento sob refrigeração

As exportações de maçã *in natura* e processada representaram na safra 2013/2014 apenas 4,71 % da produção brasileira (EPAGRI, 2015), o restante da produção foi destinada ao mercado interno, assim, se faz necessário que o armazenamento das maçãs seja adequado, a fim de que haja oferta desta fruta durante todo o ano com a suas qualidades preservadas (KERBAUY, 2008).

O armazenamento dessas frutas visando à manutenção da qualidade ocorre controlando-se basicamente a temperatura, que diminui a velocidade com que ocorrem as reações bioquímicas na célula, dentre elas a respiração e a síntese de etileno, bem como o desenvolvimento de microrganismos (ASIF et al., 2009; MOSTAFAVI et al., 2013). Neste contexto, o uso de baixas temperaturas no armazenamento das maçãs diminui a velocidade do metabolismo, contribuindo para manter as características físico-químicas, a qualidade sensorial e a segurança alimentar das frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; BRACKMANN, 2010; BRACKMANN, 2011). O tempo de armazenamento é determinado pelo potencial genético do cultivar, pelo estágio de maturação das maçãs no momento da colheita, e pelas condições de armazenamento.

Dentre as tecnologias comumente utilizadas que prolongam o período de oferta desta fruta estão à refrigeração convencional, a atmosfera modificada ou controlada associada à aplicação de inibidores da ação do etileno sendo o 1-MCP (1-metilciclopropeno) (TERUEL, 2008; FAWBUSH et al., 2009; HOANG et al., 2011; WEBER et al., 2013; BOTH et al., 2014).

O armazenamento refrigerado (AR) é o sistema mais comumente utilizado para o prolongamento da vida útil das frutas, principalmente em clima temperado, o

sistema se baseia na combinação de baixas temperaturas, geralmente de -1 a 4 °C, com alta umidade relativa do ar (UR), geralmente superior a 85 % (FACHINELLO, 1996; CHONG et al., 2013). Segundo Brackmann et al. (2004), as condições ideais para o armazenamento refrigerado de maçãs cv. Gala é 0,5 °C de temperatura, com 94 % a 96 % de UR por um período de armazenamento de 4 a 5 meses. No entanto, esse sistema permite um período de conservação não muito longo devido ao rápido amadurecimento, a alta incidência de podridões e aos distúrbios fisiológicos das frutas (BRACKMANN et al., 2005; RUDELL et al., 2011; BULENS et al., 2012). Por isso, o armazenamento em AR vem sendo substituído pelo armazenamento em atmosfera controlada, o qual é mais eficiente na redução da respiração e da produção de etileno, e conseqüentemente do amadurecimento (GWANPUA et al., 2012; BOTH et al., 2014).

As exigências de atmosfera controlada são específicas para cada cultivar de maçã. A armazenagem sob condições de baixo O₂ e alto CO₂ retarda a produção auto catalítica de etileno e reduz a sua taxa de produção. Assim, reduz a deterioração da cor, bem como a firmeza de polpa, o sabor e o valor nutricional, (ARGENTA, 2002; BRACKMANN et al., 2008). No entanto, mesmo em AC ocorrem perdas durante um armazenamento prolongado (WATKINS, 2010), porque os limites mínimos de O₂ devem ser respeitados a fim de evitar danos à fruta, como a perda de aromas (ECHEVERRIA et al., 2002; GRAELL et al., 2008).

A refrigeração também diminui a atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) e da peroxidase (POD). As baixas temperaturas (0-4 °C) estão longe do ponto ótimo para essas enzimas, dificultando o acoplamento enzima-substrato pela diminuição da energia cinética das moléculas (LEE et al., 1995).

2.7 Características físico-químicas

2.7.1 Cor

A mudança de coloração é um dos atributos mais utilizados para avaliar o estágio de maturação, pois neste período ocorre um decréscimo no teor de clorofilas e um incremento na concentração de carotenoides (FERRER et al., 2005). Essas alterações são finalizadas durante a senescência e estão relacionadas à textura, aparência e sabor. Alterações que podem ser percebidas por análises físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais (CAVALINI, 2008).

A avaliação da coloração de frutas íntegras ou minimamente processadas pode ser realizada através de método objetivo, como por exemplo mediante colorímetro que usam o modelo $L^*a^*b^*$. Esse modelo é um padrão internacional desenvolvido pela *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) para mensuração da cor de produtos alimentícios.

2.7.2 Firmeza da polpa (FP)

A firmeza é considerada um dos mais importantes componentes do atributo textura, sendo representada pelas substâncias pécticas que compõe as paredes das células dos vegetais e determinada pelas forças de coesão entre as pectinas (KLUGE; JACOMINO, 2002), no entanto, a firmeza de polpa de uma fruta é muitas vezes confundida com a sua textura. A firmeza refere-se ao grau de dureza, enquanto a textura é mais complexa, pois reflete a sensação produzida nos lábios, língua, mucosa da boca, dentes e nos ouvidos. Essas sensações são representadas pela dureza, maciez, fibrosidade, suculência, granulidade, resistência e elasticidade (KLUGE et al., 2002).

A medição da firmeza da polpa de uma fruta dá uma ideia das transformações nas estruturas celulares, coesão das células e alterações bioquímicas, responsáveis pela textura do produto. Porém, a textura das frutas de uma mesma cultivar pode variar, pois as variações nas condições climáticas regionais, posição da fruta na planta, grau de maturação, tamanho e até mesmo a forma inapropriada de utilização dos aparelhos de medição podem interferir nestes resultados, é importante ter uma amostragem representativa, tomando válido o valor médio da leitura de várias frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Além disso, as mudanças que podem ocorrer durante o armazenamento de frutas MP podem ser provenientes do amadurecimento, da senescência ou da perda de água. O amadurecimento e a senescência são responsáveis pelo aumento da permeabilidade das membranas e pelo extravasamento do conteúdo celular, resultando em mudanças na textura como amolecimento da polpa e quantidade de suco nos tecidos (SMITH et al., 2003), já a perda de água que pode ser por evaporação ou vazamento do suco celular e afeta adversamente não somente a textura, mas também o peso e o *flavor* dos vegetais (CARVALHO, 1999).

Para determinação da firmeza da polpa, utiliza-se penetrômetros manuais ou texturômetro que, através da compressão exercida por uma ponteira para penetração

no produto, indica o grau de resistência da polpa da fruta e os resultados são expressos normalmente em libras, kilos ou newtons (1 libra equivale a 0,454 kg ou 4,44 N). Mohsenin (1986) relatou que a avaliação da firmeza de frutas e hortaliças é importante na determinação do ponto de colheita, na avaliação da qualidade durante o armazenamento e na correlação entre qualidade do material *in natura* e o correspondente produto processado.

2.7.3 Sólidos solúveis totais (SST)

Os SST correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas no suco ou polpa das frutas, são constituídos principalmente por açúcares (glicose, frutose e sacarose), sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima. São comumente expressos em °Brix e tem tendência de aumento com a maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O aumento no grau de doçura durante a maturação está relacionado com a formação e o acréscimo contínuo da frutose (ESTEVES et al, 1983; CHITARRA; CHITARRA, 1990). A frutose e a glicose se originam da degradação da sacarose e de polissacarídeos de reserva como o amido e utilizados para a produção de energia no processo respiratório (NULTSCH, 2000).

A distribuição do teor de SST em um produto é variada, esta pode ser medida por refratômetros manuais ou de mesa bem como por imagem de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) ou imagem hiper-espectro. Para a avaliação de sabor de um produto, normalmente é utilizada a razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável - SST/ATT (*Ratio*), esta é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.7.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Consiste em uma determinação importante para caracterizar a acidez natural, atividade enzimática, estabilidade de componentes, verificação de estado de maturação de frutas e estado de conservação do alimento (ZAMBIAZI, 2004).

Com o amadurecimento das frutas, ocorre um aumento no teor de açúcares e pH e conseqüentemente um decréscimo na acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Kramer (1973), os dois métodos mais comumente utilizados para medir a acidez de frutas são pH e a acidez total titulável (ATT), pois o pH determina a

concentração hidrogeniônica da solução e a ATT representa os ácidos encontrados (compostos fenólicos, ácidos orgânicos livres e na forma de sais).

2.7.5 Acidez total titulável (ATT)

A acidez de uma fruta é dada pela presença dos ácidos orgânicos que servem de substrato para a respiração, encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinada com sais, ésteres e glicosídeos (KRAMER, 1973). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), após a colheita e durante o armazenamento, as concentração dos ácidos orgânicos diminui em decorrência de sua utilização como substrato, na respiração, ou da sua transformação em açúcares. Porém, em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação.

O ácido málico é o ácido orgânico predominante na maçã por determinação gênica (95 % do total), seguido pelo ácido cítrico e outros de menor importância presentes somente em traços (CZELUSNIAK et al., 2003; EPAGRI, 2006).

É importante ressaltar que para uma mesma cultivar, a acidez é influenciada por vários fatores, entre eles a nutrição mineral, condições climáticas, estágio de maturação e localização da fruta na planta, sendo variável de ano para ano (GIRARDI; ROMBALDI, 2003).

2.7.6 Açúcares redutores, açúcares não-redutores e açúcares totais

Os açúcares contribuem significativamente para a qualidade sensorial das maçãs e são determinantes para tornar a fruta apelativa ao paladar (WU et al., 2007), conferindo-lhe o sabor doce (MOLNÁR-PERL, 2000) que compensa as características ácidas resultantes de outros componentes (ZHANG et al., 2010), entre eles os ácidos orgânicos, cuja relação com os açúcares é, como foi já referido, de extrema importância para a definição do sabor da maçã (PETKOVŠEK et al., 2007). Apesar dos açúcares presentes em maçãs não contribuírem de forma decisiva para a sua atividade antioxidante (LOTITO, FREI, 2004), estão frequentemente ligados a componentes bioativos como os flavonóis (e.g. galactose, glucose, ramnose, arabinose e xilose) e as dihidrochalconas (e.g. glucose e xiloglucose) (WOJDYŁO et al., 2008). O teor de açúcares varia entre as diversas variedades de maçãs, seja nos açúcares totais, monossacarídeos e sacarose.

2.7.7 Compostos fenólicos totais (CFT)

Os vegetais produzem uma grande variedade de metabólitos secundários, dentre eles estão os que apresentam no mínimo um grupo hidroxila ligado a um anel aromático. Estes metabólitos são denominados de compostos fenólicos e apresentam inúmeras funções na planta, dentre eles a defesa ao ataque de herbívoros e patógenos, atração de insetos polinizadores, absorção da radiação ultravioleta e redução do crescimento de plantas competidoras (HARBONE, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2009). A maçã é uma fonte rica de antioxidantes (estes englobam uma gama enorme de substâncias, entre elas os ácidos fenólicos) que podem desempenhar um papel na redução do risco de várias doenças relacionadas com o estresse oxidativo, por exemplo, doença coronária, danos no sistema imunitário, asma e diabetes (BOYER; LIU, 2004).

Os compostos fenólicos presentes na maçã são o ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico, (+) catequina, (-) epicatequina, procianidinas (B1, B2, trímero C1), rutina, quercetinas, floridizina e floretina (KARAMAN et al., 2010). No entanto, esses compostos criam muitas vezes problemas no decorrer do processo tecnológico, dado que na presença das PFO sofrem um processo de oxidação resultando no escurecimento dos tecidos, o que geralmente leva à perda de valor comercial do produto (MARTINS; EMPIS, 2000; SANTOS, 2009). A concentração dos compostos fenólicos, que é fortemente dependente da variedade/cultivar de maçãs e sua maturidade, está intimamente associada com as qualidades nutricionais e sensoriais das frutas (WU et al., 2007).

O escurecimento dos produtos vegetais depende diretamente da quantidade de enzimas e substratos, ou seja, de polifenoloxidasas e compostos fenólicos (GONZÁLEZ-BUESA et al., 2011). Além do possível escurecimento, os compostos fenólicos juntamente com açúcares e ácidos orgânicos (principalmente o ácido málico) determinam a qualidade das maçãs (FULEKI; PELAYO; PALABAY, 1994; DOLENC; STAMPAR, 1997). Eles têm um papel importante na manifestação de características de sabor, como doce, amargo, ácido e adstringente, e também de cor (BENGOECHEA et al., 1997; MILLER; RICE-EVANS, 1997).

2.7.8 Polifenoloxidase (PFO)

A polifenoloxidase (PFO; E.C. 1.10.3.1) (1,2-benzenodiol: oxigênio oxiredutase) é uma enzima importante na determinação da qualidade de frutas e hortaliças, no

período de pós-colheita, na estocagem e no processamento. As injúrias, cortes e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante essas etapas permitem a penetração de oxigênio que resulta em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos.

Quando a polifenoloxidase, também chamada de tirosinase, polifenolase, fenolase, catecol oxidase, cresolase ou catecolase, entra em ação, ocorre uma modificação na concentração dos compostos fenólicos, o que irá afetar o potencial antioxidante (NOGUEIRA et al., 2004). Essa enzima tem a habilidade para catalisar reações de oxidação de compostos fenólicos (SHAHIDI; NACZK, 1995), as quais envolvem hidroxilação de monofenóis para *o*-difenois e a eliminação de um hidrogênio do *o*-difenol, originando uma quinona, demonstrando uma atividade cresolase e catecolase da enzima, respectivamente (OSZMIANSKI; LEE, 1990; WHITAKER; VORAGEN; WONG, 2003).

O estágio de maturação da maçã tem influência sobre a PFO, pois à medida que a fruta se desenvolve, o teor de enzima permanece estável, entretanto sua atividade diminui. Além disso, a enzima está igualmente distribuída nas partes da fruta, mas apresenta maior atividade no endocarpo das maçãs (MURATA et al., 1995).

A PFO pode ser inativada por vários métodos entre os quais se pode citar a aplicação de calor por um tempo suficiente para desnaturar a proteína, diminuição de pH (SHAHIDI; NACZK, 1995) e utilização de substâncias inibidoras, como os sulfitos, ácido ascórbico e compostos fenólicos (NOGUEIRA et al., 2003).

2.7.9 Peroxidase (PO)

A enzima peroxidase (PO; EC 1.11.1.7) é um indicador da deterioração da qualidade, tais como a perda de sabor e várias reações de biodegradação (JANG; MOON, 2011). Alguns autores afirmam que poderá também contribuir para o escurecimento enzimático com a oxidação de doadores de hidrogênio na presença de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001; DEGL'INNOCENTI et al., 2005; OMS-OLIU et al., 2010).

A peroxidase aceita uma vasta gama de doadores de hidrogênio, incluindo polifenóis envolvidos no escurecimento enzimático em frutas (NICOLAS et al., 1994). No entanto, a participação da PO no escurecimento enzimático ainda não é completamente conhecida, pelo que tem vindo a ser questionável por duas razões: a elevada afinidade da PFO pelo seu substrato natural e os baixos níveis de peróxido

de hidrogênio nos tecidos vegetais (DEGL'INNOCENTI et al., 2005; OMS-OLIU et al., 2010; JANG; MOON, 2011).

Segundo Toivonen (2004), o início dos processos de escurecimento oxidativo está associado ao rompimento das membranas dentro das células dos tecidos vegetais. Com este rompimento de membranas ocorrerá a mistura dos substratos polifenólicos com a polifenol oxidase e/ou polifenolperoxidase (DEGL'INNOCENTI et al., 2005; JANG; MOON, 2011). Cantos et al. (2002) sugere que a estabilidade da membrana é, potencialmente, o maior fator para controlar as taxas de escurecimento, o que é difícil de manter em PMP porque estes estão sujeitos a cortes. Além do envolvimento no processo de escurecimento enzimático, a PO também está relacionada com processos de cicatrização como, por exemplo, a lignificação.

2.7.10 Características sensoriais

A aparência da fruta é um fator visual que inclui tamanho, forma, cor, brilho, ausência de defeitos e de sinais de deterioração (BASTOS, 2006). Essas características devem satisfazer as necessidades do consumidor que, habitualmente, têm na primeira decisão de compra aquilo que lhe é agradável aos olhos (SILVA et al., 2011).

Chitarra e Chitarra (2005) e Rocha et al., (2005) concluem que, se as frutas forem colhidas totalmente maduras, ocorre redução na vida útil e dificuldade no manuseio e transporte, ocasionando perdas qualitativas e quantitativas. Porém, o consumidor exige um produto, principalmente, com qualidade, pois esta representa um fator primordial na sua escolha, uma vez que estão relacionadas a atributos externos, como aparência e defeitos e a internos, como o sabor. Observa-se que na área de alimentos, principalmente em frutas e hortaliças minimamente processadas, as exigências são maiores principalmente com a sanidade e o valor nutritivo desses produtos. Além disso, a aparência e características sensoriais ideais são fundamentais na hora da decisão da compra. Quando essas exigências são atendidas, aumenta a aceitação de PMP, o que tem contribuído para o crescimento do mercado desses produtos (PINTO, 2007; MIGUEL et al., 2010).

No entanto, a nível sensorial, podem ocorrer algumas modificações nos produtos minimamente processados, principalmente, quando se tem em conta o fator tempo, sobretudo quando é adicionado agentes antioxidantes, os quais podem proporcionar aos PMP características sensoriais diferentes daquelas encontradas no

produto *in natura*. Isso pode provocar o rechaço do consumidor. Segundo Whitaker e Lee (1995) mais de 50,0 % das perdas em frutas são em função do escurecimento enzimático. Nesse contexto, o escurecimento enzimático torna-se um ponto crítico para a diminuição das perdas comerciais do agricultor e para a indústria de transformação (SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção das amostras

Este trabalho foi realizado no Núcleo de Alimentos/Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Clima Temperado, localizado na BR 392 km 78, em Pelotas - RS.

A maçã cultivar 'Gala', safra 2015, provenientes da Rasip Agropastoril S/A, localizada na Rodovia BR 116, Km 33, s/n - Zona Rural, Vacaria – RS, foram colhidas de forma cuidadosa quando alcançaram seu ponto de maturação comercial. Após a colheita, as maçãs foram acondicionadas em caixas plásticas, sobre bandejas de papelão moldado para proteção contra danos mecânicos e armazenadas em *bins* (caixas grandes) dentro de câmara fria a 1 °C, e umidade relativa de 90 % ± 5 %. Após seleção, e aplicação de 1-MCP os as frutas foram acondicionadas em caixas de 18 kg. O transporte (aproximadamente 6 horas) foi feito em caminhão baú, sem exposição direta à luz solar, até a unidade da Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS), onde foram armazenadas em câmara fria a 1 °C ± 1 °C e 90 % ± 5 % de UR até serem analisadas.

3.2 Preparo das amostras

Maçãs calibre 135 (135 frutas compõe uma caixa com capacidade de 18 kg), foram armazenados em câmara fria a 1 °C ± 1 °C, e UR de 90 % ± 5 % por até 180 dias, com retirada de frutas para processamento e análise a cada 60 dias totalizando 3 coletas (60 d, 120 d e 180 d de armazenamento). Atingido o tempo desejado em câmara fria, as maçãs foram submetidas aos processos de sanitização, preparo das amostras, tratamentos e análises descritas a seguir.

Para sanitização das maçãs, uma solução resfriada (5 °C a 8 °C) foi preparada, contendo hipoclorito de sódio 100 ppm/pH 6,5 (o pH foi ajustado com HCl 1 N). As frutas foram imersas nesta solução por 10 minutos, e em seguida retiradas. Para a aplicação dos tratamentos, as maçãs foram cortadas em oito fatias longitudinais (no

formato de gomos), e a parte central com as sementes foi descartada. Logo, as fatias de maçã ficaram imersas por um minuto em cada um dos seguintes tratamentos (T):

- **T1** – Água + CaCl₂ (1,0 % m/v); [A]
- **T2** – Água + CaCl₂ (1,0 % m/v); [A]
- **T3** – Água + CaCl₂ (1,0 % m/v); [A]
- **T4** – Eritorbato de sódio (5,0 % m/v)+ CaCl₂ (1,0 % m/v); [ES]
- **T5** – Eritorbato de sódio (5,0 % m/v + CaCl₂ (1,0 % m/v); [ES]
- **T6** – Eritorbato de sódio (5,0 % m/v)+ CaCl₂ (1,0 % m/v); [ES]

Em seguida as fatias foram retiradas dos agentes coadjuvantes e colocados em escuridores por 5 minutos para retirar o excesso de solução. Num segundo momento, as fatias já tratadas com os agentes coadjuvantes foram novamente imersas por 1 minuto nas coberturas que seguem:

- **T1** – Fécula de mandioca (3,0 % m/v); [F]
- **T2** – Alginato de sódio (2,0 % m/v); [A]
- **T3** – Quitosana (1,5 % m/v); [Q]
- **T4** – Fécula de mandioca (3,0 % m/v); [F]
- **T5** – Alginato de sódio (2,0 % m/v); [A]
- **T6** – Quitosana (1,5 % m/v). [Q]

Posteriormente as mesmas foram secas por 20 min em sala climatizada (aproximadamente 16 °C ± 1 °C e UR de 65 % ± 5 %) com ar forçado (velocidade de 4,3 m/s à 40 cm da fonte) através de ventilador industrial.

3.3 preparo das coberturas comestíveis

Para preparação da fécula de mandioca (marca comercial – Fritz & Frida[®]), foi utilizada suspensão de 3,0 % e aquecimento em água a 70 °C ± 1 °C, sob agitação constante e posterior resfriamento até aproximadamente 15 °C ± 1 °C. No prepara do alginato de sódio (marca safc[®]-Sigma-Aldrich - sal sódico do ácido algínico de algas castanhas), foi utilizada uma suspensão de 2,0 % com aquecimento até 70 °C ± 1 °C, até completa dissolução sob agitação constante e posterior resfriamento até aproximadamente 15 °C ± 1 °C (FONTES et al, 2008). Já a quitosana foi preparada com uma suspensão de 1,5 % em água com 1,0 % de ácido acético glacial, sob agitação durante 4 horas à 25 °C ± 1 °C, para completa dissolução, adaptado de JIANG, LI (2001). Características técnicas da quitosana (marca Polymar[®]) utilizada: aparência – pó de cor creme e odor característico; densidade-0,32 g/mL;

granulometria- 95 % passa em 80 mesh; pH- 7,90; viscosidade – 50 cPs a 20,0 °C, LVt 31, torque de 11,7 %; grau de desacetilação- 86,30 %.

A unidade experimental consistiu em uma bandeja de poliestireno, com oito fatias envolta com uma camada de filme PVC esticável, com espessura de 9 µm, e armazenadas por quatro períodos simulando um teste de vida útil (TVU): 0 dias (P1), 3 dias (P2), 6 dias (P3) e 9 dias (P4) em câmara fria a uma temperatura aproximada de 4 °C ± 1 °C e UR de 90 % ± 5 %. O fluxograma ilustrado da Figura 5 mostra as principais etapas das maçãs até o produto final embalado.

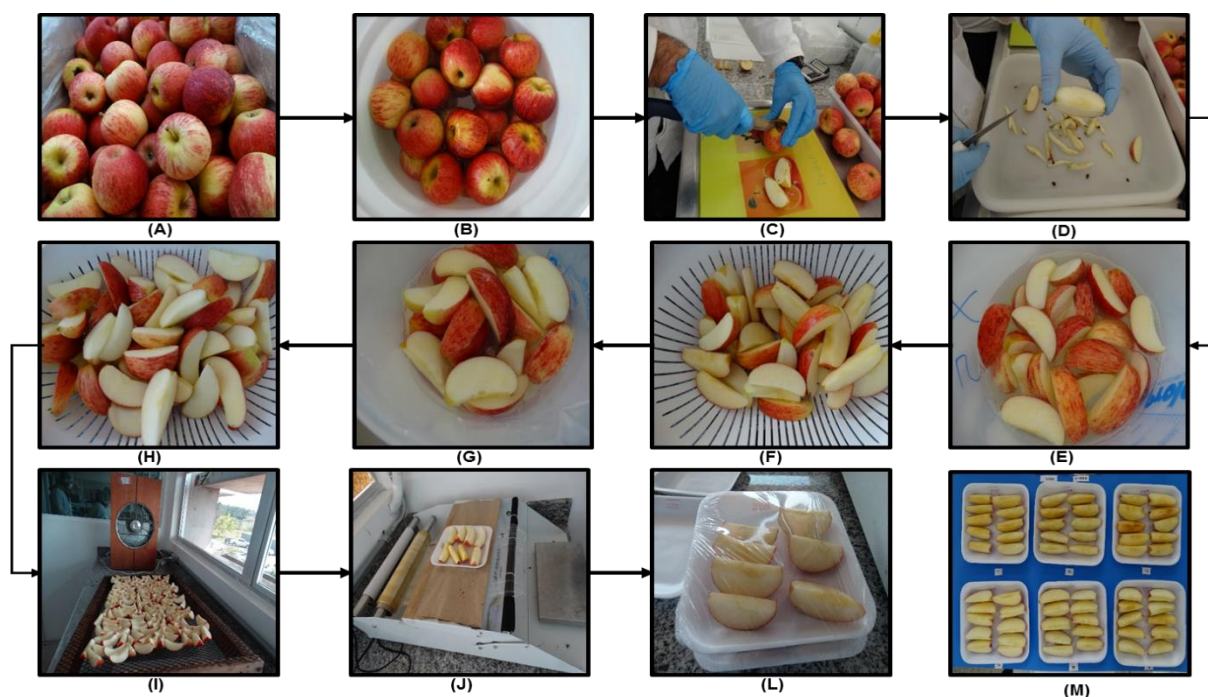


Figura 5: Fluxograma ilustrado: (A) - maçãs em caixa de transporte; (B) sanitização; (C) - corte em fatia; (D) -retirada das sementes; (E) - aplicação do antioxidante; (F) - drenagem; (G) - aplicação das coberturas comestíveis; (H) - drenagem; (I) - secagem com ar forçado; (J) - fechamento com filme PVC; (L) - produto acabado antes do armazenamento; (M) – produto após armazenamento pronto pra ser analisado.

Fonte: o autor

Na sequência, na Figura 6, está sendo exibido o fluxograma detalhado do processo pelo qual as maçãs da cv. 'Gala' foram submetidas no presente estudo.

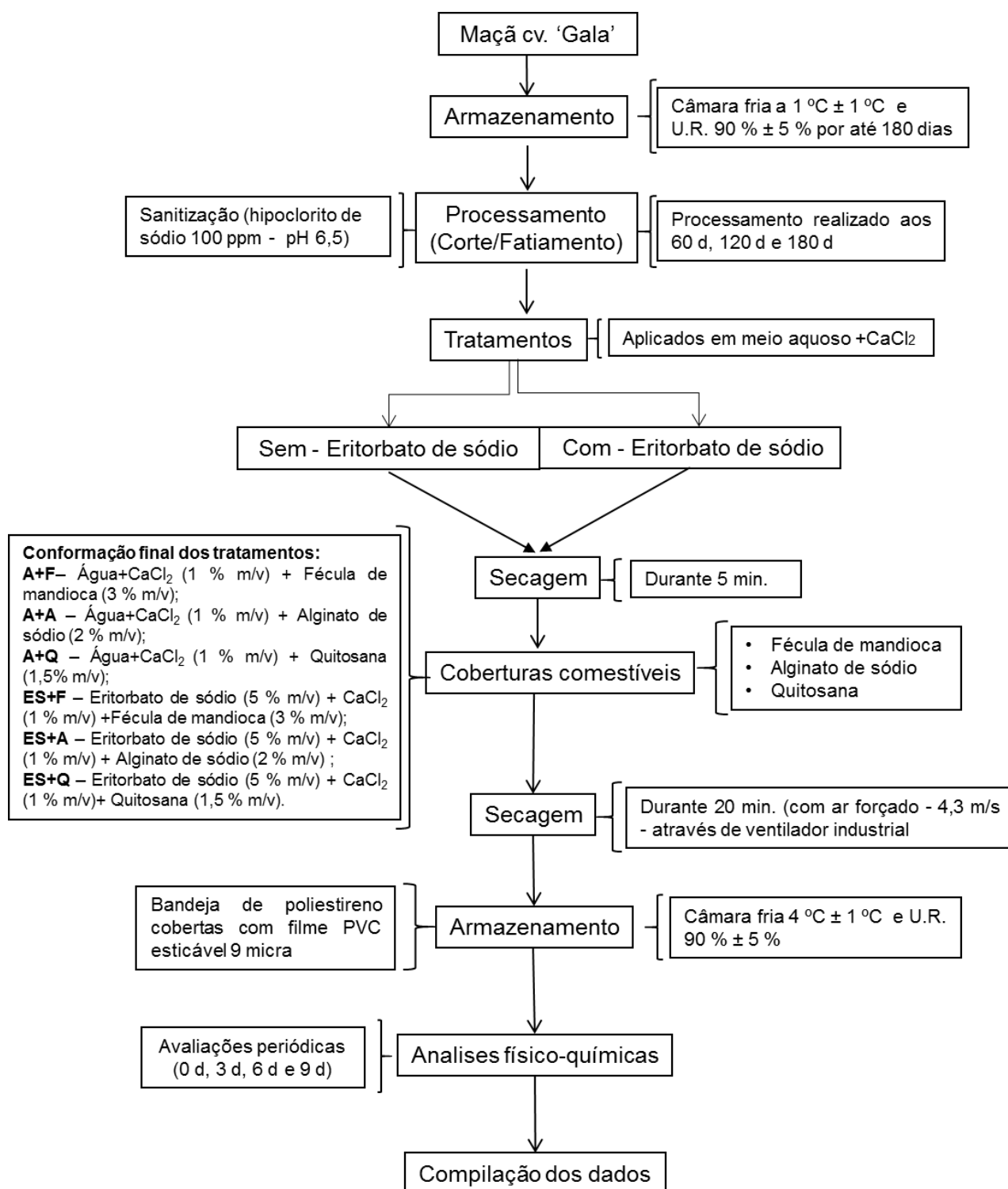


Figura 6: Fluxograma do processo em que as maçãs da cv. 'Gala' foram submetidas para realização do presente estudo.

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Determinado através de método eletrométrico, com o auxílio de um potenciômetro (peagâmetro) – diretamente no suco de maçã obtido através de centrifuga de frutas - Quimis Q400A (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.4.2 Sólidos solúveis totais (SST)

Foi medido mediante leitura no suco da maçã realizada com o refratômetro digital portátil, com correção automática de temperatura, da marca ATAGO, modelo PAL-1, sendo o resultado expresso em °Brix (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.4.3 Acidez total titulável (ATT)

Foram utilizadas 10,0 mL de suco de maçã (obtido através de centrifuga de frutas), adicionadas a 90 mL de água destilada. Após, foi feita a titulação da amostra com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ até atingir o ponto de viragem no pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido málico por $g.100^{-1} \text{ g}$ de polpa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.4.4. Açúcares redutores e não redutores

Determinada através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Maldonade et al. (2013). Foi pesado em Becke, 3,0 gramas de maçã fresca, foi adicionado água destilada no volume de 150,0 mL, homogeneizado em *mixer* por 3 minutos. A amostra foi filtrada com auxílio de algodão. Retirou-se 0,5 mL do sobrenadante e fazer o teste de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS).

Para quantificação dos açúcares não-redutores foi necessário fazer uma hidrólise da amostra. Neste caso, retirou-se 2,0 mL do sobrenadante e adicionando 2,0 mL de HCl 2 mol.L^{-1} a mistura foi aquecida em banho-maria em ebulição por 10 minutos. Resfriou-se a amostra em banho de gelo e acrescentou-se 2,0 mL de NaOH 2 mol.L^{-1} agitando-a. Retirou-se 0,5 mL do sobrenadante para se fazer o teste de DNS.

3.4.4.1 Teste de DNS: procedimento de determinação de açúcares redutores

Pipetou-se 0,5 mL da amostra em um tubo de ensaio adicionado de 0,5 mL do reagente DNS. Posteriormente, foi aquecido banho-maria a 100,0 °C durante 5 minutos. Resfriou-se o tubo em banho de gelo por 5 minutos. Adicionou-se 8,0 mL da solução de tartarato duplo de sódio e potássio. A leitura da absorbância foi realizada em comprimento de onda de 540 nm. Os resultados foram expressos em $\text{g} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ de fruta fresca.

3.4.5 Firmeza da polpa

Mensurada de acordo com Melo; Vilas Boas; Justo, (2009) utilizando texturômetro eletrônico TA-XT plus 40855 com ponteira de 2 mm de diâmetro, profundidade de penetração de 5mm, velocidade de pré-teste de $1,0 \text{ mm s}^{-1}$; teste de $2,0 \text{ mm s}^{-1}$; pós-teste de $10,0 \text{ mm s}^{-1}$ e força de 5 kgF. A leituras realizadas na porção mediana das fatias de maçã com o resultado sendo expresso em Newton (N);

3.4.6 Perda de massa

Para avaliação da perda de massa foi registrado o peso da fruta no dia de aplicação do tratamento (P_i) e no dia da avaliação (P_f). A porcentagem de perda de massa se deu pela seguinte equação: Perda de massa (%) = $(P_i - P_f) / P_i \cdot 100$, mensurada conforme Pereira et al. (2006).

3.4.7 Avaliação da cor

A avaliação da cor de superfície das maçãs minimamente processadas foi realizada nas duas faces das fatias. A cor foi ensurada com calorímetro Minolta CR-400 na região equatorial do fruto, com sistema de leitura CIE $L^*a^*b^*$, proposto pela *Comission Internacionale de l'Eclairage* (CIE). Com esses parâmetros, foram avaliadas as coordenadas cilíndricas Cromaticidade (C^*) pureza ou intensidade da cor (1.1), tonalidade (h°) – cor propriamente dita (1.2) (convertido em graus) de acordo com Bible; Singha, (1993) e o Índice de Escurecimento (IE) (1.3), calculado de acordo com Palou et al., (1999).

$$\text{Equações: [1.1] } Croma = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad [1.2] \text{ Hue} = \text{arctan}(a^*/b^*)$$

$$[1.3] \text{ IE} = \frac{[100(X-0,31)]}{0,172} \text{ em que: } X = \frac{[a^* + 1,75L^*]}{5,645L + a^* - 3,02b^*}$$

3.4.8 Taxa respiratória

Avaliada conforme Pinela et al. (2016), onde a maçã foi cortada de forma longitudinal em 8 fatias e acondicionada em uma bandeja de poliestireno expandido 4 x 15 x 15 (altura x largura x largura) e recoberta por filme de policloreto de vinila (PVC) de 9 micra. Durante os 4 períodos de avaliação, perfurou-se o filme de PVC para retirada de uma porção dos gases, em seguida recobrando o furo com fita adesiva. Avaliou-se o teor de CO₂ e O₂ contido dentro da embalagem com auxílio de um analisador portátil de gases (Oxybaby 6.0, WITT-GASETECHNIK, D-58454 Witten Germany), previamente calibrado por amostragem do ar atmosférico. Os valores foram expressos em percentagem.

3.4.9 Compostos fenólicos totais (CFT)

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada através método de Folin-Ciocalteu, o qual baseia-se na transferência de elétrons, em meio alcalino, dos compostos fenólicos para complexos fosfotúngsticos/fosfomolibdênicos, formando complexos azuis que podem ser facilmente mensurados por espectrofotometria numa faixa de 700 a 765 nm (AINSWORTH, GILLESPIE, 2007; MAGALHÃES et al., 2008). Os compostos fenólicos totais foram quantificados pelo protocolo descrito por Swain e Hillis (1959), adaptado a micro volumes. Para extração, foram homogeneizadas 0,25 g de amostra liofilizada, triturada em 10 mL de metanol (P.A.), em seguida, homogeneizadas com o auxílio de um vortex (Velp® Scientifica), por aproximadamente 1 minuto ou até a amostra ficar completamente homogeneizada. Após, foi centrifugado a 3.200G em centrífuga (EPPENDORF – Centrifuge 5810 R), a uma temperatura de 1 °C por 30 minutos. O sobrenadante foi coletado e armazenado em eppendorfs sob temperatura de -18 °C. Para composição das amostras que foram levadas para leitura em espectrofotômetro, foram utilizados 35 µL desse sobrenadante, 180 µL de água ultrapura e 35 µL do reagente Folin-Ciocalteu (0,25 N). Após 3 minutos, a solução foi neutralizada com 50 µL de solução de Na₂CO₃ 1 mol.L⁻¹. As microplacas foram mantidas no escuro por 2 horas. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190, comprimento de onda

de 725 nm. O ácido clorogênico foi utilizado como padrão para construção da curva de calibração. O teor de compostos fenólicos totais foi expresso em mg de ácido clorogênico. 100^{-1} g de fruta fresca.

3.4.10 Atividade antioxidante (AA)

Determinada através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Brand-Williams et al. (1995). Este método é baseado na captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância a 515 nm. A extração foi igual àquela utilizada para os compostos fenólicos totais de onde foram utilizados 35 μ L do sobrenadante e 250 μ L de DPPH diluído. Após 2 horas e 30 minutos foi realizada a leitura em espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190, comprimento de onda de 515 nm. Os resultados foram expressos em mg Trolox. 100 g $^{-1}$ de fruta fresca.

3.4.11 Atividade enzimática

A determinação da atividade enzimática da PFO e PO foi realizada por método colorimétrico, de acordo com protocolo adaptado de Cano, et al., (1997), Toralles, et al., (2005) e Oliveira et al. (2007). O extrato para essas análises foi preparado utilizando 5 gramas da amostra fresca diluindo em 20 mL de tampão fosfato pH 6,0 adicionado de 0,2 gramas de PVPP, sendo posteriormente triturada com auxílio de ultra turrax. O extrato foi centrifugado com posterior coleta do sobrenadante para análise de proteína e enzimática.

3.4.11.1 Polifenoloxidase (PFO)

A determinação de PFO foi feita utilizando um leitor de microplacas (MOLECULAR DEVICES-spectramax 190). Cada microplaca contém 96 poços, onde foram adicionados 55 μ L do extrato enzimático, 220 μ L do mix de reação (1,5 mL de tampão fosfato pH 6,5 + 0,5 mL de catecol na concentração de 0,05 M e 2,0 mL de água), a microplaca foi levada para incubação a 37 °C com leitura a 425 nm no tempo zero e tempo de 10 minutos. Os resultados foram expressos em U/ μ g $^{-1}$ de proteína.

3.4.11.2 Peroxidase (PO)

A reação foi composta de 45 μ L do extrato enzimático, e 230 μ L do mix de reação (1,5 mL do tampão pH 6,5 + 2,0 mL de água destilada + 1,0 mL de peróxido de hidrogênio na concentração de 0,08 % e 0,5 mL de guaiacol na concentração de

1 %, Foi realizado leitura a 470 nm no tempo zero e tempo de 10 minutos utilizando espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190. A atividade enzimática foi calculada com base na quantidade de proteína, onde uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que causa o incremento na absorvância de $0,01 \text{ min}^{-1}$. Os resultados foram expressos em $\text{U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína.

3.4.11.3 Proteína

Quantificada através método do ácido biacínico (BCA) proposto por Smith et al., (1985), com curva padrão de Albumina bovina (BSA). Foi adicionado 10 μL do extrato enzimático e 200 μL do mix do reagente BCA 50:1 (196 μL do reagente A + 4 μL do reagente B) sendo incubado por 30 min a 37 °C. Após a incubação as amostras foram lidas a 562 nm em espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g. g}^{-1}$ de fruta.

3.4.12 Análise sensorial

Para composição da equipe de avaliadores das maçãs minimamente processadas do cultivar 'Gala', foi distribuída uma ficha convite para os funcionários e bolsistas da Embrapa Clima Temperado, sendo 25 pessoas selecionadas e treinadas. Os funcionários que já possuíam experiências anteriores em análise sensorial de frutas foram priorizados. Nesse meio tempo foi enviado ao comitê de ética o projeto para aprovação o que gerou o CAAE: 57382915.9.00005317. Cada julgador selecionado para realizar o treinamento e os testes sensoriais, assinou o termo de consentimento.

Após a seleção dos interessados em participar, iniciou o treinamento dos avaliadores através de explicação das características que cada atributo deveria apresentar. Os atributos treinados nesta fase foram: uniformidade da cor, escurecimento, odor característico, firmeza, crocância, suculência, sabor característico e qualidade geral. Utilizou-se neste treinamento maçãs de aproximadamente 110 g para o processamento mínimo, onde: cortou-se as maçãs longitudinalmente em 8 fatias de aproximadamente 12 g cada, retiradas as sementes e manteve-se a casca. Estas amostras foram preparadas 5 minutos antes do início do treinamento e apresentavam características da fruta *in natura*, pois desejava-se mostrar aos avaliadores as características ideais das maçãs tratadas com agentes

coadjuvantes (estes agentes não deveriam interferir nos atributos sensoriais das frutas).

No segmento do treinamento, foram utilizados testes discriminativos (comparação pareada e teste de avaliação de atributos com escala não estruturada com amostra padrão), os modelos dos testes podem ser visualizados nos apêndices A e B, respectivamente.

Para treinar as avaliações de cor e uniformidade da cor, utilizou-se fatias com as mesmas características descritas acima para a amostra padrão e maçãs MP sem a adição de agentes coadjuvantes com diferentes períodos de armazenamento. No treinamento das variáveis firmeza, crocância e suculência, utilizou-se a amostra padrão e amostras tratadas com agentes que não alteravam cor, sabor e odor, mas que permitiam uma maior desidratação da fruta. Nesta fase os julgadores deveriam perceber as alterações nos atributos treinados em relação à amostra controle.

Para o treinamento das variáveis, sabor e odor característico, utilizou-se maçãs tratadas com agentes coadjuvantes que com 3 d, 6 d e 9 dias de armazenamento sem alteração na cor, mas com alteração no odor e sabor característico. Por fim, a variável qualidade geral foi treinada observando que nesta fase havia maçãs com alteração apenas na cor, mas que mantinham os outros atributos, bem como maçãs que mantinham apenas a cor característica, mas todos os outros atributos estavam modificados, dessa forma, os julgadores deveriam fazer um mixer dos atributos que na sua percepção eram mais importantes e atribuir a intenção de compra daquela amostra.

Os treinamentos acima descritos ocorreram por um mês (3 encontros por semana) com a cultivar de maçã 'Gala'. O término do período de treinamento da equipe ocorreu quando os avaliadores conseguiam distinguir diferenças sutis entre os atributos que foram treinados e que, posteriormente, seriam avaliados (uniformidade da cor, escurecimento, odor característico, firmeza, crocância, suculência, sabor característico e qualidade geral).

Por fim, foi fornecido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido juntamente com a ficha de avaliação contendo o termo descrito para cada um dos atributos avaliados. As fichas eram compostas de escalas não estruturadas de 9 pontos (apêndice C), cujo extremo esquerdo corresponde à menor intensidade e o direito à maior intensidade do atributo. Sendo realizado em cabines com condições de iluminação adequada e com ausência de odores e ruídos com 15 julgadores treinados.

Cada julgador recebeu 5 amostras individualmente codificadas de maçã MP tratadas com os diferentes tratamentos estudados em uma bandeja de poliestireno com as seguintes dimensões C x L x A (22 x 12 x 3 cm) juntamente com um copo d'água para limpeza do palato entre uma amostra e outra. A disposição das amostras na bandeja foi feita por sorteio e alterada a cada encontro, cada gomo com casca de maçã MP pesava aproximadamente 12 g, estes foram servidos a uma temperatura aproximada de 10 °C, nos horários entre 9 h – 11 h e 14 h – 16 h, duas vezes por semana (a avaliação do experimento foi realizada com 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias de armazenamento dos MP em câmara fria a 4 °C ± 1 °C).

3.4.13 Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial composto por seis tratamentos (3 com coberturas associadas ao eritorbato de sódio e outros 3 com coberturas sem adição o eritorbato de sódio) associados a coberturas e quatro períodos de armazenamento (6 x 4). A unidade experimental, foi constituída por uma bandeja com oito fatias de maçã com três repetições. Os dados das variáveis físico-químicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância (AV), em primeiro momento comparando os MP sob influência dos tratamentos dentro de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60d, 120d e 180 dias) no decorrer dos 9 dias de armazenamento do MP. Num segundo momento comparado cada tratamento sob influência do armazenamento das maçãs *in natura*. Nos dois momentos quando estes resultados se apresentaram significativos ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) ($p \leq 0,05$). Estas análises foram realizadas com auxílio do programa STATISTICA 10.0.

Também os dados foram analisados mediante a técnica estatística multivariada denominada análise fatorial de correlações. Com essa finalidade foi realizado primeiramente o cálculo da matriz de correlações e logo procedeu-se a extração dos fatores mediante o método de Componentes Principais. Dentre os fatores a conservar foi utilizado o critério de Kaiser, que consiste em conservar os componentes principais com valores próprios maiores que a unidade. Logo, para facilitar a interpretação, os fatores foram rotados aplicando-se a rotação ortogonal Varimax, a qual minimiza o número de variáveis que possuem saturações altas em um fator sendo logo

calculadas as pontuações fatoriais para cada variável. Estas análises foram realizadas com auxílio do programa Statgraphics Centurion XVI.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito dos tratamentos das maçãs do cultivar 'Gala' minimamente processadas armazenadas por 4 períodos (0 d, 3 d, 6 d e 9 dias) com UR 90 % \pm 5 % e temperatura de 4 °C \pm 1 °C, a partir de maçãs *in natura* armazenadas por 60 d, 120 d e 180 dias em câmara refrigerada (UR 90 % \pm 5 % e temperatura de 1 °C \pm 1 °C, são descritos a seguir.

4.1 Características físico-químicas

Os resultados obtidos na avaliação do pH nas maçãs MP, provenientes de frutas armazenadas em condições controladas por 60 d, 120 d e 180 dias, estão apresentadas na Figura 7. O pH inicial (caracterização ou tempo zero) aos 60 dias foi menor em comparação aos valores iniciais dos outros tempos de armazenamento da maçã *in natura*.

Com relação ao pH nos períodos avaliados, pode-se observar que o tempo de armazenamento da maçã *in natura* teve pouca influência sobre os valores de pH uma vez que a variação entre os 3 períodos avaliados não passou de 0,20 mostrando que o tempo de armazenamento tem pouca influência sobre o pH. Aos 60 dias de armazenamento refrigerado, após o PM, observou-se que os valores encontrados para o tratamento ES+A foi superior em todos os períodos do teste de vida útil. De uma maneira geral todos os tratamentos utilizados apresentaram uma tendência de redução do pH ao longo dos dias do teste de vida útil (TVU) do MP. Sendo as maçãs MP tratadas com ES+Q a que apresentou as maiores diferenças entre os dias de armazenamento com maior valor no tempo zero (3,91) e menor valor em 3 dias de armazenamento (3,78) (Figura 7A).

Observou-se que os produtos minimamente processados elaborados após 120 dias de armazenamento refrigerado das frutas inteiras (Figura 7B), há uma tendência de queda do pH em todos os tratamentos, independente da utilização ou não de agentes coadjuvantes. Sendo o tratamento A+F o que apresentou o menor pH entre eles. Essa tendência de redução ao longo do TVU dos MP, vai ao encontro dos resultados encontrados por Pizato et al., (2013).

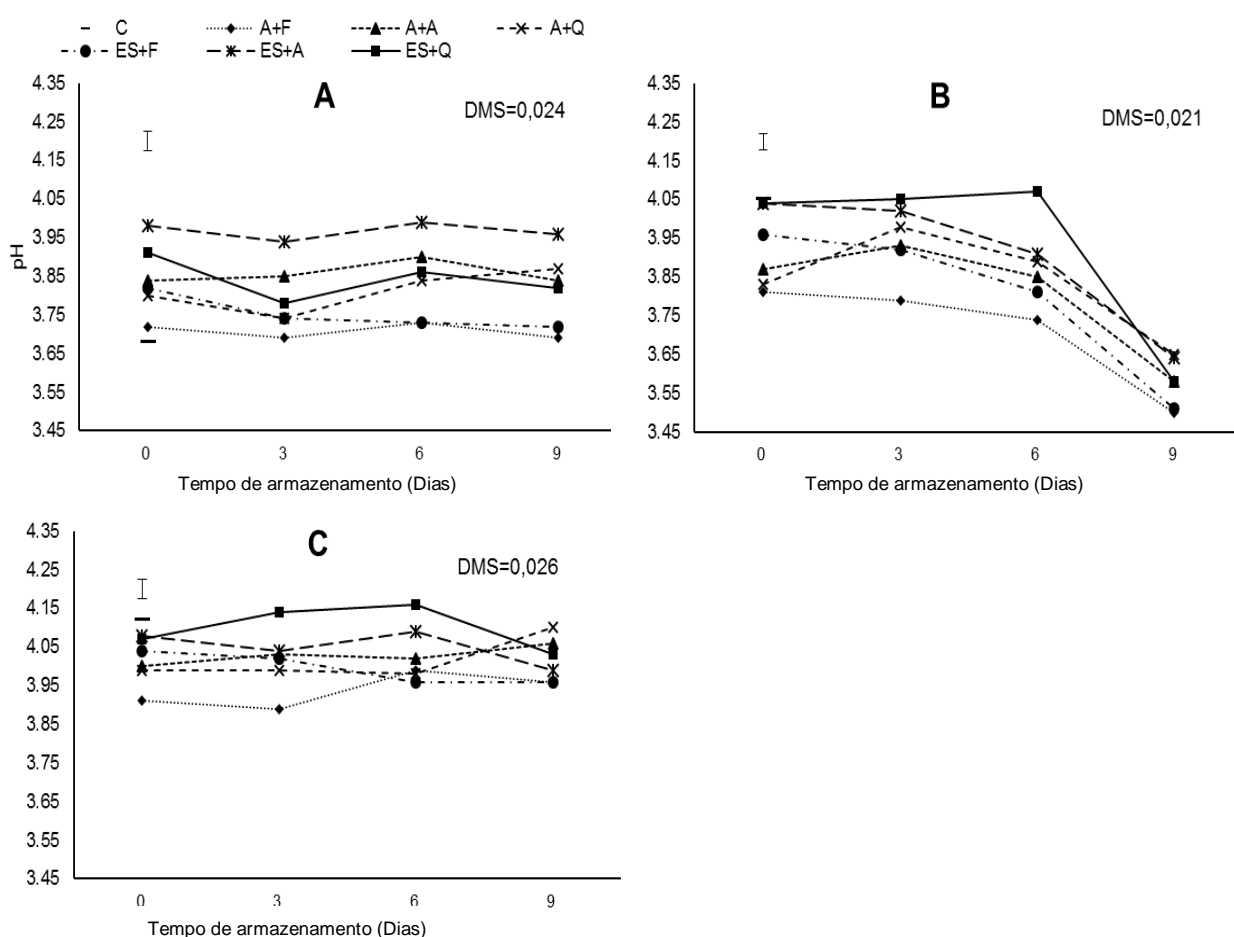


Figura 7: Valores de pH em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** H_2O + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H_2O + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H_2O + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Em 180 dias, observou-se que o tratamento ES+Q apresentou os maiores valores de pH até o sexto dia em comparação aos demais tratamentos (Figura 7C). Já em relação aos demais tratamentos, eles apresentaram uma tendência de igualdade ao longo do TVU. Fontes et al, (2008) estudando maçã MP armazenadas durante 13 dias, tratadas com fécula de mandioca e alginato de sódio encontraram valores de pH variando de 3,71 a 3,77 e 3,99 a 4,13, respectivamente. Os valores levemente superiores encontrados para o alginato de sódio neste estudo, foram semelhantes aos encontrados por esses autores.

Quando foi avaliado o pH em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura* (Figura 8), observou-se que todos os tratamentos tiveram aumento nos valores no TVU dos MP. Sendo os MP tratados com ES+A e ES+Q os que apresentaram os maiores valores e A+F os menores. Exceto em 9 dias do TVU, onde todos os tratamentos tiveram redução dos valores em comparação com o tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 d, 120 d e 180 dias).

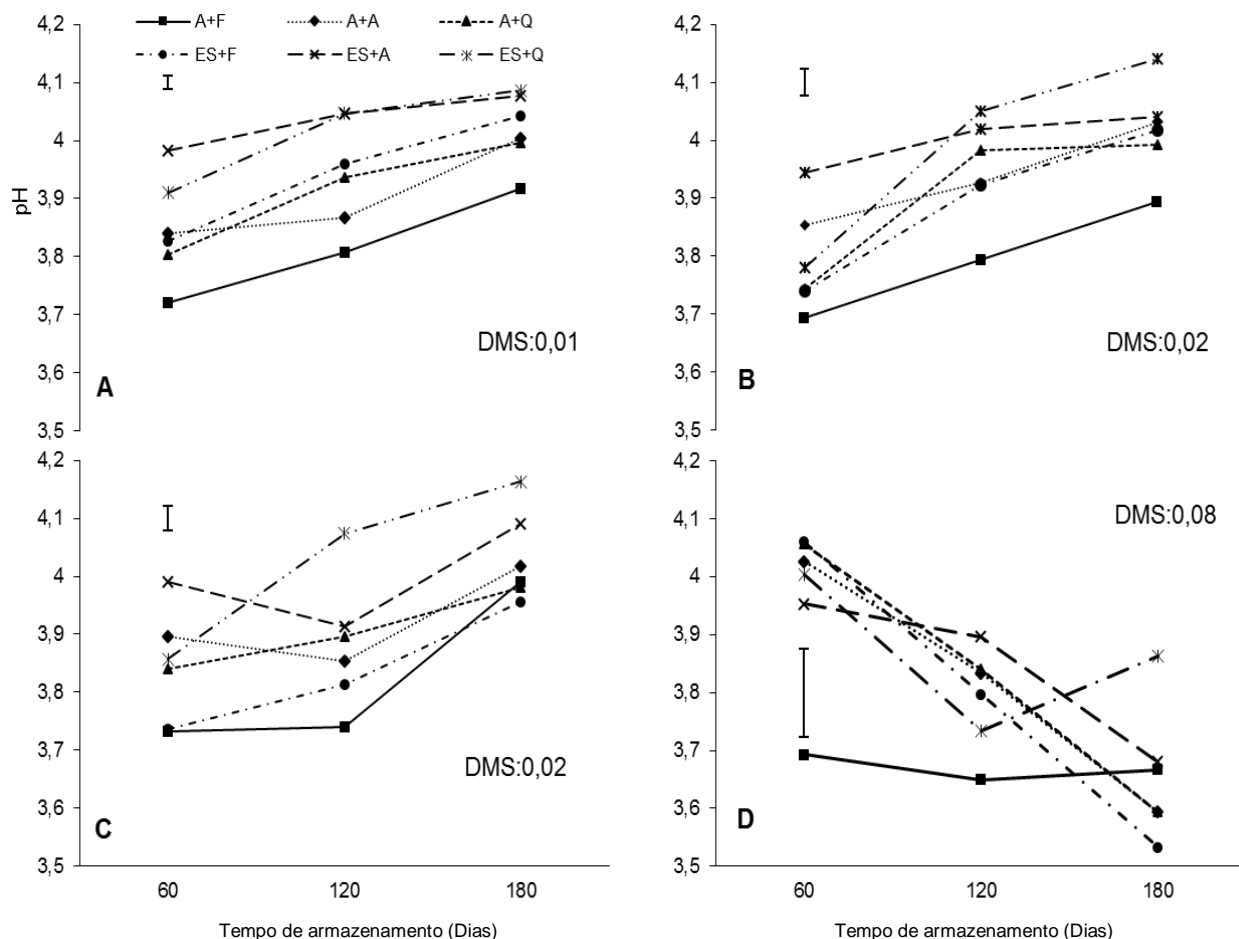


Figura 8: Avaliação do pH em maçãs MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de vida útil dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Em relação ao SST inicial da maçã *in natura*, antes do processamento, apresentaram um valor médio de 11,91 ao longo dos 180 dias de armazenamento. O tratamento ES+Q na maçã MP proveniente de fruta *in natura* com 60 dias de

armazenamento, apresentou valores superiores de SST aos demais tratamentos ao longo do TVU do MP, com valor médio de 12,10. O MP contendo fécula de mandioca associado ao eritorbato de sódio (ES+F) apresentou valores inferiores aos 6 e 9 dias no TVU, onde os valores foram de 11,17 e 11,27, consecutivamente, somente no sexto dia o tratamento ES+A foi estatisticamente igual ao tratamento A+A com valor de 11,33. Na avaliação dos tratamentos em função do TVU apenas o ES+F teve diferença no tempo zero em relação aos demais (Figura 9A).

Na maçã processada com 120 dias, o tratamento ES+F teve valores superiores ao sexto dia, sendo o valor de 12,77. Ressaltando os valores de SST de todos os tratamentos coadjuvantes observa-se uma leve redução dos mesmos com o passar dos dias de teste de vida útil (TVU) do MP. Wu et al, (2007) estudando diferentes cultivares de maçãs, encontrou valores semelhantes aos verificados no presente estudo, valores estes variando 10,48 a 14,68 °Brix em diferentes cultivares de maçãs. A maçã MP tratada com ES+A apresentou diferença nos dias de armazenamento do TVU, entre o tempo zero (12,63) e terceiro dia de TVU com valor de 11,80. O tratamento A+Q exibiu os menores valores durante os 9 dias de TVU (Figura 9B).

Aos 180 dias, o tratamento ES+A apresentou valores superiores a partir do terceiro dia do TVU se mantendo assim até o final das avaliações, juntamente com o tratamento ES+F. Em oposição ao maior teor de SST o tratamento A+Q apresentou os menores valores em todos os dias do TVU. Na avaliação dos tratamentos nos dias do TVU apenas os tratamentos A+F e A+A não tiveram aumento na quantidade de SST durante o período de avaliação, uma vez que os valores finais foram inferiores aos valores encontrados no início (Figura 9C). Segundo Costa; Balbino (2002), existe a possibilidade de aumento dos valores de SST pela perda da umidade, como pode ser observado no presente estudo, porém alguns tratamentos tem uma redução nos valores, o que pode estar associado ao consumo de açúcares, devido ao maior metabolismo respiratório da fruta (PIZATO et al., 2013).

Fontes et al, (2008) estudando maçã MP tratadas com diferentes coberturas incluindo fécula de mandioca e alginato de sódio armazenadas durante 13 dias também observaram valores variando 13,2 até 16,6 °Brix em maçãs tratadas com fécula de mandioca. Já no MP tratados com alginato de sódio encontraram valores variando de 13,0 até 16,4 °Brix. Ambas as coberturas utilizadas no presente estudo apresentam valores dentro do intervalo de SST encontradas por esses autores.

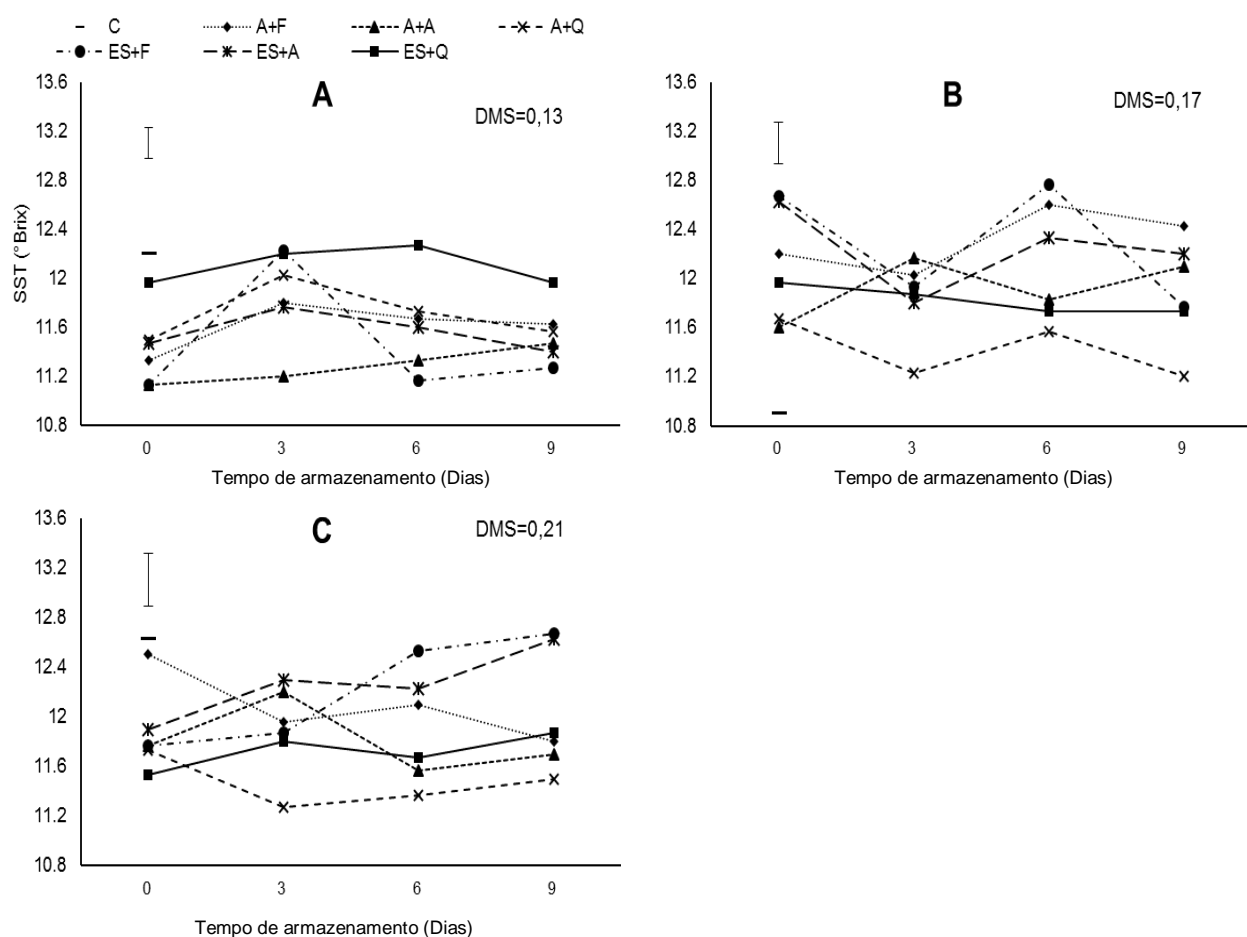


Figura 9: Avaliação de sólidos solúveis totais (SST) - °Brix - em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação os SST encontrados nos MP em relação ao tempo de armazenamento da maçã, observa-se que os MP tratados com A+A apresentam uma evolução nos valores em zero dias do TVU do MP em função dos 180 dias de armazenamento da maçã *in natura*, mostrando que as maçãs continuaram o processo normal de maturação, melhorando assim as características organolépticas, uma vez que quanto maior o SST mais agradável será o sabor das frutas (BLEINROTH, 1992). Já os demais tratamentos apresento redução nos valores (Figura 10).

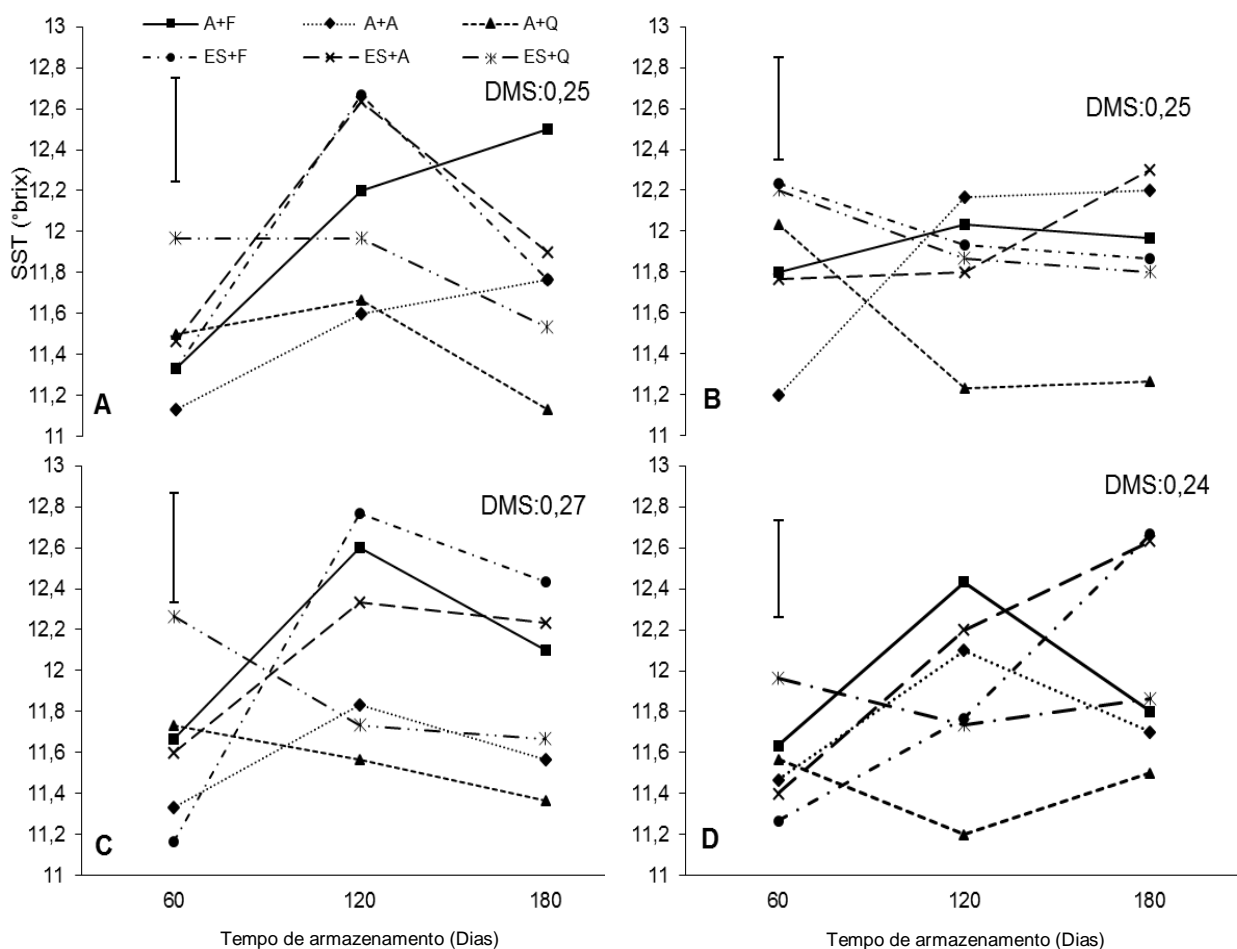


Figura 10: Avaliação de sólidos solúveis totais (SST - °Brix) em maçãs MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP de armazenamento dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A acidez total titulável (ATT) constitui um fator de grande importância para o sabor e aroma das frutas sendo que o pH influencia no escurecimento oxidativo dos tecidos vegetais. Os ácidos orgânicos também são usados como substrato respiratório ou da sua transformação em açúcares sendo utilizados como substrato respiratório para fornecimento de carbono e para produção de energia nas diferentes fases do ciclo vegetal. A diminuição dos valores de ácidos orgânicos ocasiona redução na velocidade de escurecimento da fruta (CHITARRA; CHITARRA, 2005; FREITAS, 2010).

Os valores de ATT para a maçã *in natura*, antes do processamento, tiveram com valor médio 0,21 % de ácido málico.100 g⁻¹ ao longo dos 180 dias de armazenamento. Em relação a ATT encontrada na maçã MP a partir de maçã *in natura* com 60 dias de armazenamento, observou-se que os MP contendo quitosana (A+Q e ES+Q) apresentaram os maiores teores de acidez, com valores variando 0,27 % de ácido málico.100 g⁻¹ a 0,32 % de ácido málico.100 g⁻¹ ao longo do TVU. A maçã MP tratada com A+A em função dos dias do TVU apresentou diferença entre o tempo zero e o terceiro dia, com valores de 0,23 % de ácido málico/100 g⁻¹ e 0,21 % de ácido málico.100 g⁻¹, como pode ser visto na Figura 11A. Os valores para ATT nas maçãs processadas aos 60 dias apresentaram valores elevados para os tratamentos com quitosana possivelmente isso foi decorrente do próprio tratamento uma vez que o mesmo leva ácidos acético para solubilizar a quitosana, porém esse fato não aconteceu nas demais tempos de processamento (120d e 180d).

Em 120 dias, observou-se que todos os coadjuvantes apresentaram uma tendência de redução dos valores de ATT ao longo dos dias do TVU do MP, com valores médios de 0,23 % de ácido málico.100 g⁻¹ em zero dias de armazenamento e 0,19 % de ácido málico.100 g⁻¹ ao final dos 9 dias de armazenamento, como pode ser visto na Figura 11B. Em 180 dias de armazenamento, a maçã MP tratada com ES+A apresentou acidez elevada ao terceiro e ao nono dias com os valores variando de 0,21 % de ácido málico.100 g⁻¹ e 0,17 % de ácido málico.100 g⁻¹. Porém observou-se que os valores ao longo do período do TVU apresentaram uma redução nos valores de ATT como pode ser visto na Figura 11C.

O teor de acidez titulável é um dos parâmetros mais importantes na avaliação sensorial de maçãs, dado que permite prever com algum rigor o sabor ácido e o aroma das frutas (PETKOVŠEK et al.,2007). As maçãs possuem um pH ligeiramente ácido, entre 3,35 e 4,27 (VIEIRA et al.,2009) e teores de acidez entre 0,13 e 1,67 g ácido málico.100 g⁻¹ de peso fresca.

Fontes et al, (2008) estudando maçã MP armazenadas durante 13 dias, tratadas com fécula de mandioca e alginato de sódio encontraram valores de ATT de 0,32 a 0,42 em maçãs tratadas com fécula de mandioca e 0,26 a 0,36 em maçãs tratadas com alginato de sódio. No presente estudo não se observou um aumento nos valores de ATT como observado por Fontes et al, (2008) e sim uma queda.

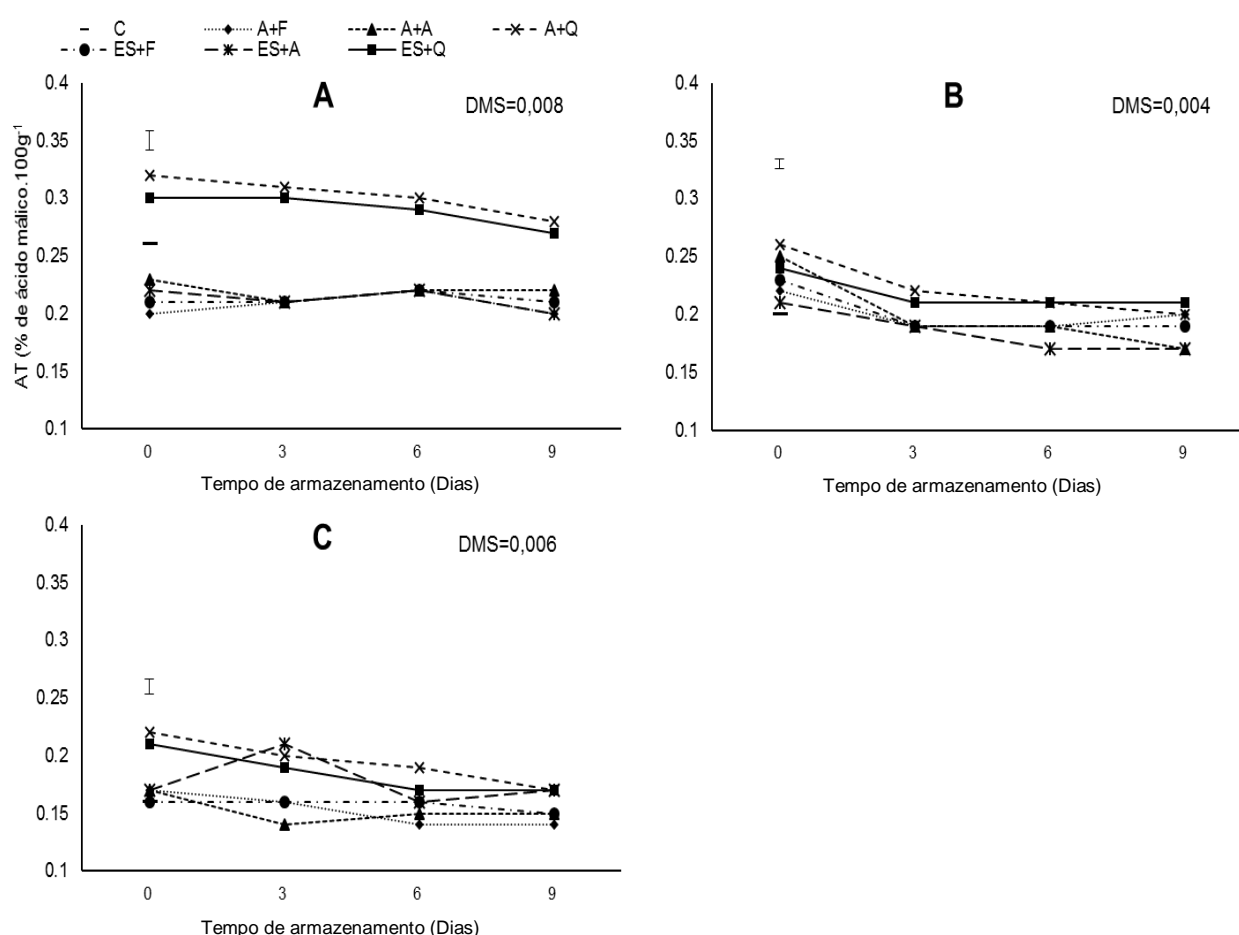


Figura 11: Avaliação da acidez total titulável (ATT) - % de ácido málico.100 g⁻¹ em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação aos valores de ATT dos MP em função do tempo de armazenamento da maçã *in natura*, observou-se que todos os tratamentos apresentaram queda nos valores de ATT no TVU do MP. Este comportamento foi semelhante ao encontrado nos valores de SST. Os valores de ATT tendem a diminuir ao longo do período de armazenamento, que é um processo natural de amadurecimento das frutas (CHITARRA; CHITARRA 2005). Os MP tratados com A+Q e ES+Q foram os que apresentam maiores quedas no decorrer dos dias de armazenamento do MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*

(Figura 12).

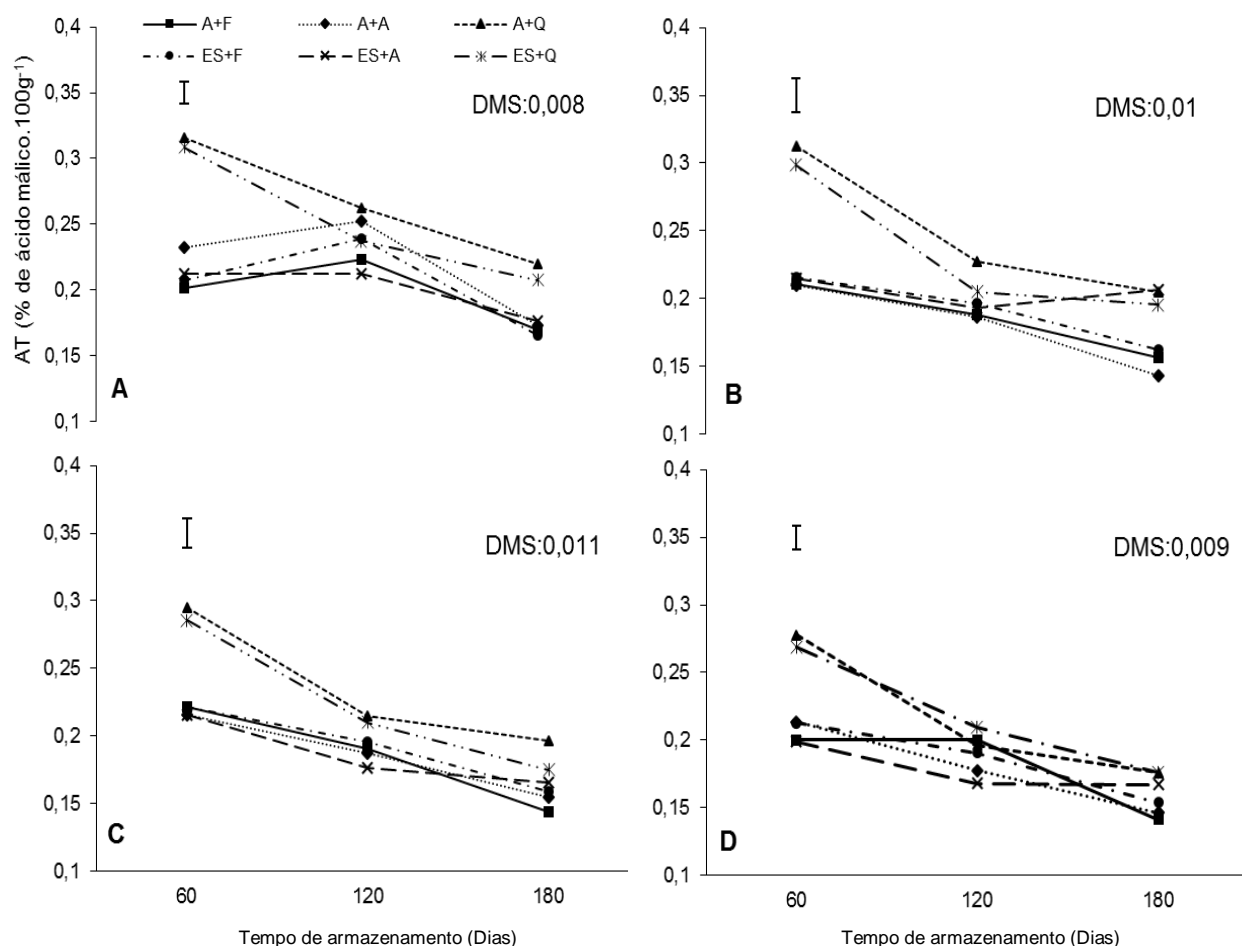


Figura 12: Avaliação da Acidez total titulável (ATT) - % de ácido málico.100 g⁻¹ em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; ; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Esses valores estão de acordo com os encontrados em maçã fresca e MP tratadas com cloreto de cálcio e ácido ascórbico, onde os valores variaram de 0,22 % a 0,23 % de ácido málico, com diminuição na presença ao longo do armazenamento, armazenamento (SABA; SOGVAR, 2016).

A relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT – *Ratio*) é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005). De acordo com Bleinroth (1992), os SST têm tendência de

aumento com o avanço da maturação, enquanto a ATT diminui com o amadurecimento, portanto, essa relação é diretamente proporcional aos SST e inversamente proporcional a ATT. Assim, a relação entre os açúcares e os ácidos orgânicos presentes nas maçãs MP mostrou uma evolução no amadurecimento com consecutiva diminuição no teor de ácidos e um incremento nos teores de SST. Observou-se um aumento nos valores do *ratio* ao longo do TVU, com valores para essa relação variando de 43,85 a 49,82 com 60 dias armazenamento. Com 120 dias, os valores variaram de 44,52 e 73,15 e com 180 dias de 50,76 a 85,34, como pode ser observado na Figura 13. Isso proporcionou aos tratamentos deste período uma maior aceitabilidade no quesito sabor.

O *ratio* para a maçã *in natura*, antes do processamento, ao longo dos 180 dias de armazenamentos notou-se um aumento, com valores iniciando em 46,92 em maçãs com 60 dias de armazenamento e chegando a 78,94 com 180 dias de armazenamento.

Após o PM em 60 dias, as maçãs MP indiferente do tratamento se mantiveram estáveis ao longo dos 9 dias do TVU, com valores médios de 45,36 em zero dias e 46,11 a final dos 9 dias (Figura 13A). Já em 120 dias de armazenamento da maçã *in natura* os valores de *ratio* tiveram uma grande evolução durante os 9 dias de TVU com valores iniciais de 51,59, chegando a 63,21 no final dos 9 dias. Sendo o tratamento A+A que apresentou a maior diferença entre zero e 9 dias do TVU, chegando a ter uma evolução de aproximadamente 22 no valor de *ratio* (Figura 13B).

Em 180 dias, observou-se a mesma tendência anterior, porém os tratamentos apresentaram uma maior diferença entre si. Os valores médios da relação SST/ATT em maçãs MP apresentaram relação de 50,76 a 85,34, superiores aos encontrados por Ferri et al. (2007) trabalhando com maçãs cv. 'Fuji'. No presente estudo o tratamento A+A apresentou os menores valores em todos os tempos do TVU avaliados com valores variando de 50,76 no tempo zero e 65,34 quando comparando entre os demais tratamentos. O período de vida de prateleira tem grande influência sobre os valores da relação uma vez que os maiores resultados foram encontrados no nono dia de armazenamento, esse fato pode ter relação com a maturação e também com a perda de água da maçã MP durante esse período (Figura 13C).

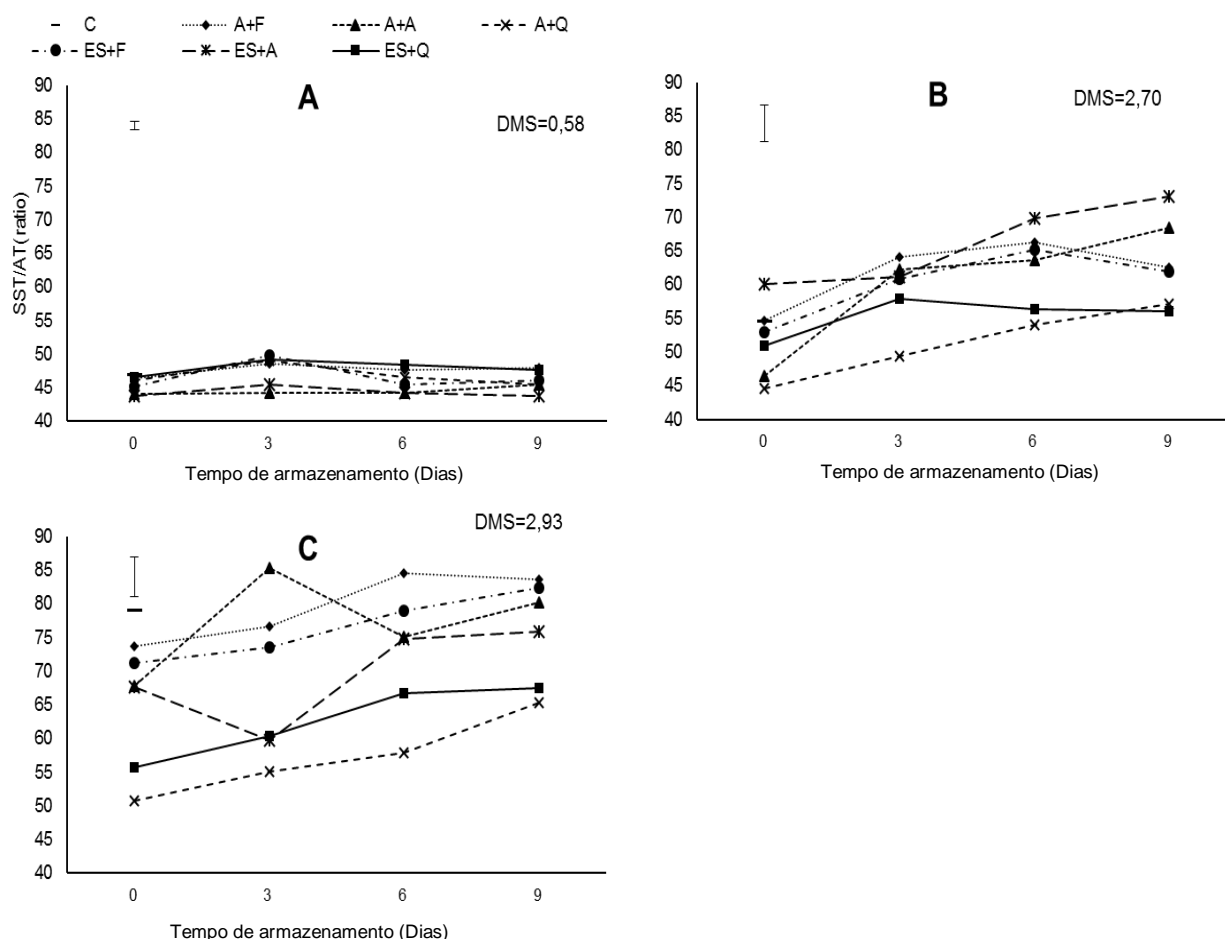


Figura 13: Determinação da relação entre SST/ATT (ratio) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 180 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A característica ácida/doce das maçãs é também fortemente influenciada pelo teor em açúcares (CHINNICI et al., 2005), o que determina que a relação entre estes e a acidez seja um dos principais índices usados para apurar as propriedades sensoriais da fruta, no que concerne à acidez e à doçura (WU et al., 2007; PETKOVŠEK et al., 2007).

O *ratio* na maçã MP em função do período de vida de prateleira da maçã *in natura* notou-se uma evolução na relação para todos os tempos avaliados dos MP,

fato esse relacionado com a queda da acidez como visto na Figura 14, fazendo assim elevar os valores de ratio. As maçãs MP tratadas com A+Q e ES+Q apresentam as menores evoluções no decorrer dos 180 dias de armazenamento da maçã *in natura* nos períodos avaliados.

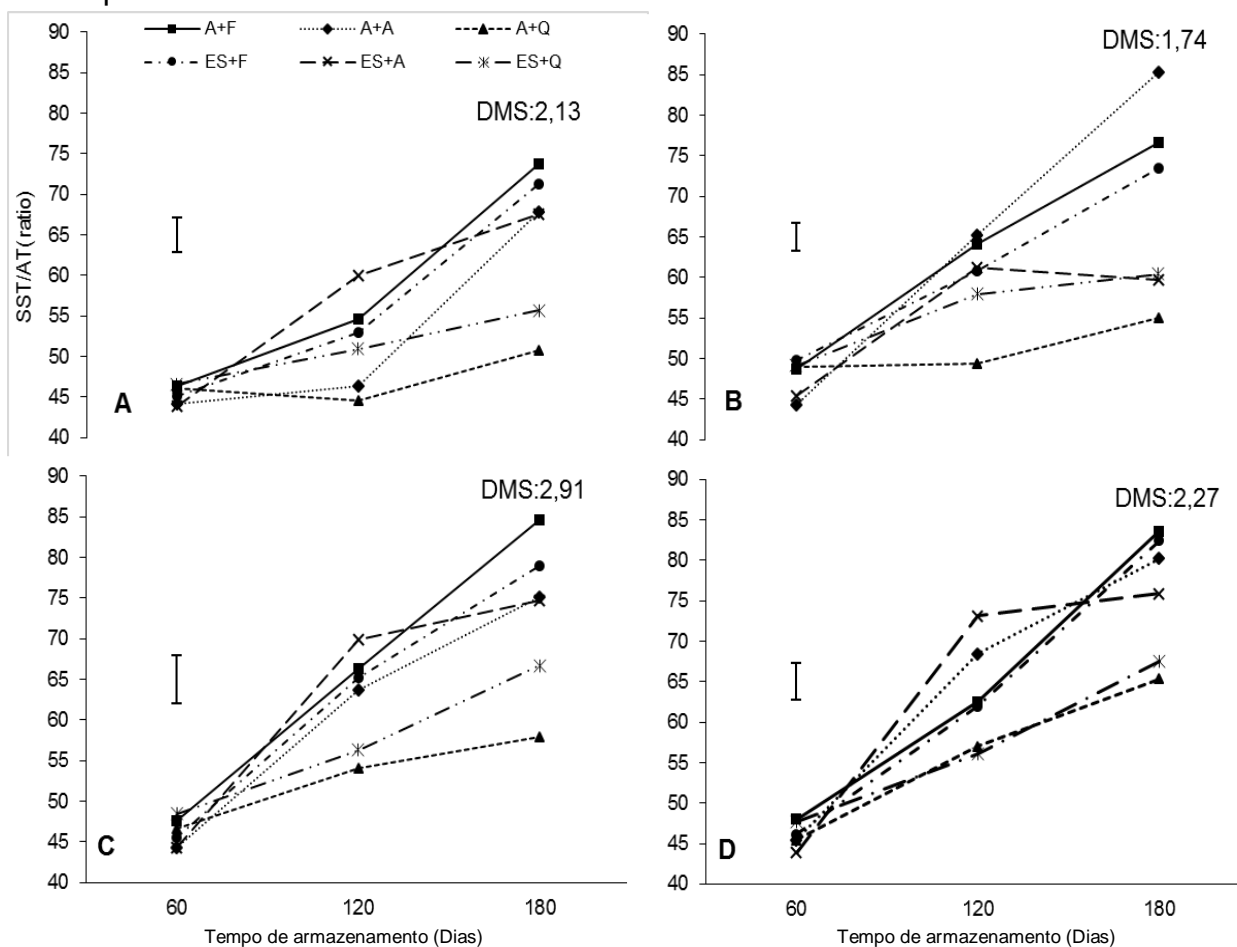


Figura 14: Determinação da Relação entre SST/ATT (*ratio*), em maçã MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C 6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Em relação a quantidade de açúcares redutores nas maçãs *in natura*, antes do processamento, observou-se uma redução de 11,07 g.100g⁻¹ de fruta fresca para 8,08 g.100g⁻¹ de fruta fresca no decorrer dos 180 dias de armazenamento (Figura 15), sendo que, mesmo ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos nos três períodos avaliados, não foi observada uma tendência clara entre eles, no entanto, ocorreu uma redução dos valores médios entre os 3 períodos avaliados, sendo o

primeiro período com 10,72, segundo com 8,67 e o terceiro com 8,21 g.100g⁻¹ de fruta fresca de açúcares redutores, após processamento. Essa tendência de queda pode ser explicada pelo fato de que os açúcares são utilizados como fonte de carbono e para produção de energia durante o armazenamento como preconizado por Chitarra & Chitarra, (2005) e Freitas, (2010).

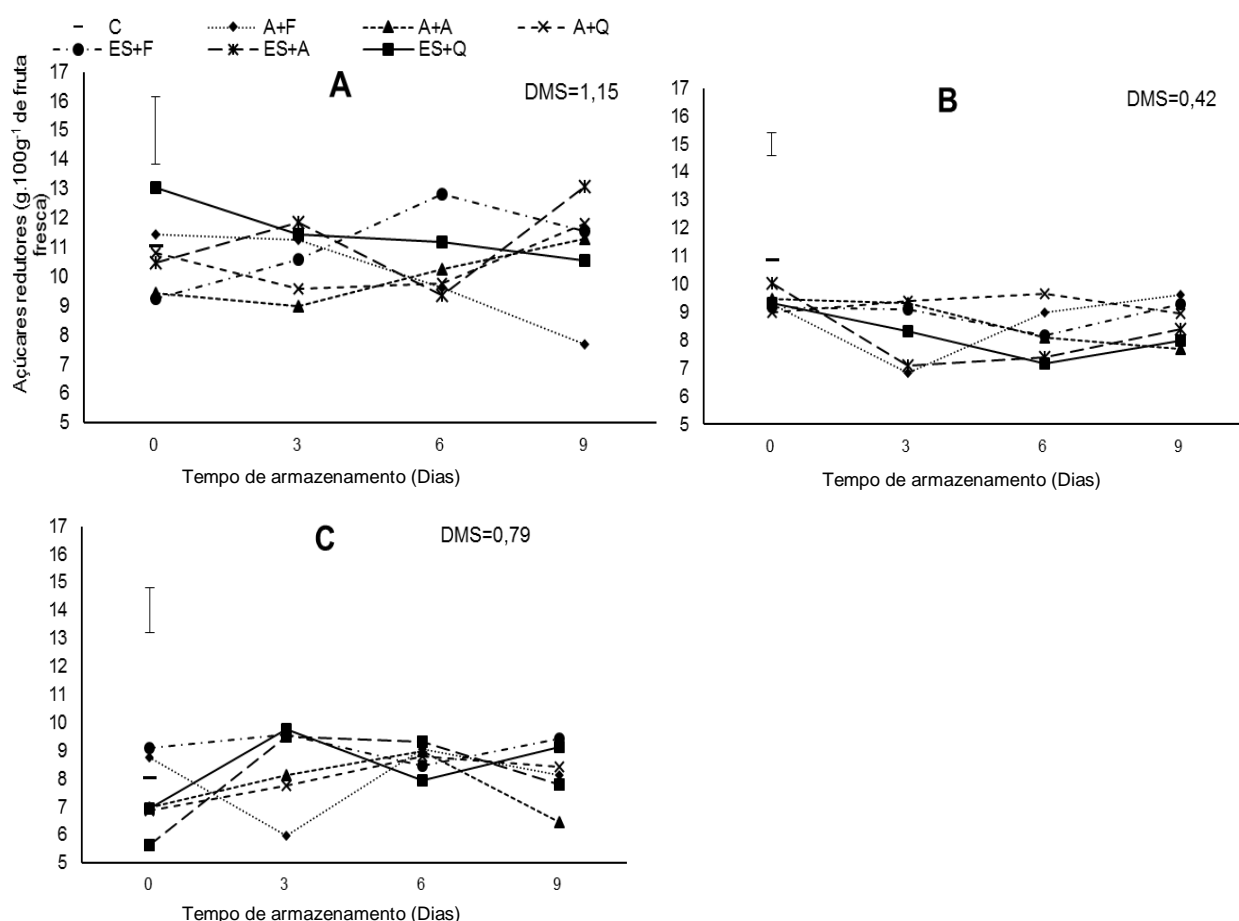


Figura 15: Determinação de açúcares redutores (g.100g⁻¹ de fruta fresca), em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 180 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS (p<0,05); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Franco (2014) estudando diferentes cultivares de maçã, incluindo a cultivar Royal Gala encontrou valores de açúcares redutores de 10,33 g.100g⁻¹ de fruta fresca, valor semelhante ao encontrado no presente estudo (Figura 15).

Os valores dos açúcares redutores nas maçãs MP em função dos dias do TVU da maçã *in natura*, nota-se queda nos valores até os 120 dias de armazenamento. A partir dos 120 dias nota-se uma estabilização nos valores dos açúcares até o final do período de armazenamento avaliado (Figura 16).

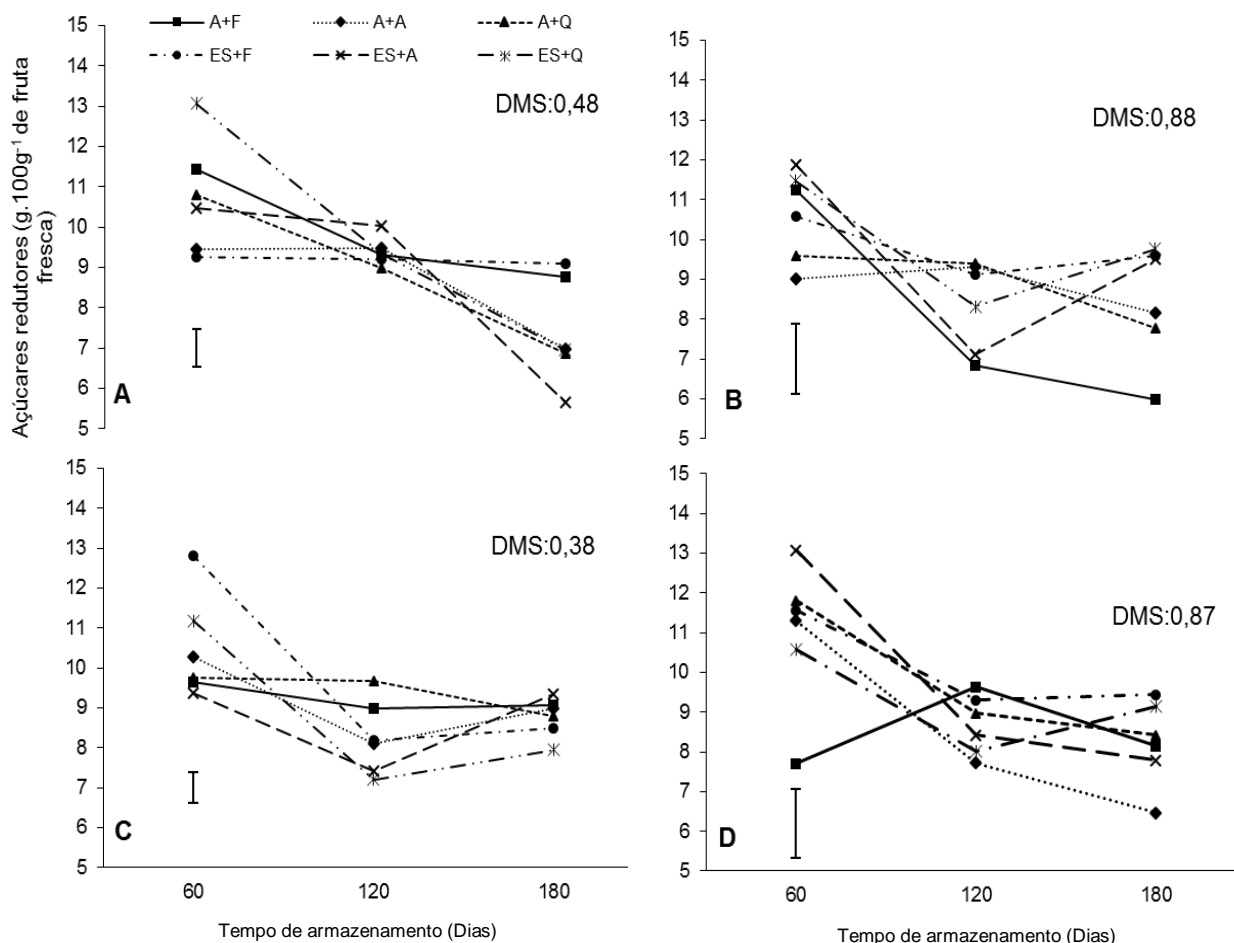


Figura 16: Determinação de açúcares redutores (g.100g⁻¹ de fruta fresca) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS (p≤0,05); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Os açúcares não-redutores da maçã *in natura*, antes do processamento, apresentaram valor médio de 5,00 g.100g⁻¹ de fruta fresca ao longo dos 180 dias de armazenamento. Em 60 dias de armazenamento, há uma redução entre todos os tratamentos, porém o tratamento A+F foi o que apresentou uma diminuição mais

acentuada entre o primeiro e nono dia de avaliação do TVU. Em 120 dias, os tratamentos mantiveram não apresentaram diferença significativa entre eles, sendo os valores médios no início e fim das avaliações do TVU onde os valores variaram de 4,26 e 4,12 g.100g⁻¹ de fruta fresca de açúcares não-redutores respectivamente. Já em 180 dias, ocorreu uma redução média de 27,3 % ao longo do TVU (Figura 17). Franco (2014) ao trabalhar com a mesma cultivar encontrou valores médios de 7,86 g.100g⁻¹ de fruta fresca de açúcares não redutores, valor esse superior aos valores encontrados no presente trabalho.

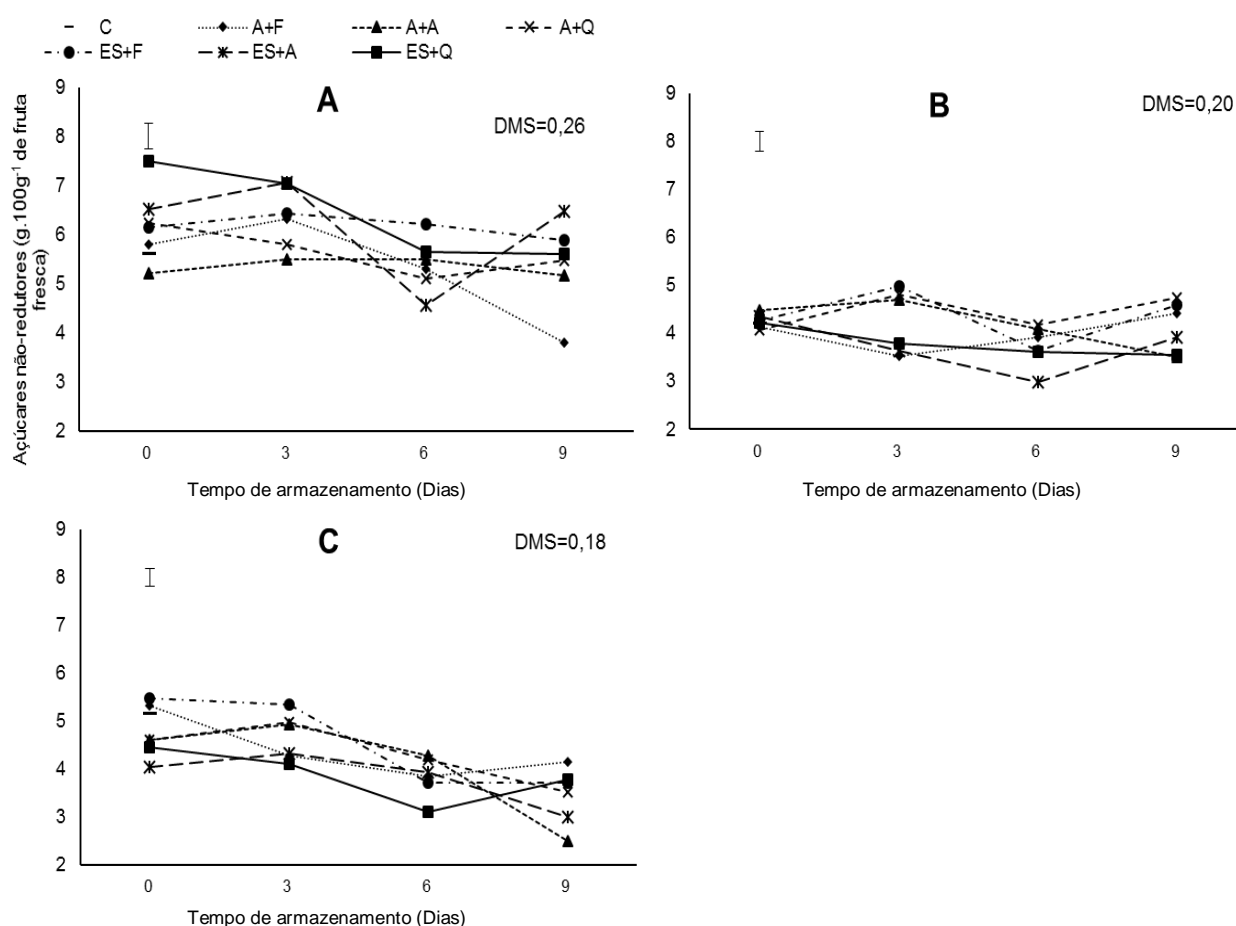


Figura 17: Determinação de açúcares não-redutores (g.100g⁻¹ de fruta fresca) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS (p ≤ 0,05); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Os açúcares não-redutores na maçã MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura* apresentaram uma queda nos valores até os 120 dias de armazenamento como foi observado nos 3 primeiros dias do TVU dos MP, com leve aumento até os 180 dias de armazenamento. Já no quarto dia de avaliação do TVU nos MP observou-se uma queda no decorrer dos 180 dias de armazenamento da maçã *in natura* (Figura 18).

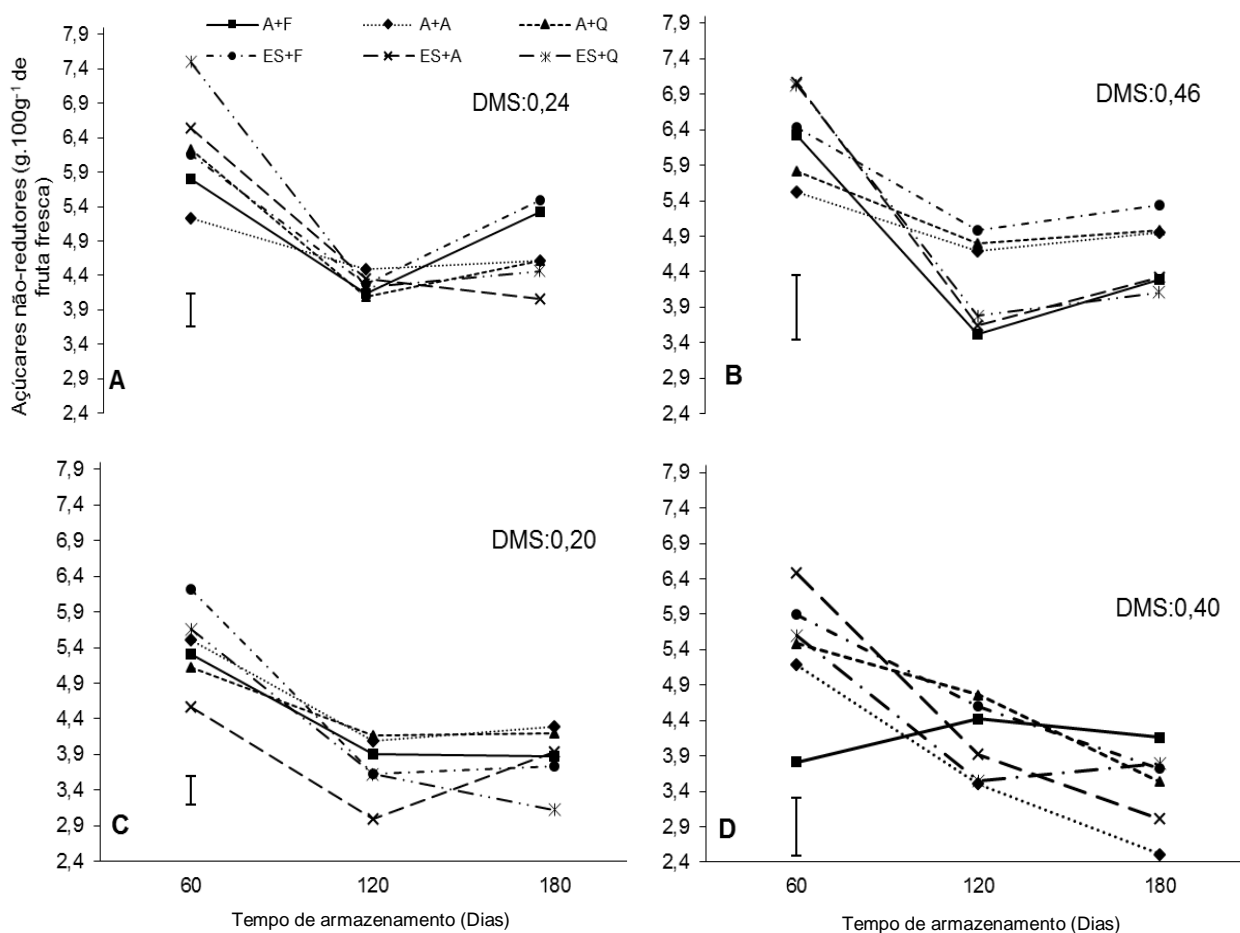


Figura 18: Determinação de açúcares não-redutores ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H_2O + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H_2O + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H_2O + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação aos açúcares totais na maçã *in natura*, antes do processamento, observou-se uma redução dos valores durante os 180 dias de armazenamento, com redução de aproximadamente 20 % durante o armazenamento. Avaliando os açúcares

totais na maçã MP elaboradas com maçãs com 60 dias de armazenamento, as maiores diferenças entre os tratamentos foram encontradas em 9 dias de teste de vida útil com o maior valor para o tratamento ES+A ($19,55 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca de açúcares totais) e o menor valor encontrado para o tratamento A+F ($11,51 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca). O período de vida de prateleira influenciou o tratamento A+F onde os valores apresentam redução no decorrer dos dias, partindo de $17,24 \text{ g}$ em zero dias e decaindo até $11,51 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca em 9 dias. Já o tratamento ES+A apresentou apenas diferença para o sexto dia do TVU com valor de $13,95 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca, em relação aos demais dias (Figura 19A).

Em relação aos açúcares totais com 120 dias, observou-se que houve diferença apenas nos tratamentos A+Q e ES+A em função dos dias do TVU. Onde o tratamento A+Q deferiu entre o tempo zero e o terceiro dia, com valores de $13,07 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca e $14,01 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca. O tratamento ES+A deferiu do início (zero dias) para o terceiro e sexto dia do TVU, com valores de $14,39$, $10,75$ e $10,41 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca de açúcares totais, respectivamente (Figura 19B).

Em 180 dias, notou-se uma tendência de redução dos valores em todos os tratamentos ao longo dos 9 dias do TVU do MP. Ao final desse período os tratamentos ES+F e ES+Q apresentaram diferença do tratamento A+A com valores de $13,16 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca, $12,93 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca e $8,97 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca, respectivamente. As maiores diferenças dos tratamentos em função dos dias do TVU foram encontradas no tratamento A+F com valores variando de $14,09 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca até $10,29 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca (Figura 19C).

Franco (2014) estudando maçã da cultivar Royal Gala encontrou valores para açúcares totais de $18,59 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta fresca, valor esse próximo aos valores encontrados no presente estudo.

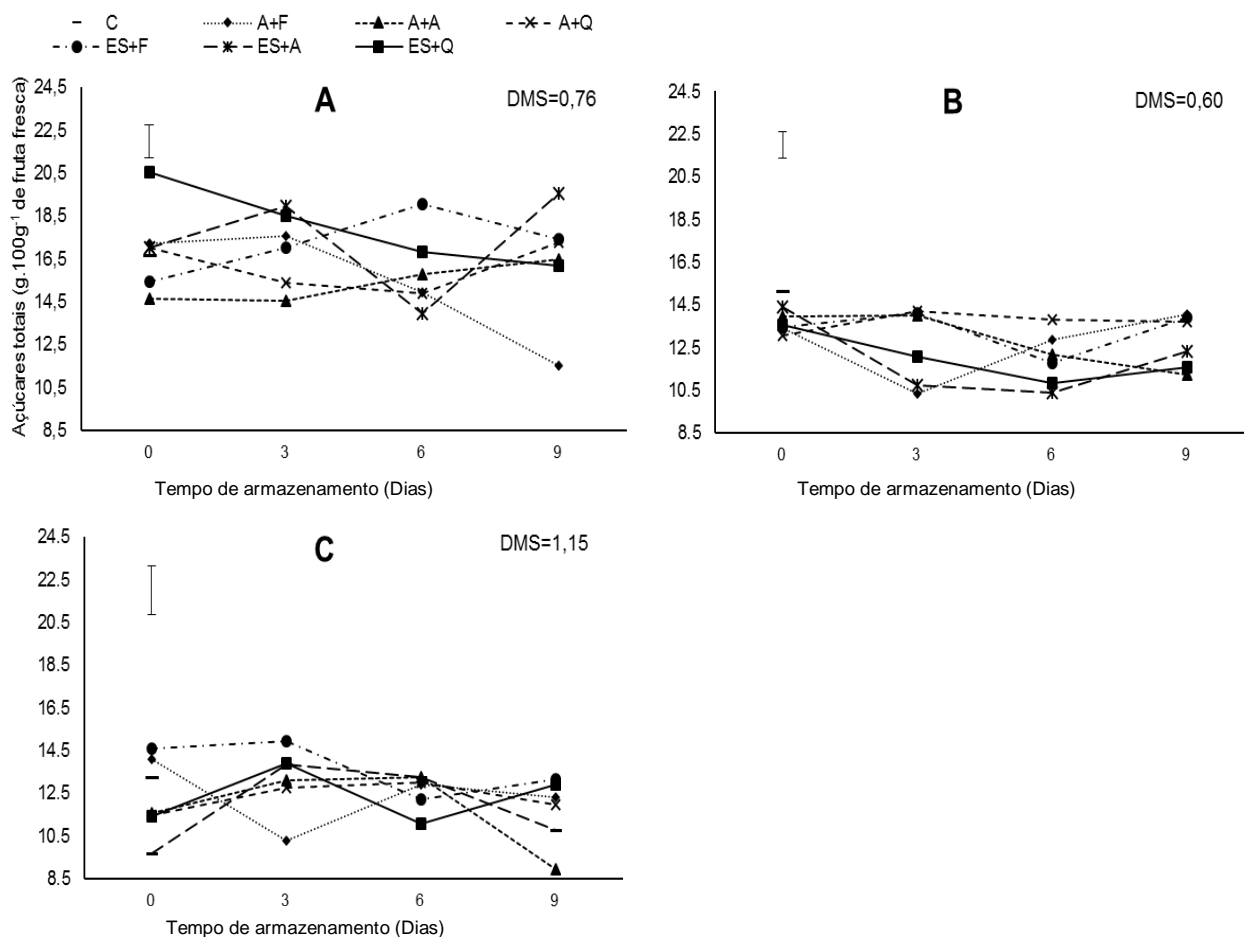


Figura 19: Determinação de açúcares totais (g.100g⁻¹ de fruta fresca), em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS (p ≤ 0,05); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Os açúcares totais na maçã MP em função dos dias de vida de prateleira da maçã *in natura* notam-se uma redução nos valores dos açúcares totais até os 120 dias de armazenamento no terceiro e sexto dia do TVU da maçã MP com estabilização até os 180 dias de armazenamento da maçã *in natura*. Já no primeiro e no último dia de avaliação do MP observa-se uma redução nos valores de açúcares totais no decorrer do período de armazenamento da maçã *in natura* (Figura 20).

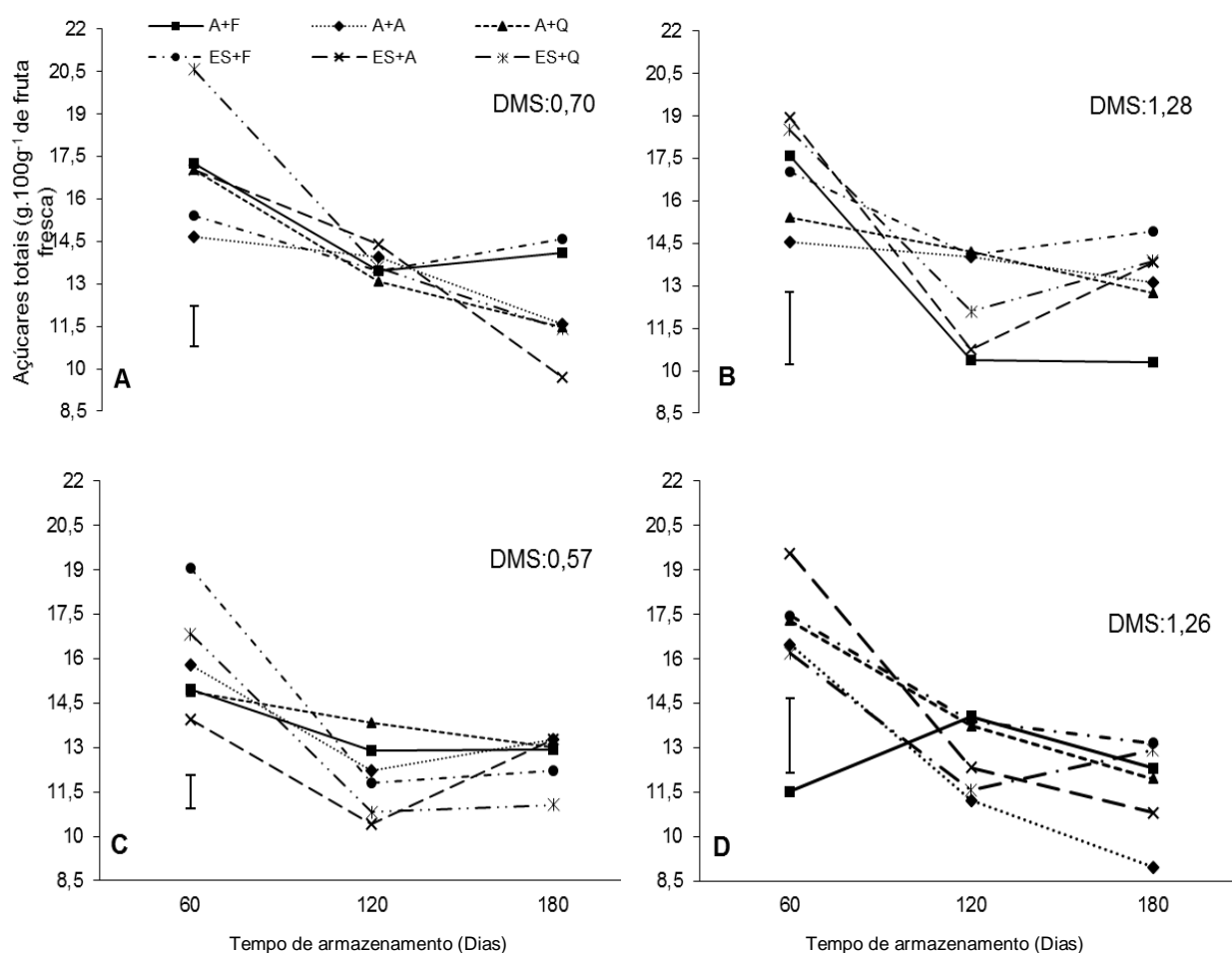


Figura 20: Determinação de açúcares totais (g. 100g⁻¹ de fruta fresca), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias ; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com 180 dias de armazenamento da maçã *in natura*, antes do processamento, observou-se uma tendência de redução da firmeza da polpa no decorrer do armazenamento, uma vez que os valores diminuíram 3,03 N em 60 dias. Nesse período as maçãs MP do tratamento A+A apresentaram a menor firmeza de polpa com valor de 2,61 N aos três dias do TVU, e os demais tratamentos (A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) apresentaram maiores valores de firmeza variando de 2,99 N até 3,03 N no mesmo período. Já aos 9 dias do TVU os tratamentos A+Q e ES+A apresentaram as maiores firmezas com valores de 3,11 N e 3,14 N, respectivamente. Já a menor firmeza encontrada aos 9 dias foi na maçã MP do tratamento A+A com o valor de 2,59 N. A

maçã MP tratada com A+A apresentou diferença quando comparado nos dias de armazenamento onde a maior firmeza (3,14 N) encontra no tempo zero e as menores nos tempos 3 e 9 dias onde os valores foram de 2,61 N e 2,59 N, respectivamente como pode ser visto na Figura 21A.

Aos 120 dias, a maçã MP tratadas com ES+A apresentaram valor de 2,98 N no terceiro dia do TVU, sendo a maior firmeza e a menor firmeza foi encontrada no tratamento A+A com valor de 2,31 N. Os dias de vida de prateleira tiveram influência sobre o tratamento A+F onde o terceiro dia diferenciou dos demais com a menor firmeza (2,50 N) como pode ser visto na Figura 21B. Em termos gerais estas variações não foram de grande magnitude. Os resultados encontrados no presente estudo estão em conformidade com os resultados obtidos por Supapvanich, Pimsaga e Srisujan (2011) que ao trabalharem com maçãs minimamente processadas observaram que a firmeza destas se manteve constante durante os 7 dias de armazenamento.

Em 180 dias, os resultados demonstraram que ao final do período de vida de prateleira todos os tratamentos diferiram do tratamento A+A que apresentou a menor firmeza (2,13 N). Os dias de vida de prateleira tiveram maior influência no tratamento A+Q uma vez que os valores variaram de 2,29 N no início (zero dias) chegando até 2,71 N (sexto dia), como pode ser observado na Figura 21C. A perda de firmeza da polpa ao longo do armazenamento observada, pode ser consequência do amadurecimento normal que envolve diferentes mecanismos, como perda de turgor celular, alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da parede celular, ação de enzimas hidrolíticas ou mecanismos não enzimáticos, devido a ação do etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SISLER; SEREK, 1997).

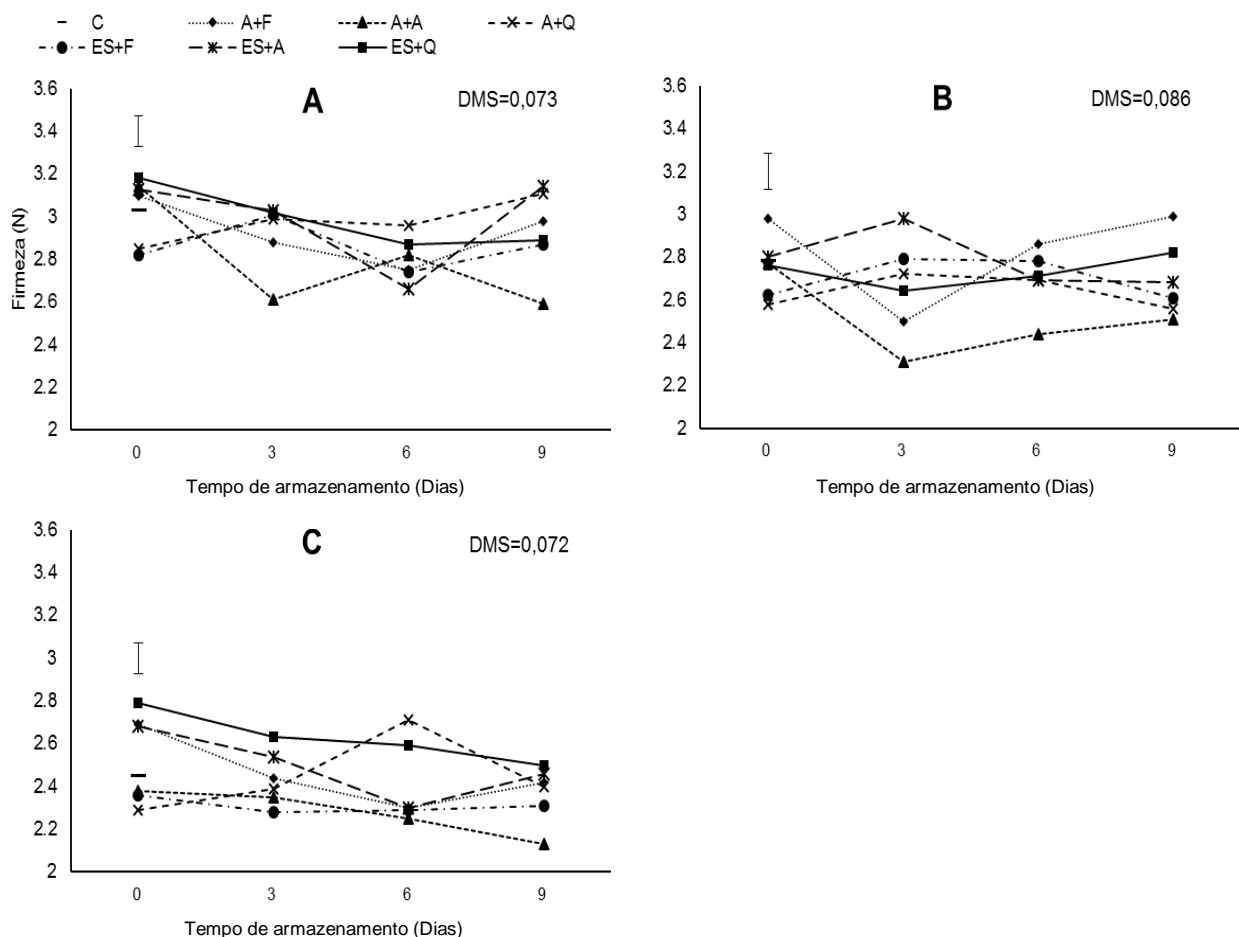


Figura 21: Determinação da firmeza da polpa (N) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A firmeza da maçã MP em função dos dias do TVU, apresentou uma redução nos valores no decorrer dos 180 dias de armazenamento da maçã, para todos os períodos avaliados do TVU dos MP, com menores valores para os MP tratados com A+A (Figura 22). Esses valores evidenciam que as frutas seguiram o processo normal de amadurecimento, o qual, devido a muitos processos metabólicos provocam a redução da firmeza da polpa (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

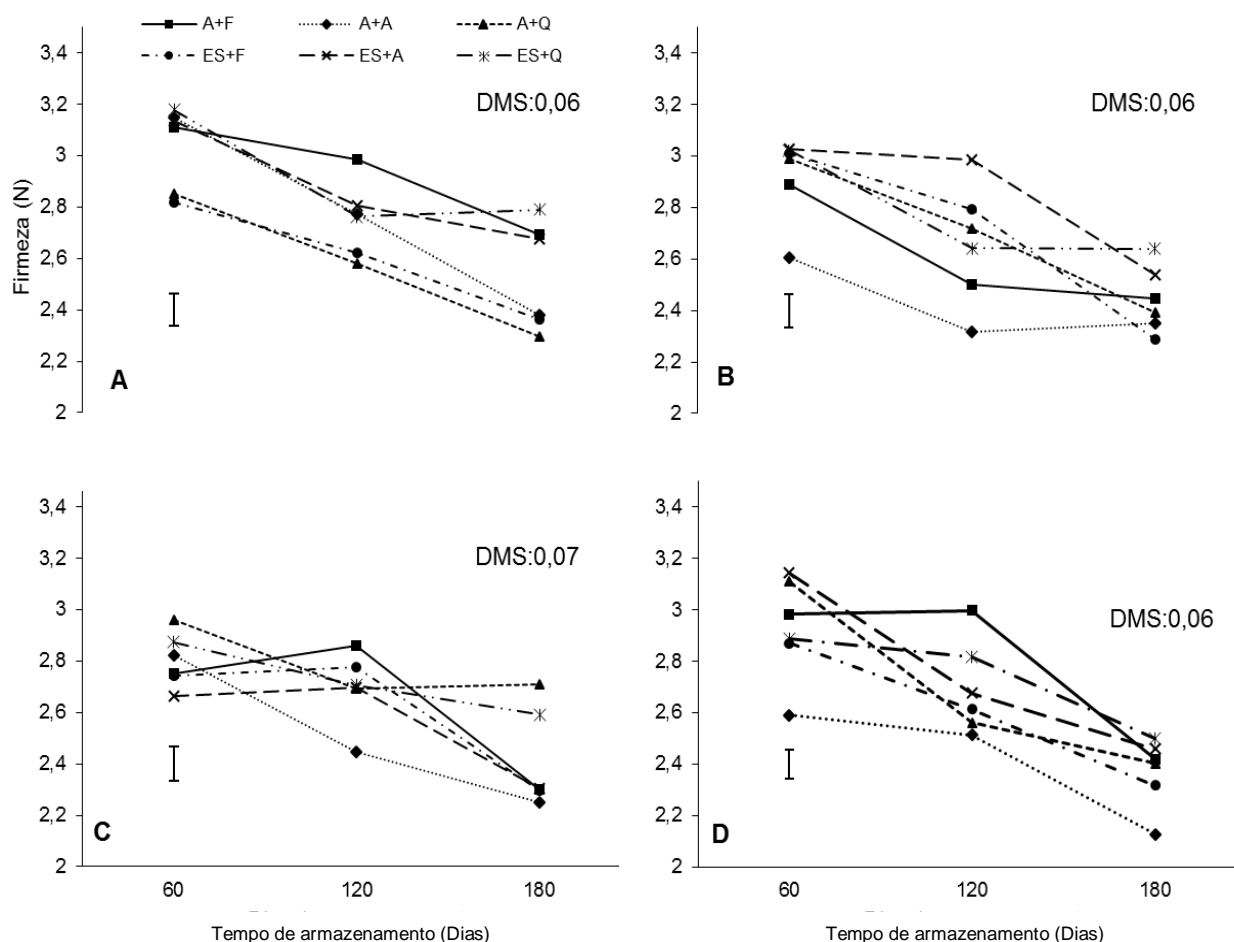


Figura 22: Determinação da firmeza (N), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

No presente estudo foi observada uma perda crescente de massa na maçã MP na medida que aumentaram os dias de vida de prateleira das mesmas (Figura 23). A perda de massa em frutas é devido a processos de transpiração e respiração estes são determinados pelo gradiente de pressão do vapor de água entre a fruta e o ambiente envolvente (KATE et al., 1999; VALERO et al., 2013).

Aos 60 dias de armazenamento, à maçã MP tratadas com ES+A e ES+Q tiveram as maiores perdas ao longo do período de vida de prateleira tendo como perda inicial de 0,34 e 0,37 % de perda aos três dias e aos 9 dias com 0,81 a 0,86 % de perda respectivamente. Já o tratamento ES+F apresentou as menores perdas ao

longo do armazenamento com valores 0,16 % aos três dias chegando a 0,49 % de perda ao nono dia como pode ser visto na Figura 23A.

Em 120 dias, o tratamento ES+Q apresentou a maior perda aos três e aos seis dias do TVU com 0,97 % e 1,84 % perda em relação ao peso inicial, respectivamente. Pizato, (2013) trabalhando com maçãs MP relatou perda de massa média de 4,45 %, valor que é muito superior aos encontrados neste estudo. As menores perdas nos tempos do TVU, correspondeu ao tratamento A+A com 0,77 % de perda no terceiro dia e 1,46 % de perda aos 6 dias e 1,74 % de perda aos 9 dias como pode ser visto na Figura 23B.

Já aos 180 dias apenas o tratamento A+Q apresentou diferença dos demais tratamentos em todos os dias de armazenamento do TVU, como valores iniciais de 0,44 % aos três dias e chegando a 0,60 % de perda aos 9 dias como pode ser visto na Figura 23C. Essa perda de massa é pouco significativa se comparada com a relatada por Qi et al., (2011) que trabalharam com maçãs MP revestidas com quitosana e obtiveram uma perda de massa média de 15,0 %. Em comparação dos tratamentos em função dos dias vida de prateleira em todos os meses de processamento da maçã, as maçãs MP apresentaram maior perda aos 9 dias, como era previsto uma vez que a perda de massa é potencializada ao longo do armazenamento. Finger e Vieira (1997) afirmam que a perda de massa máxima, sem o aparecimento de murchamento ou enrugamento da superfície oscila entre 5 % e 10 % e que a perda de massa para os produtos varia em função da espécie e do nível de exigência do consumidor. No entanto, uma perda de água é inevitável, pois a retirada de calor da respiração por resfriamento externo gera gradiente de potencial hídrico, levando água da superfície do produto para a superfície de resfriamento, identificada como condensação na parte interna do produto (ALBERTINI, 2011).

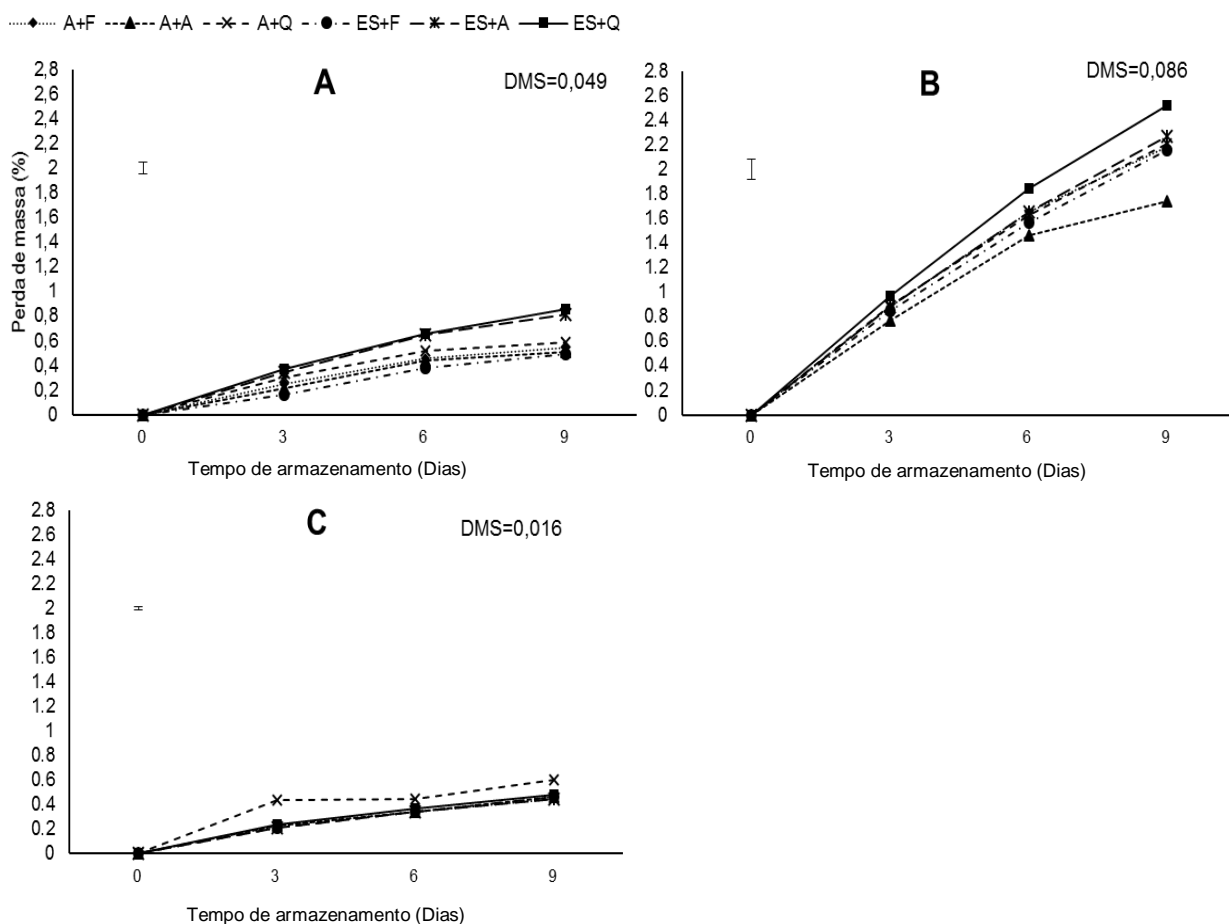


Figura 23: Quantificação da perda de massa (%) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

4.2 Avaliação da cor

Os valores de L^* , luminosidade, demonstram o quão claro (maior valor) ou escuro (menor valor) é um produto. A luminosidade da superfície da fatia da maçã *in natura*, antes do processamento, não apresentou diferença no decorrer do armazenamento. Os valores de L^* da superfície da maçã (Figura 24A) exibiram uma grande elevação no segundo dia do TVU sendo que nos demais dias se mantiveram estáveis com os valores encontrados no primeiro, sexto e nono dia bastante semelhantes, exceto A+Q que apresentou uma queda na luminosidade.

Em 120 dias de armazenamento (Figura 24B) o tratamento A+Q foi o único que apresentou diminuição na luminosidade, sendo uma variação de 5,8 % entre o primeiro e o último dia de avaliação do TVU. Este comportamento não foi observado nos demais tratamentos que se mantiveram estáveis, com valores médios de 78,07 no primeiro dia e 78,7 no último. Fonte et al., (2008) em um trabalho semelhante encontraram médias inferiores aos valores encontrados do presente estudo.

Na maçã processadas aos 180 dias de armazenamento, as maçãs MP apresentaram valores de L* superiores nos tratamentos contendo fécula de mandioca associados ao eritorbato de sódio (ES+F) entre os dias de vida de prateleira. No 9º dia, observou-se a eficiência do uso de coberturas associadas ao eritorbato de sódio pois apresentaram valores elevados de L*. Também aos 9 dias a fécula de mandioca apresentou um bom desempenho pois preservou a luminosidade das maçãs MP, já que apresentou valor igual aos tratamentos que contém antioxidante (Figura 24C).

De modo geral os valores de luminosidade se mantiveram estáveis, nos períodos de armazenamento e durante a vida de prateleira das maçãs MP, com exceção das frutas armazenadas durante dois meses nos MP com três dias de vida de prateleira. Estes resultados foram semelhantes ao encontrados por Perez-Gago, Serra e Del-Río (2006) que também demonstraram que o uso de antioxidantes proporcionou maior inibição do escurecimento enzimático.

O valor L* da superfície dos MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura* (Figura 25), apresentou certa estabilidade dos valores iniciais, no sexto e nono dia do TVU das maçãs MP, já no terceiro dia notou-se uma grande queda nos valores aos 120 dias de armazenamento da maçã *in natura*, após manteve-se estável até o final dos 180 dias de armazenamento. O tratamento A+Q apresentou os menores valores de luminosidade no decorrer dos 180 dias de armazenamento da maçã *in natura* para o MP nos dias finais do período avaliado do armazenamento do MP.

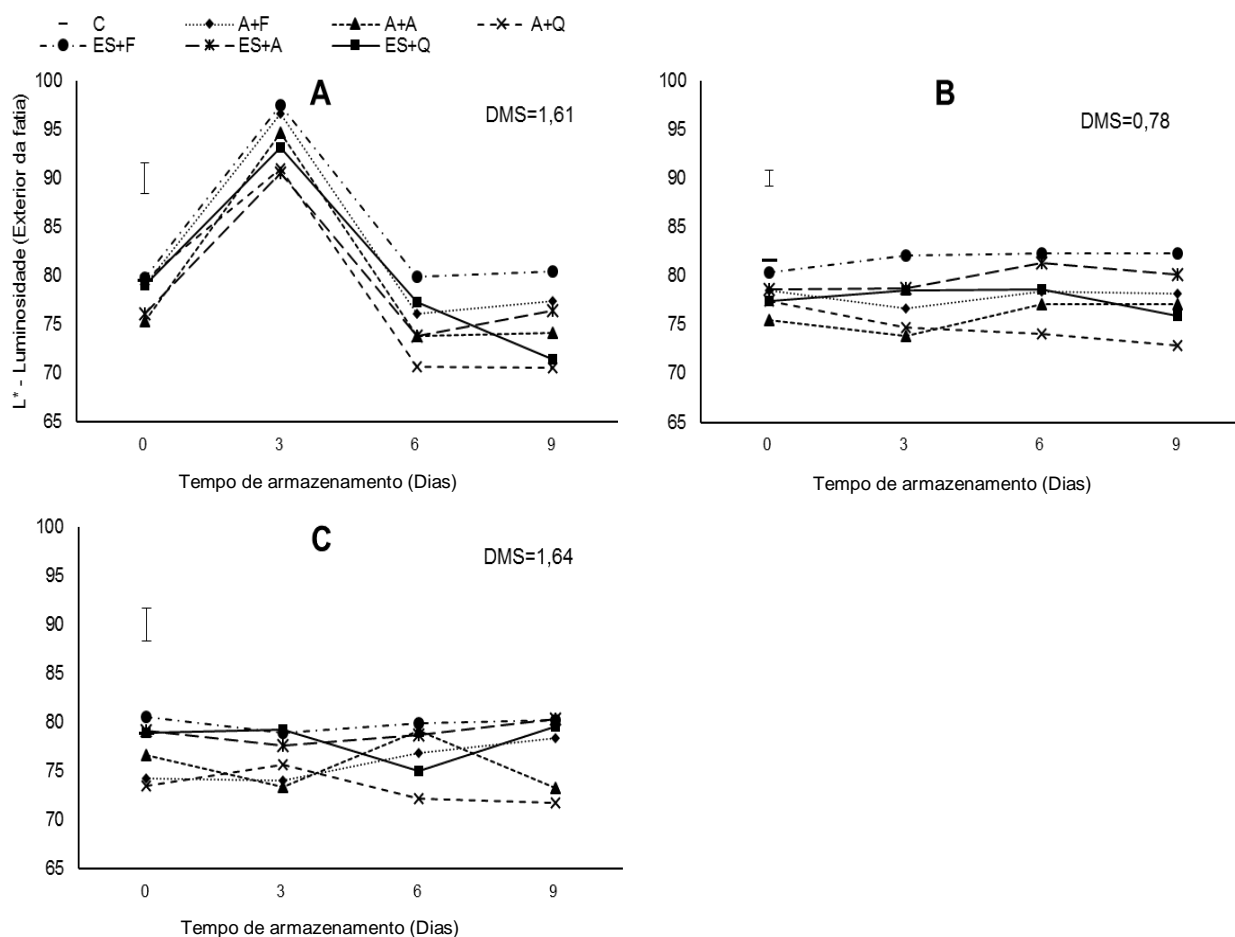


Figura 24: Avaliação de cor L* (Luminosidade) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS (p ≤ 0,05); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A variável L* é um eficiente indicador do escurecimento de frutos durante o armazenamento, quer resultante de reações oxidativas de escurecimento, quer do aumento da concentração de pigmentos (ROCHA; MORAIS, 2003). O valor de L* tende a diminuir com o aumento do período de vida de prateleira de armazenamento como foi observado no presente estudo.

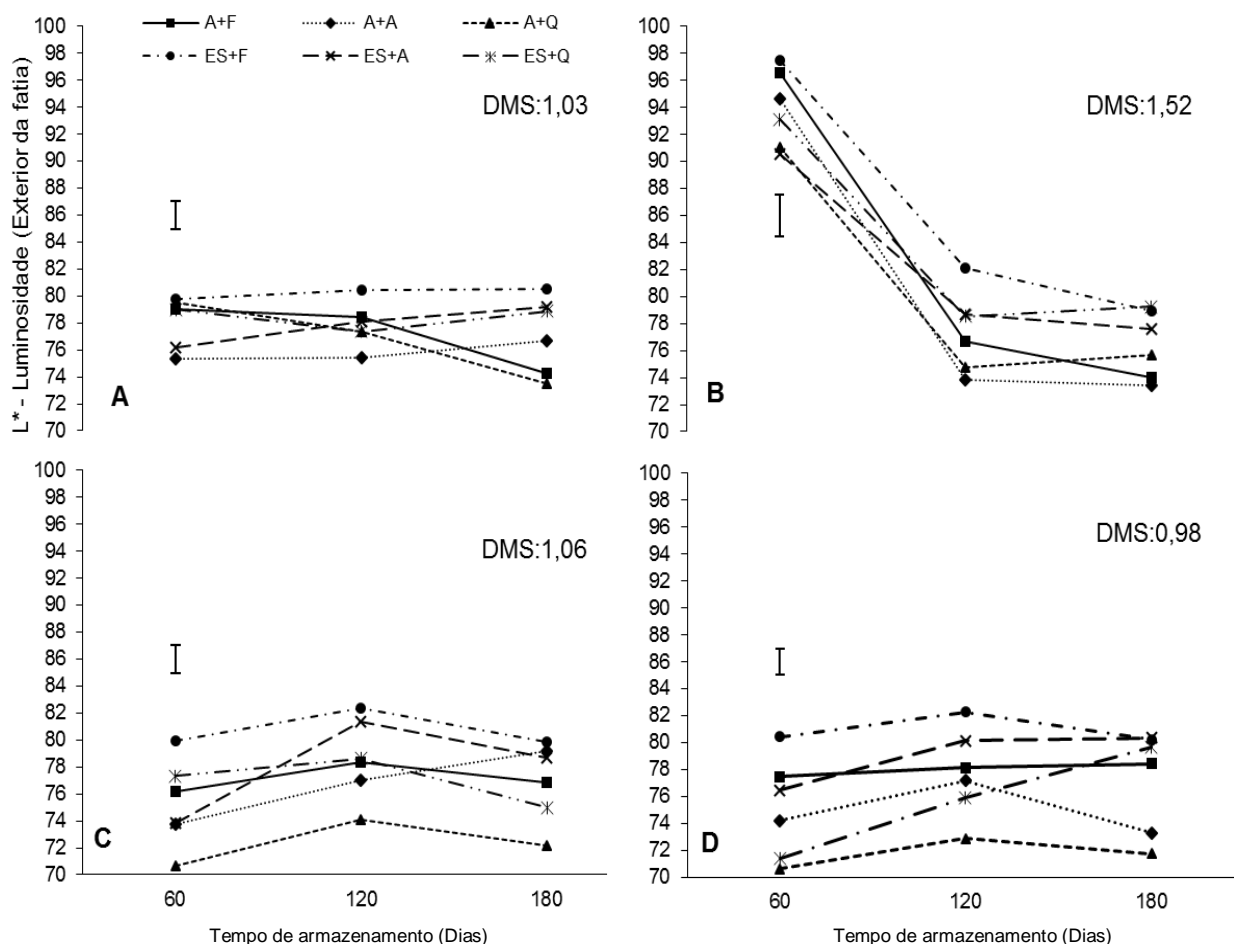


Figura 25: Avaliação da cor - L* - Luminosidade (exterior da fatia), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

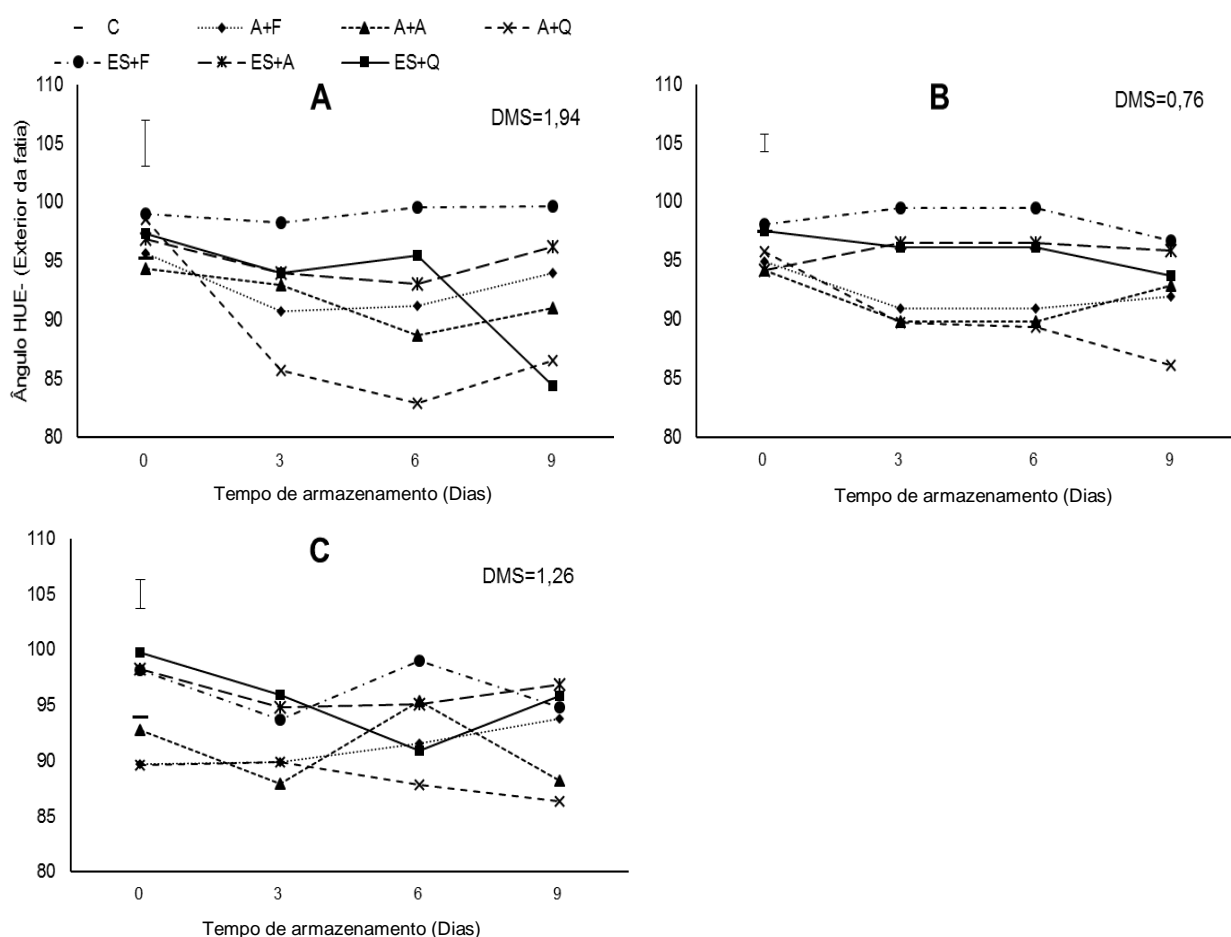
A tonalidade da cor (h°) pode variar de 0° a 360°, sendo que valores abaixo de 90° correspondem a cor amarela e vermelha e valores acima tons esverdeados.

Avaliando valores da tonalidade da cor ou matiz da superfície da maçã processada com 60 dias de refrigeração, observou-se que os valores de h° para a superfície do MP foi superior para o tratamento ES+F ao terceiro e sexto dia do TVU. Em relação aos demais tratamentos ao longo do período de vida de prateleira apenas o tratamento ES+F se manteve estável uma vez que o ângulo de tonalidade não apresentou diferença no período avaliado (Figura 26A).

Em maçã com 120 dias de armazenamento, os MP apresentam valores superiores quando tratados com coberturas associadas ao eritorbato de sódio, o que aconteceu no terceiro e sexto dia do TVU. Já no nono dia de apenas o tratamento A+Q apresentou diferença dos demais com valor de 86,05. Observou-se que os tratamentos sem adição de antioxidante apresentaram uma redução ao longo do período avaliando. Essa redução ao longo dos dias também foi observada por Raybaudi-Massilia et al. (2007), ao trabalhar com maçãs cv. 'Fuji' minimamente processadas. Já os demais tratamentos se mantiveram estáveis ao longo dos 9 dias, mostrando a eficiência do uso de coberturas associado ao eritorbato de sódio (Figura 26B).

Aos 180 dias, observou-se que os tratamentos A+F, A+A e A+Q apresentam valores inferiores ao demais tratamentos até o 3º dia do TVU. Aos nove dias observou-se a eficiência do uso de coberturas associadas ao eritorbato de sódio uma vez que esses tratamentos apresentaram os maiores ângulos de tonalidade. Outro fato importante é que aos nove dias o tratamento contendo somente fécula de mandioca apresentou o mesmo desempenho que os tratamentos das coberturas associados ao antioxidante (Figura 26C).

Pizato et al (2013) estudando maçãs minimamente processadas revestidas com diferentes coberturas armazenadas a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 dias, demonstraram que todos os tratamentos apresentaram redução significativa do ângulo ao longo do armazenamento. Os mesmos efeitos foram encontrados no presente estudo para os tratamentos contendo quitosana como cobertura apresentam redução nos valores do ângulo de tonalidade principalmente ao final do período de vida de prateleira do MP (9 dias), indiferente do tempo de armazenamento da maçã *in natura*.



Com relação os valores do h° na maçã MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura* notou-se uma estabilidade dos valores nos 3 últimos períodos avaliados do TVU dos MP, com os menores valores para o tratamento A+Q, mostrando que esse tratamento manteve os MP com uma coloração mais escura, podendo afirmar que esse tratamento não foi eficiente para manter a coloração natural da polpa das frutas (Figura 27).

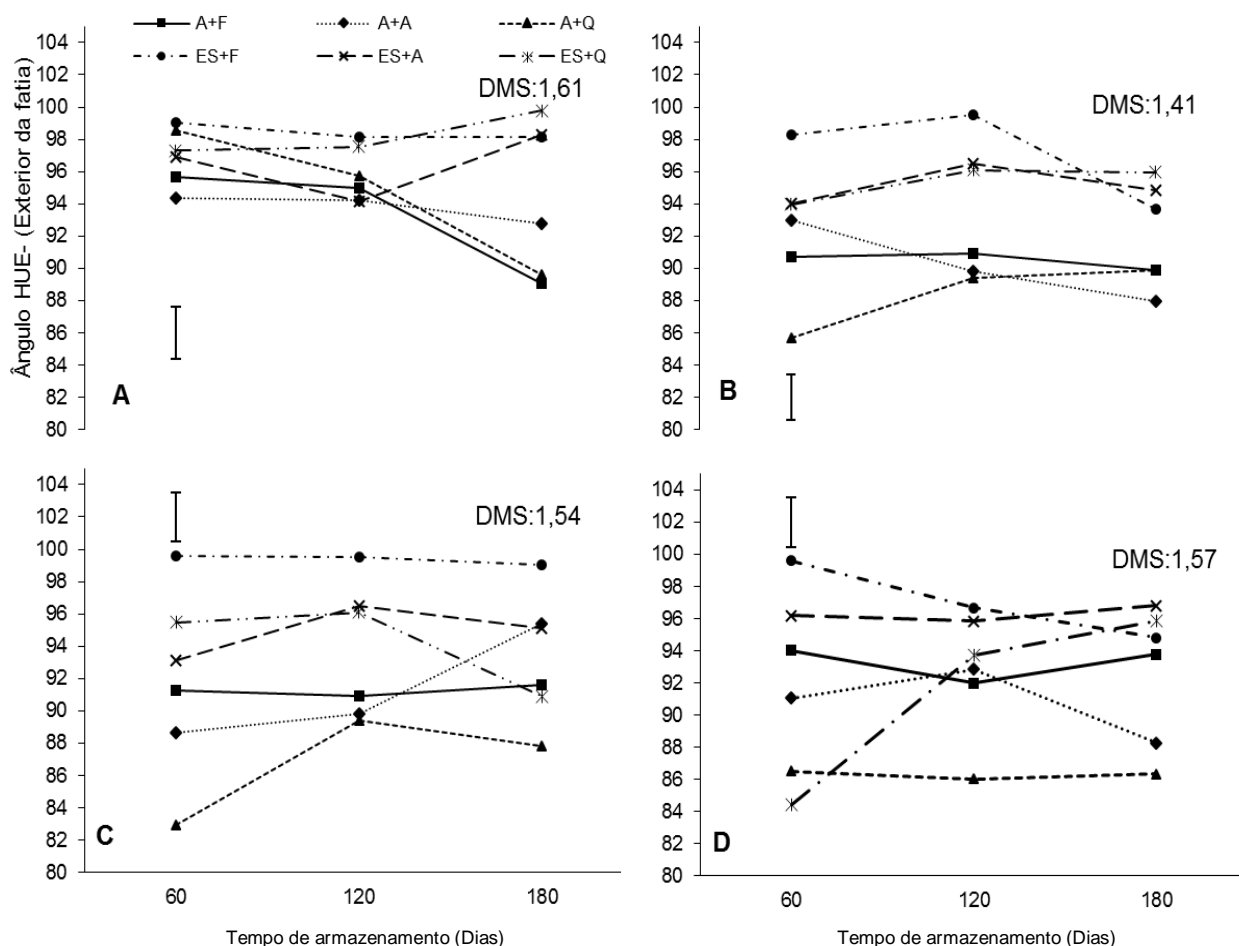


Figura 27: Avaliação da cor – ângulo HUE (h°) da superfície (exterior da fatia) em maçã MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação a matriz cromática (C^*) da superfície das fatias, da maçã *in natura*, antes do processamento, observou-se um aumento dos valores no decorrer dos 180 dias de armazenamento, com valores iniciais de 24,00 chegando a 28,66 em 180 dias.

Os resultados da avaliação da matriz C^* na superfície da maçã MP, processada aos 60 dias de armazenamento da maçã *in natura*, mostraram que em 6 dias do TVU apenas o tratamento ES+F diferiu dos demais, alcançando o valor de 18,42. No nono dia os tratamentos contendo quitosana como cobertura apresentaram os maiores valores para cromática onde o A+Q (30,35) e o ES+Q (31,26). Em relação aos

tratamentos nos dias de vida de prateleira apenas o tratamento A+A se apresentou estável sem variar os valores de croma (Figura 28A).

Avaliando a matriz C^* dos MP a partir da maçã com 120 dias de armazenamento, notou-se que o tratamento A+Q apresentou os maiores valores ao longo dos dias. Aos 3 dias do TVU, o tratamento ES+A apresentou o menor valor de croma (22,99). Os tratamentos A+A e A+Q apresentaram um aumento nos valores de croma uma vez que os valores iniciais foram de 24,41 e 24,29 chegando a 27,17 e 30,83 no final do período, respectivamente (Figura 28B).

Aos 180 dias de armazenamentos da maçã *in natura*, os valores de C^* nos MP foram superiores nos tratamentos A+F e A+Q no tempo zero, com valores de 32,62 e 31,51, respectivamente. Já em 9 dias do TVU os tratamentos contendo eritorbato de sódio (ES+F, ES+A e ES+Q), juntamente com o A+F apresentaram os maiores valores de croma frente aos demais tratamentos (A+A e A+Q). O tratamento A+A em função dos dias de vida de prateleira apresentou um aumento ao longo dos nove dias com valores iniciais 23,97 chegando a 32,22 a final do período (Figura 28C).

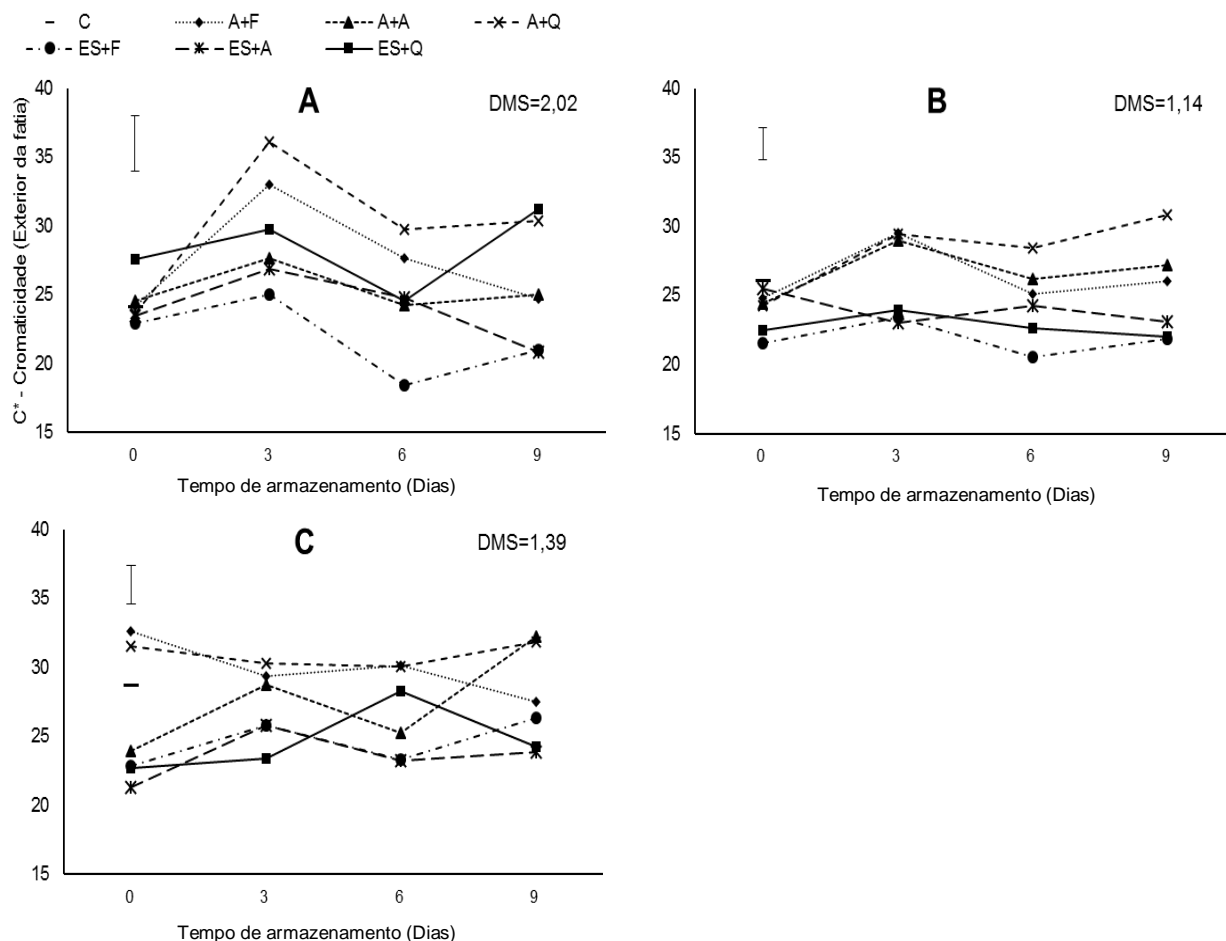


Figura 28: Avaliação da cor - Intensidade da cor (C^* -Croma) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processada cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Os valores de C^* na maçã MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, apresentaram uma tendência de aumento em todos os tratamentos ao longo do TVU no presente estudo (Figura 29).

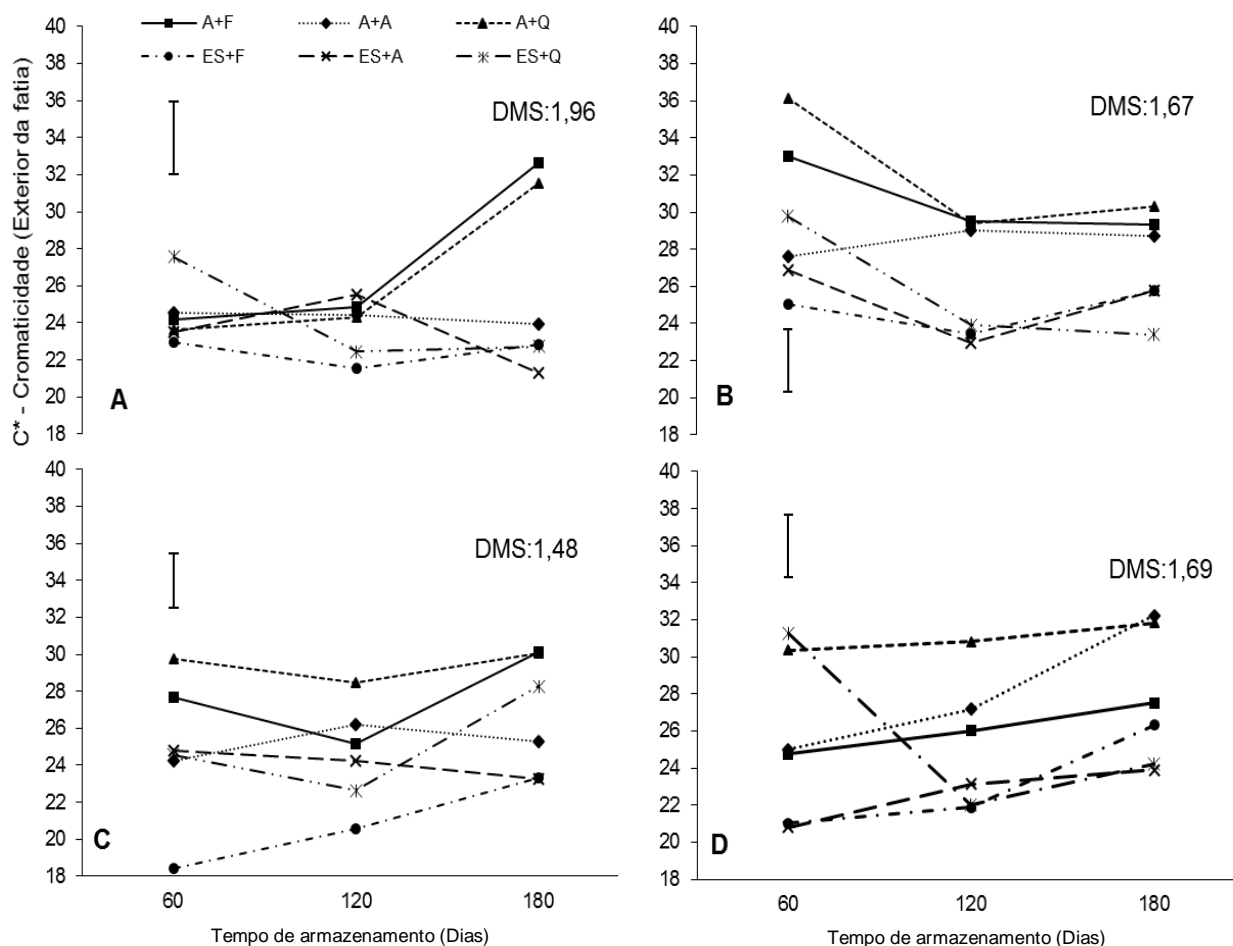


Figura 29: Avaliação da cor - Intensidade da cor (C*-Croma) da superfície (exterior da fatia), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação ao índice de escurecimento da maçã *in natura*, antes do processamento, observou-se uma tendência de aumento de cerca de 22 % no índice no decorrer dos 180 dias de armazenamento. Avaliando o índice de escurecimento da superfície (polpa da fruta, o qual entrou em contato com os tratamentos) da maçã MP observou-se que em maçãs processadas com 60 dias, os tratamentos A+A, ES+F e ES+A apresentaram os menores índices com variação de 32,03 a 35,36, com diferença significativa do tratamento A+Q com o valor de 51,77 sendo o maior índice de escurecimento ao 3º dia do TVU. Aos 6 dias o A+Q continuou sendo o tratamento com o maior índice de escurecimento com o valor de 57,17 sendo que o menor índice

com valor de 21,98 correspondeu ao tratamento ES+F. Aos nove dias notou-se que os menores índices de escurecimento corresponderam os tratamentos ES+F e ES+A com valores de 25,40 e 28,16, respectivamente, e os maiores índice corresponderam aos tratamentos A+Q e ES+Q com valores de 55,62 e 58,02 respectivamente, resultados esses que mostram a eficiência dos tratamentos contendo o antioxidante eritorbato de sódio associado as coberturas de fécula de mandioca e alginato de sódio e também mostrando a ineficiência do uso de quitosana como cobertura (Figura 30A).

Os resultados aos 120 dias de armazenamento da maçã mostraram que os tratamentos contendo antioxidante aplicados as maçãs MP tiveram uma grande influência para a redução dos índices de escurecimento quando comparados com os tratamentos que não continham o antioxidante. Aos três dias do TVU das maçãs MP ficou bem claro isso uma vez que todos os tratamentos sem antioxidantes (A+F, A+A e A+Q) obtiveram os maiores índices variando de 46,06 a 48,79, e ao contrário, os menores índices foram encontrados nos tratamentos contendo antioxidante (ES+F, ES+A e ES+Q) com índices variando de 28,32 a 32,88. Já aos 6 dias o maior índice foi para o tratamento A+Q (47,31) e o menor no ES+F (24,56). Ao nono dia notou-se a eficiência dos tratamentos contendo as coberturas com o uso associado de antioxidante, e mostram que o tratamento A+Q apresentou um índice de escurecimento de 54,81 afirmando a ineficiência da quitosana como cobertura em MP de maçã (Figura 30B).

Em relação a diferença dos tratamentos em função dos dias de armazenamento verificou-se que o tratamento A+A entre o zero dia e terceiro o índice de escurecimento foi de 35,96 e 47,84, respectivamente. O tratamento A+Q apresentou diferença entre o zero dia (33,73) menor índice e no nono dia de vida de prateleira o maior índice 54,81, (Figura 30B).

Em afirmação da eficiência do uso de coberturas associadas ao uso de antioxidante para prevenção do escurecimento dos MP, os resultados das maçãs processadas aos 180 dias de armazenamento mostraram que os tratamentos (ES+F, ES+A e ES+Q) apresentaram os menores índices de escurecimento com valores variando de 27,09 e 28,72 e o maior índice encontrado no tratamento A+F (57,87) valores esses encontrados no tempo zero. Os resultados dos nove dias do TVU continuam em concordância com os índices encontrados até o momento para as maçãs processadas e tratadas com coberturas associadas ao uso de antioxidante

com os menores índices, para os tratamentos ES+F, ES+A e ES+Q e os maiores índices nos demais tratamentos (Figura 30C).

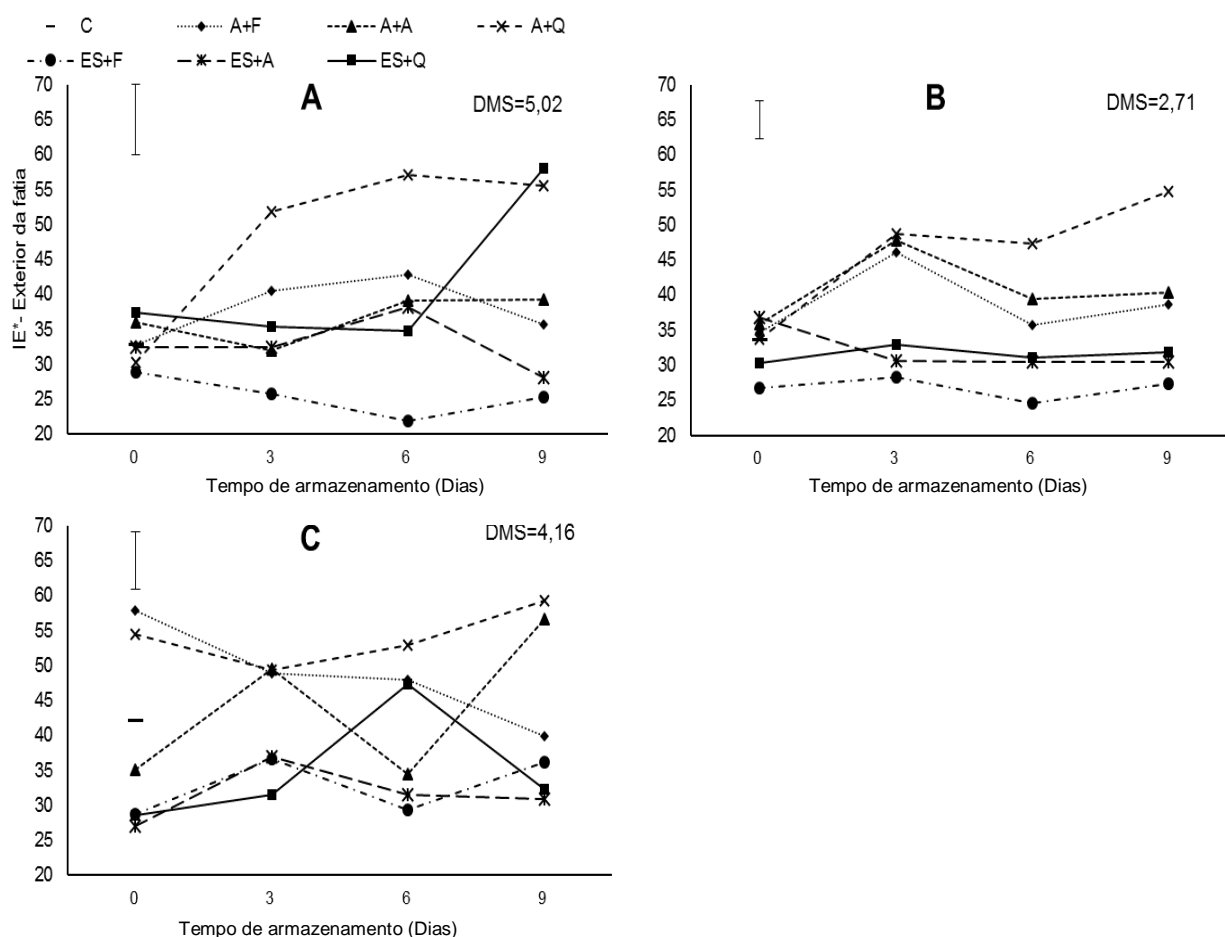


Figura 30: Avaliação da cor - Índice de escurecimento (IE*) da superfície (exterior da fatia) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destes frutos, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Segundo Braverman, (1967) o comportamento de redução do IE para o tratamento A+F, teria relação direta com os valores de pH (Figura 7) onde os valores de pH apresentaram uma tendência de queda, sendo pH mais baixo reduziria o IE. Comportamento oposto foi observado no tratamento A+Q, já os outros tratamentos mantiveram um índice de escurecimento estável entre o primeiro e nono dia do TVU.

Um fator de extrema relevância, quando se trata de escurecimento é que ao se causar um dano físico, as enzimas oxidativas ficam mais expostas, além da facilidade do acesso ao oxigênio, um substrato do escurecimento. Assim, o uso das coberturas pode evitar o contato da superfície do MP com oxigênio. Então, além do uso do eritorbato de sódio com o objetivo de evitar o escurecimento por via química, as coberturas são apropriadas por atuar como uma barreira física (OLIVEIRA et al., 2007). Fontes et al, (2008) estudando maçãs MP armazenadas durante 13 dias, tratadas com fécula de mandioca e alginato de sódio encontraram valores para IE variando de 41,3 a 54,7 e 34,3 a 54,8. No presente experimento observou-se que todos os valores encontrados para IE estão nesta faixa, sendo alguns valores inferiores, exceto o tratamento com quitosana, o qual apresentou valores superiores em período avaliados tanto para IE da polpa quanto o IE da superfície.

Com relação aos valores do IE na maçã MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, observou-se leve aumento do IE após os 120 dias de armazenamento, indiferente do período do TVU avaliado nos MP. Sendo nos MP tratados com A+Q encontrados os maiores IE, mostrando a baixa eficiência desse tratamento na prevenção do escurecimento dos MP. Esse fato pode ter sido agravado pelo uso de uma quitosana de menor grau de pureza, uma vez que esse trabalho busca a utilização produtos com menor custo, porém com alta eficiência, que o caso da fécula de mandioca associada ao eritorbato de sódio. Ao contrário dos maiores valores para o A+Q, os MP tratados com ES+F apresentaram os menores índices de escurecimento ao longo dos períodos avaliados (Figura 30).

Os resultados encontrados para o índice de escurecimento da maçã MP indiferente do tempo de armazenamento da maçã *in natura*, mostrou a grande eficiência positiva do uso de coberturas a base de fécula de mandioca e eritorbato de sódio associadas na prevenção do escurecimento da superfície das maçãs MP. Este fato mostra que uso desses produtos tem grande importância na indústria de processamento mínimo de maçã, pois pode permitir aumentar a procura de desse tipo de produto uma vez que o escurecimento é ponto chave para recusa e aceitação desse tipo de produto.

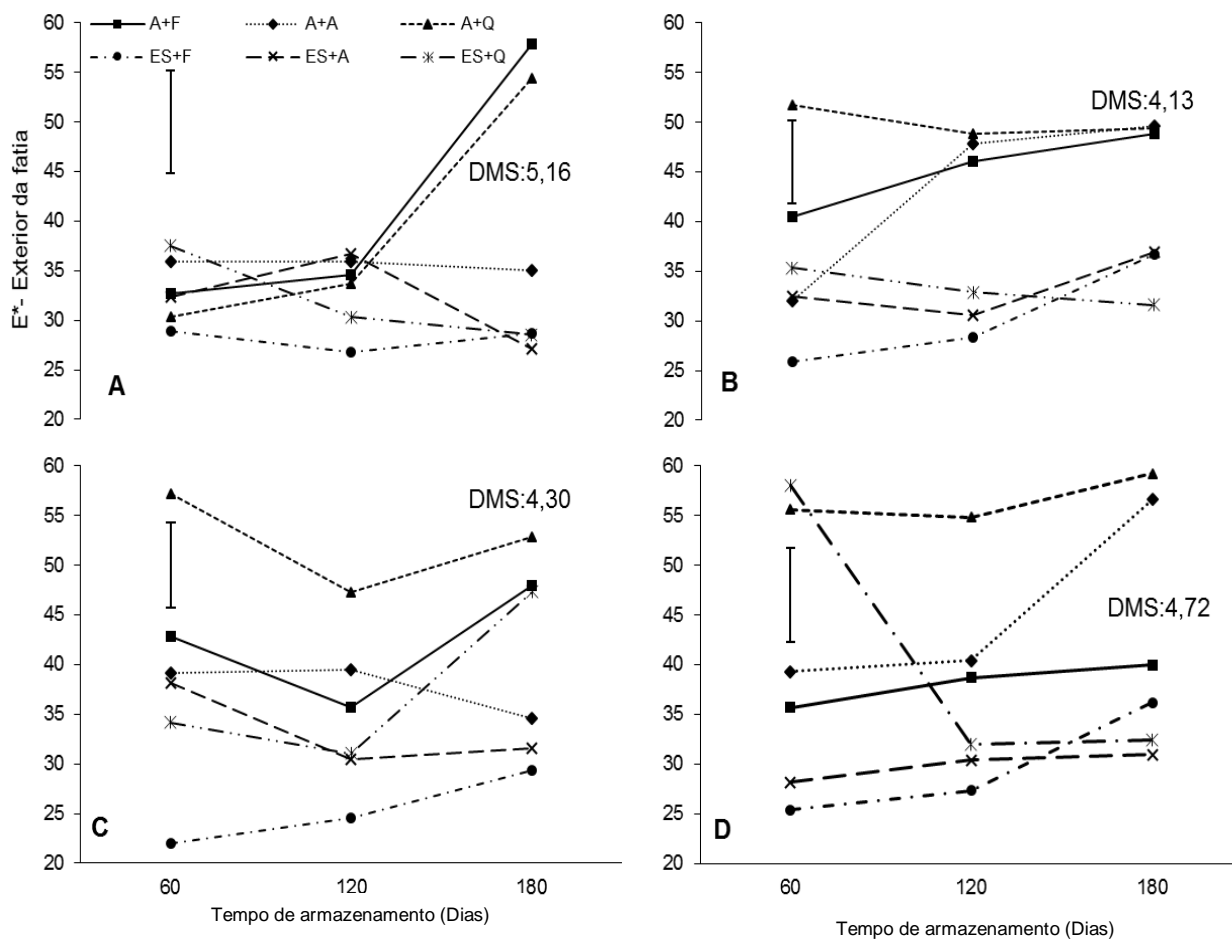


Figura 31: Avaliação da cor - Índice de escurecimento (IE*) da superfície (exterior da fatia), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

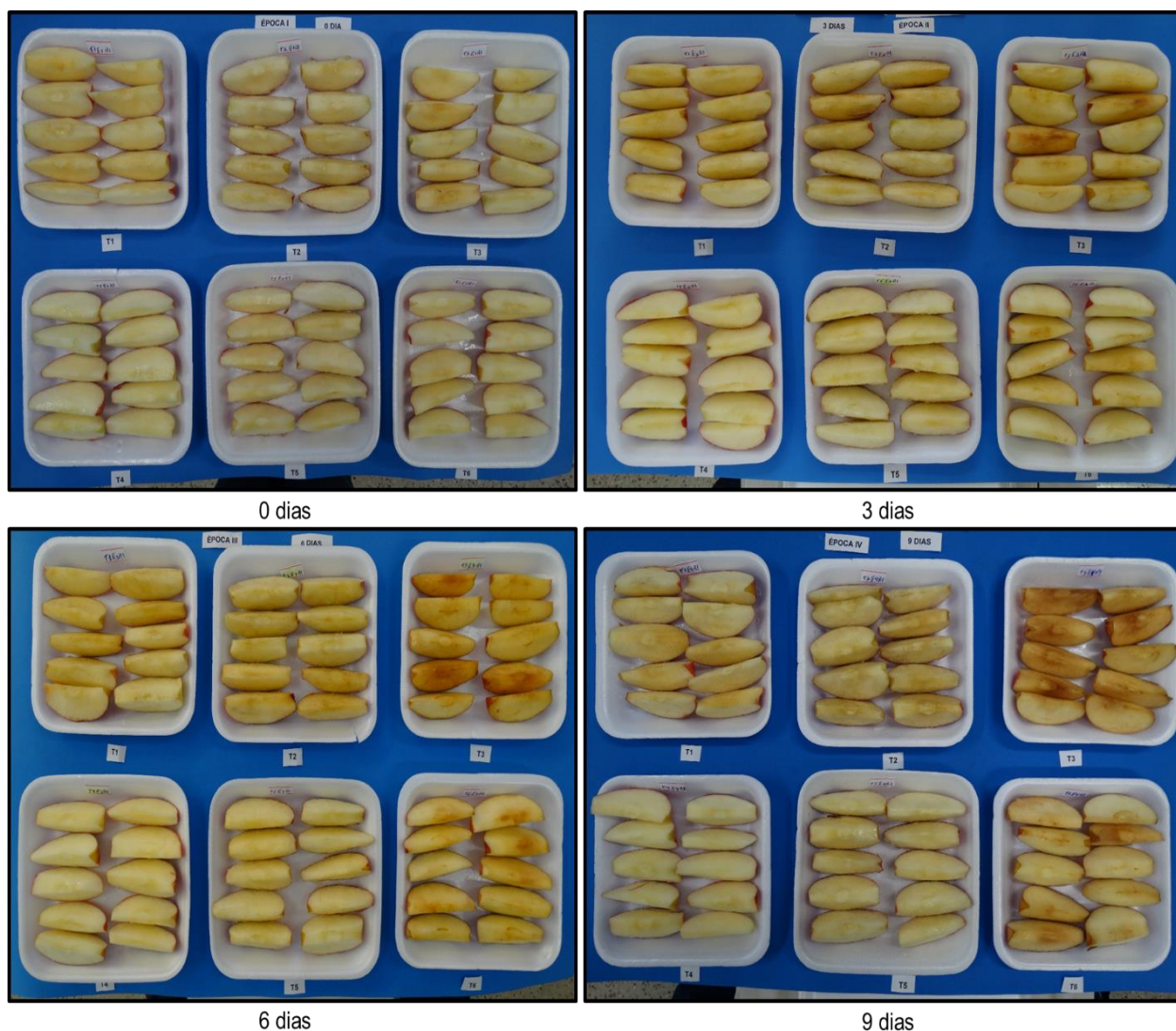


Figura 32: Ação dos agentes coadjuvantes (T1–A+F; T2-A+A; T3-A+Q; T4-ES+F; T5-ES+A e T6–ES+Q) sobre a inibição do escurecimento em maçã da cv. ‘Gala’ minimamente processadas com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, ficando armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v). FONTE: o autor

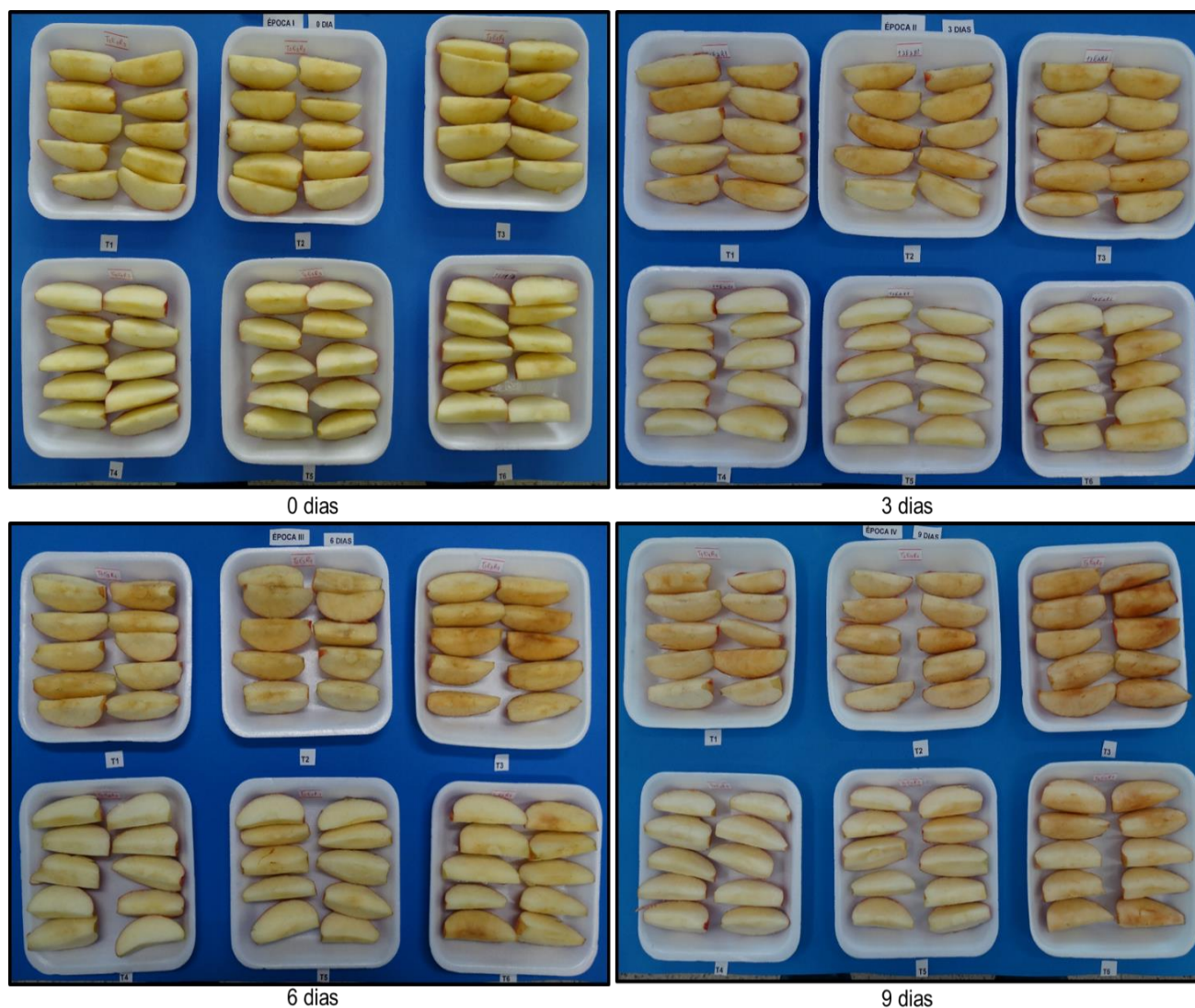


Figura 33: Ação dos agentes coadjuvantes (T1–A+F; T2-A+A; T3-A+Q; T4 ES+F; T5-ES+A e T6–ES+Q) sobre a inibição do escurecimento em maçã da cv. ‘Gala’ minimamente processadas com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, ficando armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v). FONTE: o autor

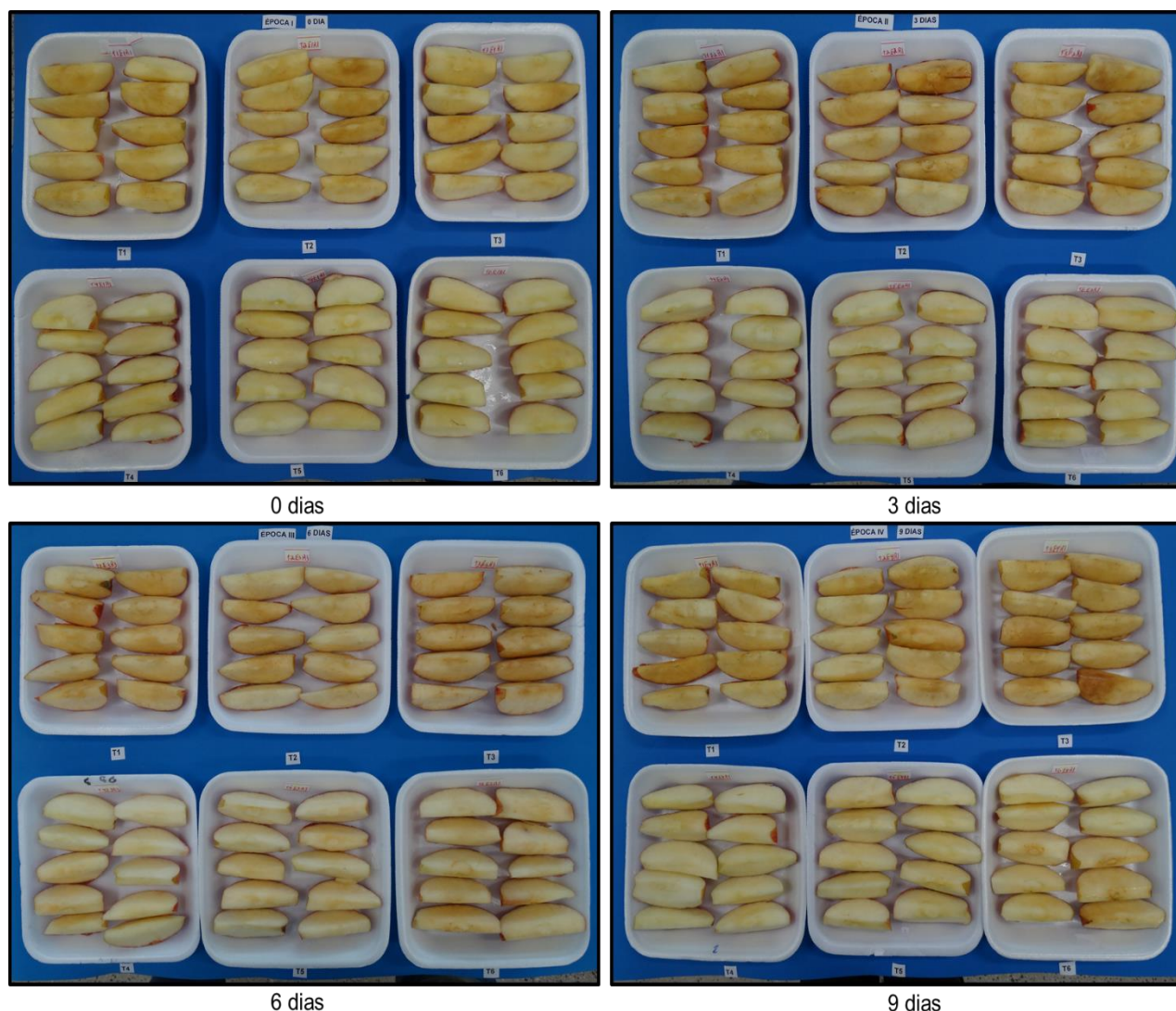


Figura 34: Ação dos agentes coadjuvantes (T1–A+F; T2–A+A; T3–A+Q; T4–ES+F; T5–ES+A e T6–ES+Q) sobre a inibição do escurecimento em maçãs da cv. ‘Gala’ minimamente processadas com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, ficando armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v). FONTE: o autor

4.3 Taxa respiratória

Avaliando os valores de oxigênio dentro das embalagens da maçã MP com 60 dias de armazenamento observou-se que para o terceiro do TVU, o tratamento ES+A apresentou a menor porcentagem de O₂ com 19,70 %. Já no sexto dia o tratamento A+F apresentou maior porcentagem de O₂, já os tratamentos ES+F e ES+A

apresentaram as menores porcentagens com valores de 20,50 %, 19,60 %, 19,63 % respectivamente. Ao final do período do TVU (9 dias) o tratamento ES+F apresentou a menor porcentagem, com 19,47 % de O₂, sendo os tratamentos A+A e A+Q os que apresentaram as maiores porcentagens de O₂. O tratamento A+Q foi o que apresentou elevação na quantidade de O₂ nos tratamentos em função dos dias de armazenamento, as concentrações de O₂ partiram de 19,97 %, chegando a 20,50 % em 9 dias (Figura 35A).

Em maçã MP aos 120 dias, o tratamento A+F apresentou a maior porcentagem de O₂ (20,47 %) e a menor foi encontrada no ES+A (19,47 %) no terceiro do TVU. Durante o período de vida de prateleira todos os tratamentos apresentaram um aumento do O₂ no interior da embalagem, exceto o tratamento ES+A que se apresentou estável durante esse período (Figura 35B).

Em maçã MP com 180 dias, no terceiro e sexto do TVU, o tratamento ES+Q apresentou as menores porcentagens de O₂ com 18,53 % e 19,17 %, respectivamente, já as maiores porcentagens foram encontradas nos tratamentos A+A (20,50 %) e A+Q (20,47 %), no sexto dia. Já no nono dia os tratamentos ES+A e o ES+Q apresentaram as menores porcentagens, com valores de 19,43 % e 19,13 %, respectivamente (Figura 35C).

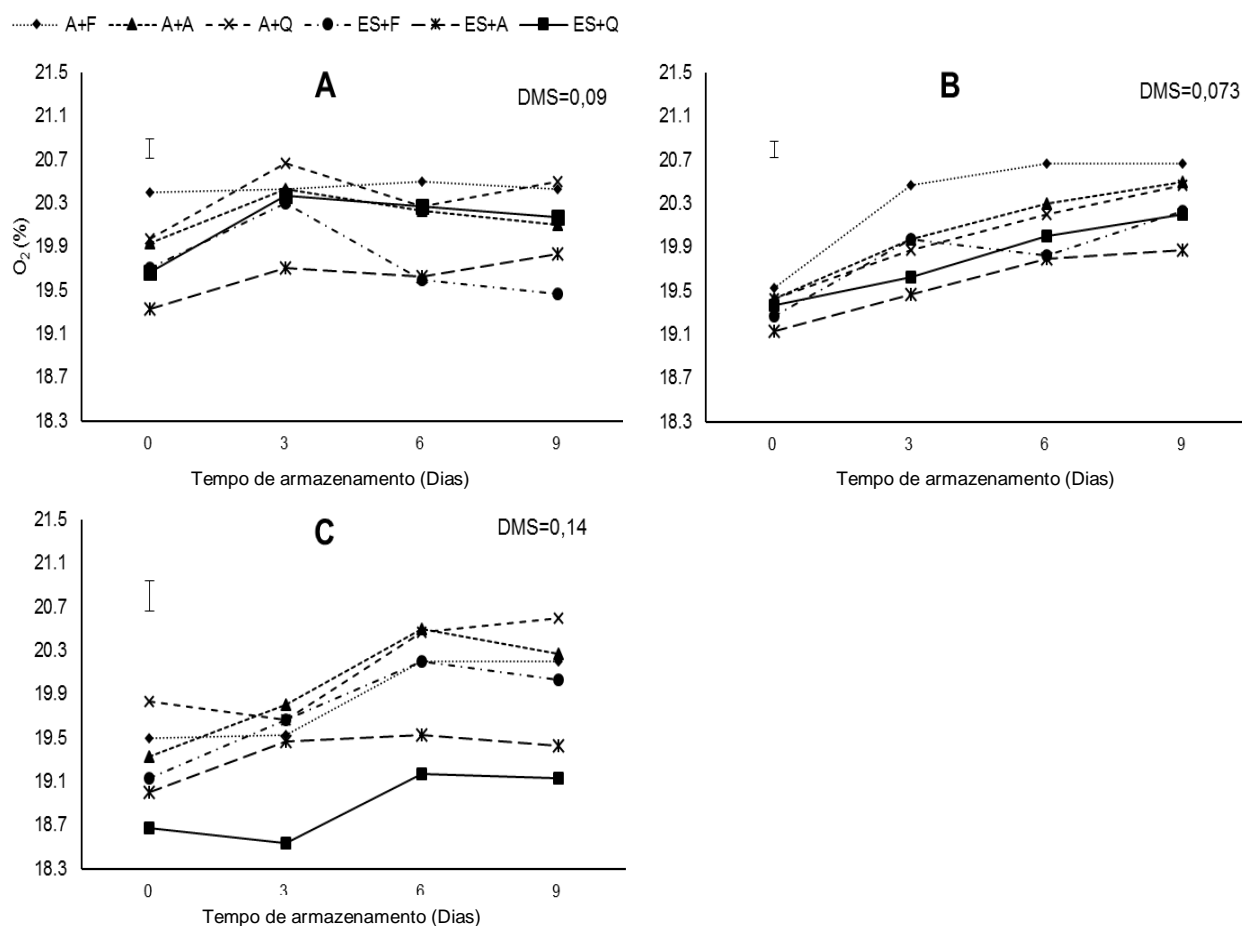


Figura 35: Taxa respiratória (porcentagem de O₂) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação aos valores do O₂ na maçã MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, nota-se uma queda nos valores de O₂ nos MP a partir dos 120 dias de armazenamento da maçã para os MP tratados com ES+A e ES+Q em todos os períodos de avaliação do TVU nos MP (Figura 36).

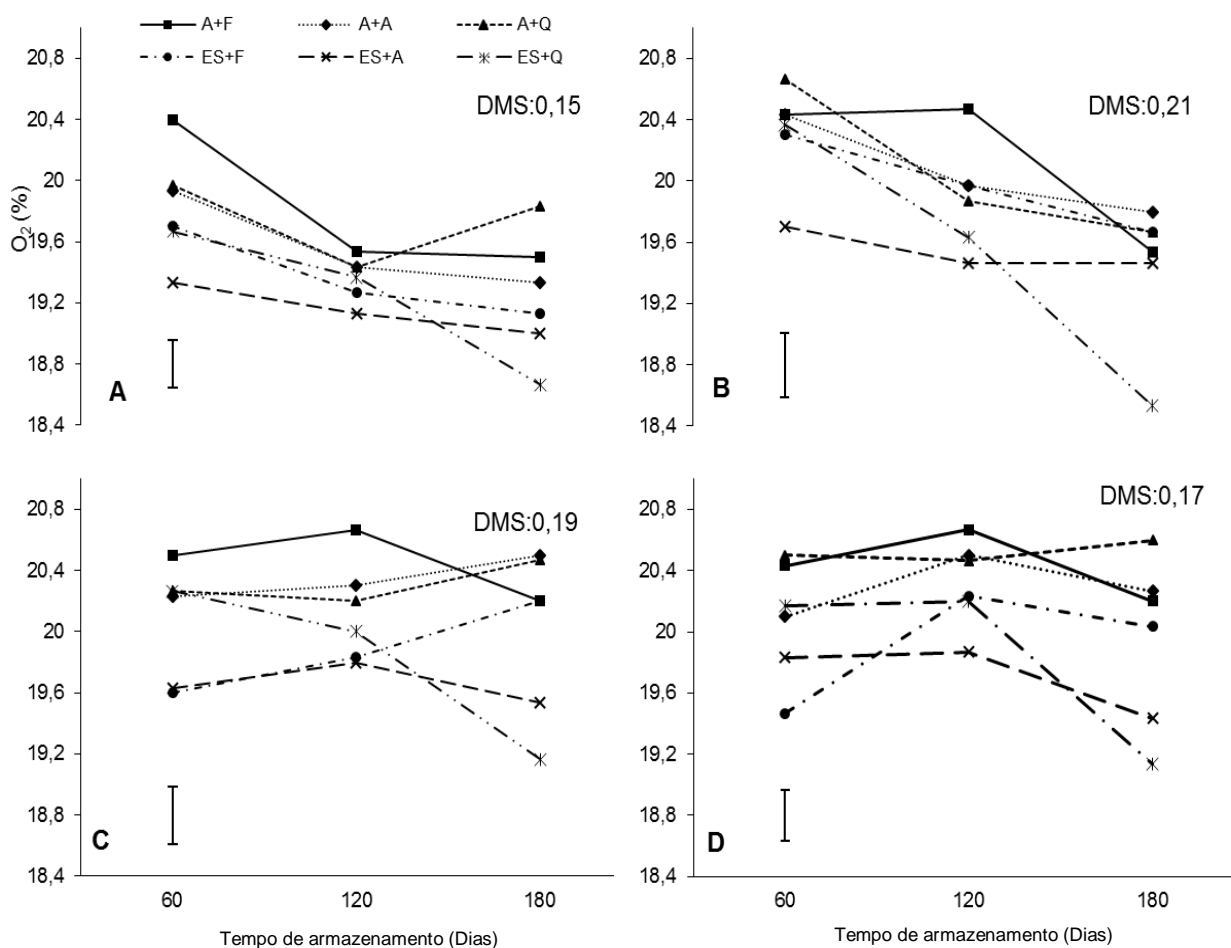


Figura 36: Taxa respiratória (porcentagem de O_2), em maçã MP da cv. ‘Gala’ comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Avaliando o produto da respiração (CO_2) dentro da embalagem em maçã após PM com 60 dias de armazenamento observou-se no terceiro dia do TVU dos MP onde menor valor encontrado foi no tratamento ES+Q (0,63 %), já os maiores valores foram encontrados nos tratamentos A+F e A+A ambos com 0,93 %. No sexto e nono dia os tratamentos contendo quitosana (A+Q e ES+Q) apresentaram os menores valores os quais foram de 0,77 % e 0,56 % respectivamente, já no nono dia os valores foram de 0,70 % e 0,53 %, respectivamente. Já nesses tempos o tratamento ES+F apresentou os maiores valores com 1,13 % no sexto dia e 1,27 % no nono dia de armazenamento. Os tratamentos em função dos dias de vida de prateleira mostraram que A+Q apresentou uma redução nos valores de 0,86 % a 0,70 % em 9 dias. Os tratamentos

A+A e ES+F apresentaram um aumento de CO₂ no interior da embalagem (Figura 37A).

Maçã MP aos 120 dias, apresentam valores de CO₂ elevados no tratamento ES+F (1,33 %) e o menor valor foi encontrado no tratamento ES+Q (0,90 %) no sexto dia do TVU. Ao final do período de vida de prateleira (9 dias) o menor valor de CO₂ correspondente a 0,90 % foi encontrado no tratamento ES+Q e maior valor, de 1,47 %, correspondeu ao tratamento ES+F. Os tratamentos ES+F e ES+A se apresentaram estáveis, já os demais tratamentos apresentaram redução dos valores de CO₂ a longo desse período (Figura 37B).

Em maçã MP aos 180 dias as maiores concentrações de CO₂ foram encontradas no tratamento ES+Q com valores de 1,40 % e a menor concentração correspondeu ao tratamento ES+F com valor de 1,00 %, valores esses para o terceiro do TVU. Já no sexto dia os maiores valores foram encontrados nos tratamentos A+F e ES+Q, com valores de 1,37 % e 1,47 %, respectivamente, o menor valor foi encontrado no A+Q com valor de 0,97 %. Aos 9 dias os tratamentos ES+A (1,43 %) e ES+Q (1,63 %) apresentaram os maiores valores, frente ao A+Q (1,07 %) que apresentou o menor valor de CO₂. Os tratamentos contendo eritorbato de sódio (ES+F, ES+A e ES+Q) apresentaram uma evolução nos valores de CO₂ com o passar dos dias vida de prateleira, mostrando um aumento na respiração nos MP (Figura 37C).

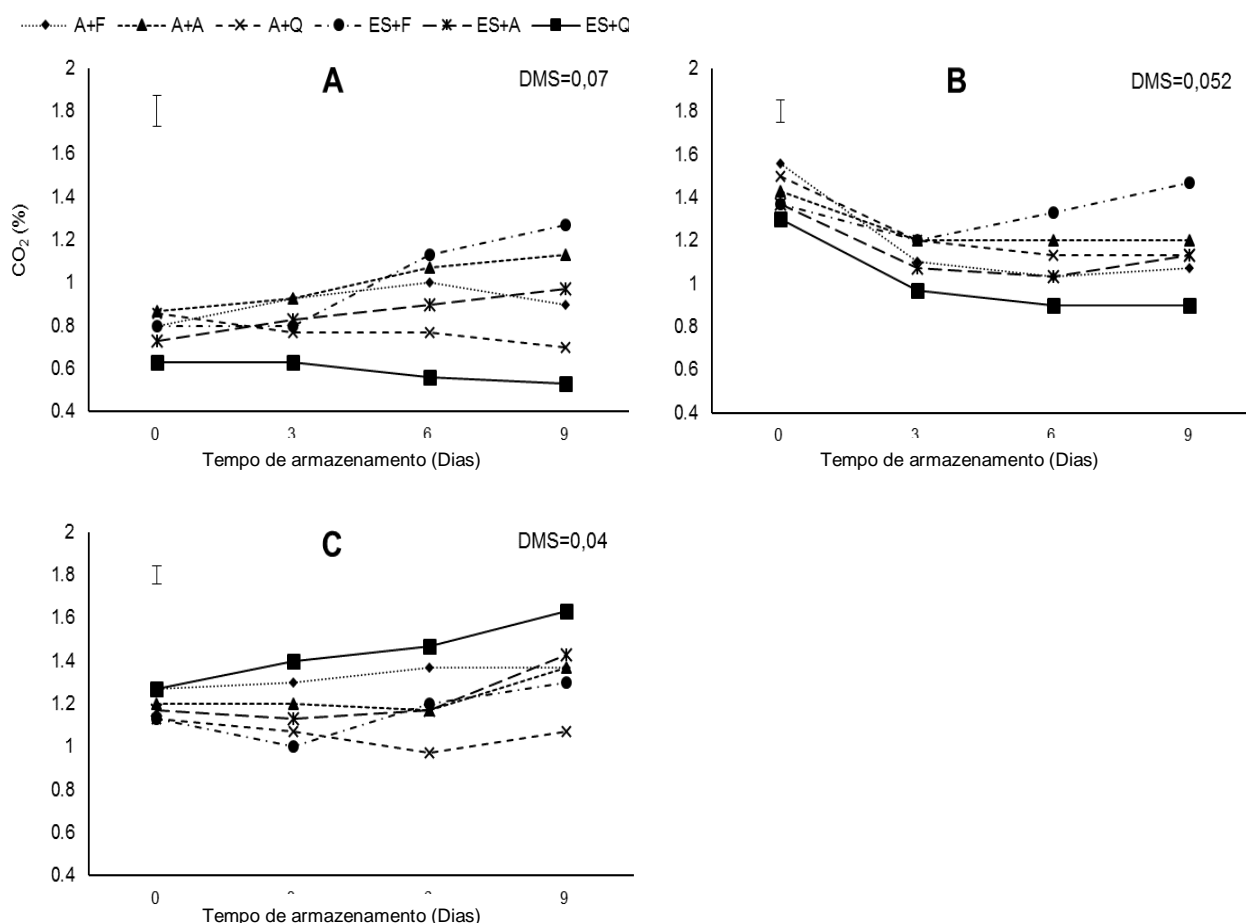


Figura 37: Taxa respiratória (porcentagem de CO₂) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação aos valores do CO₂ na maçã MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, nota-se uma evolução nos valores de CO₂ nos MP ao longo dos 180 dias armazenamento da maçã. Esse fato mostra que apesar do longo período de armazenamento e processamento das frutas (no teste de vida útil), esses ainda apresentam uma alta taxa respiratória (Figura 38).

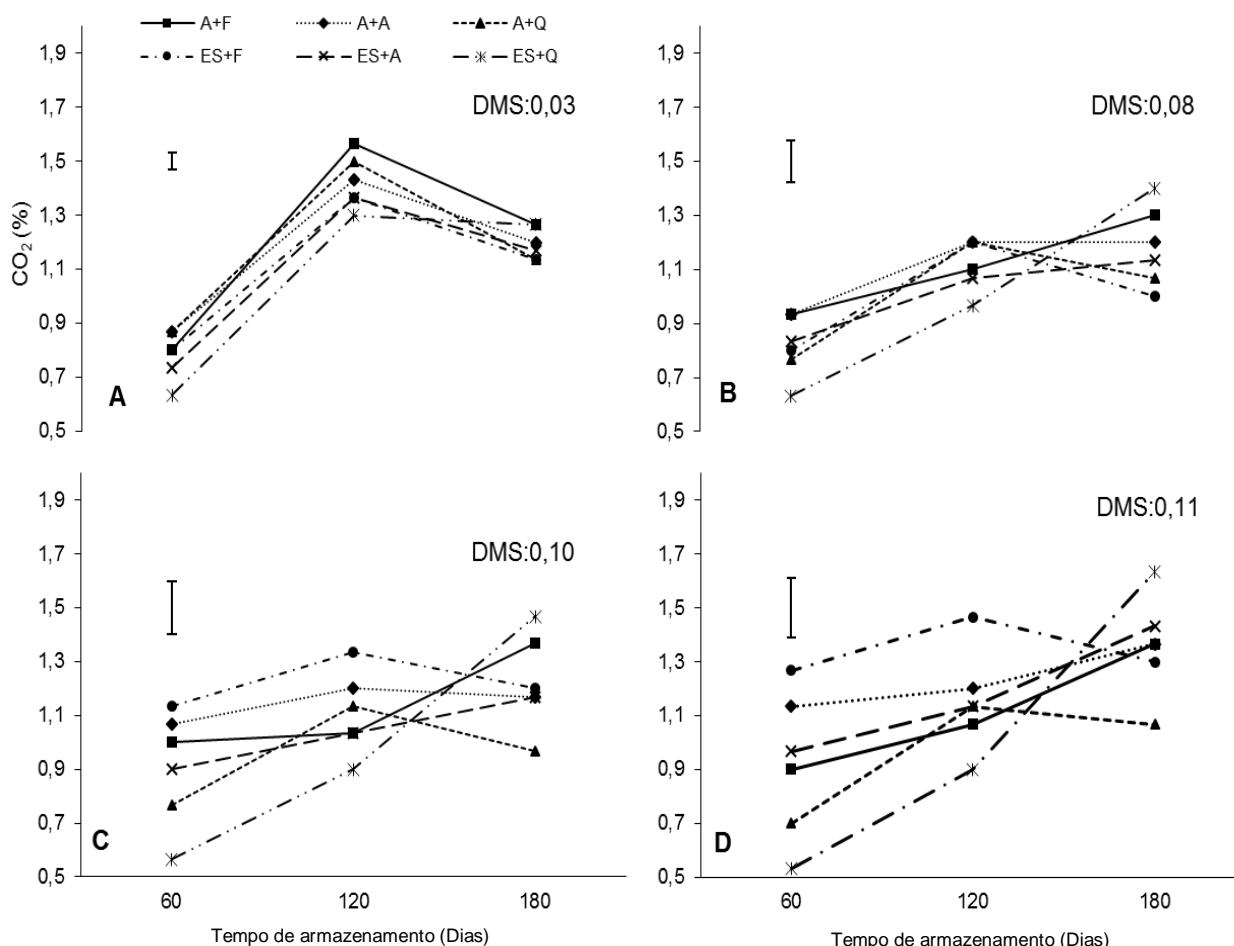


Figura 38: Taxa respiratória (porcentagem de CO₂), em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

4.4 Compostos bioativos

Com relação a quantidade de compostos fenólicos na maçã *in natura*, antes do processamento, notou-se uma redução de aproximadamente 30 mg de ácido clorogênico 100 g⁻¹ de fruta fresca, no decorrer dos 180 dias de armazenamento. A avaliação da quantidade de compostos fenólicos totais em maçãs MP aos 60 dias de armazenamentos mostrou que o uso do coadjuvante ES+F apresentou o maior teor de fenóis totais do tempo zero até o sexto dia do TVU, onde os valores variaram 133,21 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca, até 136,09 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca, respectivamente. Observou-se que os menores

valores de composto fenólicos foram encontrados nos tratamentos em que não foi utilizado antioxidante. No nono dia de teste de vida útil o tratamento ES+Q apresentou valor superior (196,0 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca) e o tratamento A+F apresentou o menor valor (98,00 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca) para o mesmo período. Avaliando o tratamento A+F em função dos dias, observou-se uma redução dos compostos ao longo do período avaliado, com valores de 129,69 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca no início e 98,00 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca ao final (9 dias). Já o ES+Q apresentou um aumento nos compostos fenólicos totais ao longo do armazenamento com valores de 127,34 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca no tempo zero, e 196,66 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca (Figura 39A).

Após a maçã ficar armazenada durante 120 dias, sendo posteriormente processada e tratada com diferentes coadjuvantes, observou-se que no início do armazenamento (tempo zero) o tratamento ES+A foi o único que apresentou diferença nos compostos fenólicos totais. Já no sexto dia de armazenamento o tratamento ES+F apresentou a maior quantidade de fenóis, com valor de 132,22 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca e o tratamento ES+Q apresentou a menor quantidade de compostos fenólicos, com valor de 111,73 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca. O tratamento ES+A apresentou a maior diferença nesse período com valores variando de 129,03 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca em zero dias e 100,76 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca no nono dia de teste vida de prateleira (Figura 39B).

À maçã que ficou por 180 dias armazenadas com posterior processamento mínimo e tratadas com diferentes coadjuvantes, apresentaram valores superiores a partir do o terceiro dia para o tratamento ES+A com valores variando de 126,78 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca, chegando a 138,77 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca em 9 dias de armazenamento. O tratamento ES+F apresentou valores superiores no tempo zero (135,81 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca) e se igualou com o tratamento ES+A no terceiro dia (125,56 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca). O tratamento A+F teve um aumento nos valores ao longo do período de vida de prateleira onde os valores ao terceiro dia foram de 86,07 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca chegando a 109,16 mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹de fruta fresca ao final desse período (Figura 39C).

Uma justificativa para o comportamento oscilatório observado nos compostos fenólicos totais, seria em relação às enzimas oxidativas que, além da forma ativa presente no citossol, apresenta formas latentes, encontradas tanto no citossol quanto em plastídios, isoladas do restante da célula (MARSELLÉS-MARCHART et al., 2006). Devido ao armazenamento refrigerado, as enzimas encontradas na forma latente e os plastídios ainda íntegros podem sofrer modificações ao longo do tempo, levando a ocorrência destas oscilações na oxidação dos fenólicos. Já o tratamento controle (H₂O), apresentou uma pequena queda. Segundo Fante et al., (2015), esta queda é devida as condições de processamento e armazenamento prolongado, pois estes promovem a oxidação química e enzimática, contribuindo para sua redução.

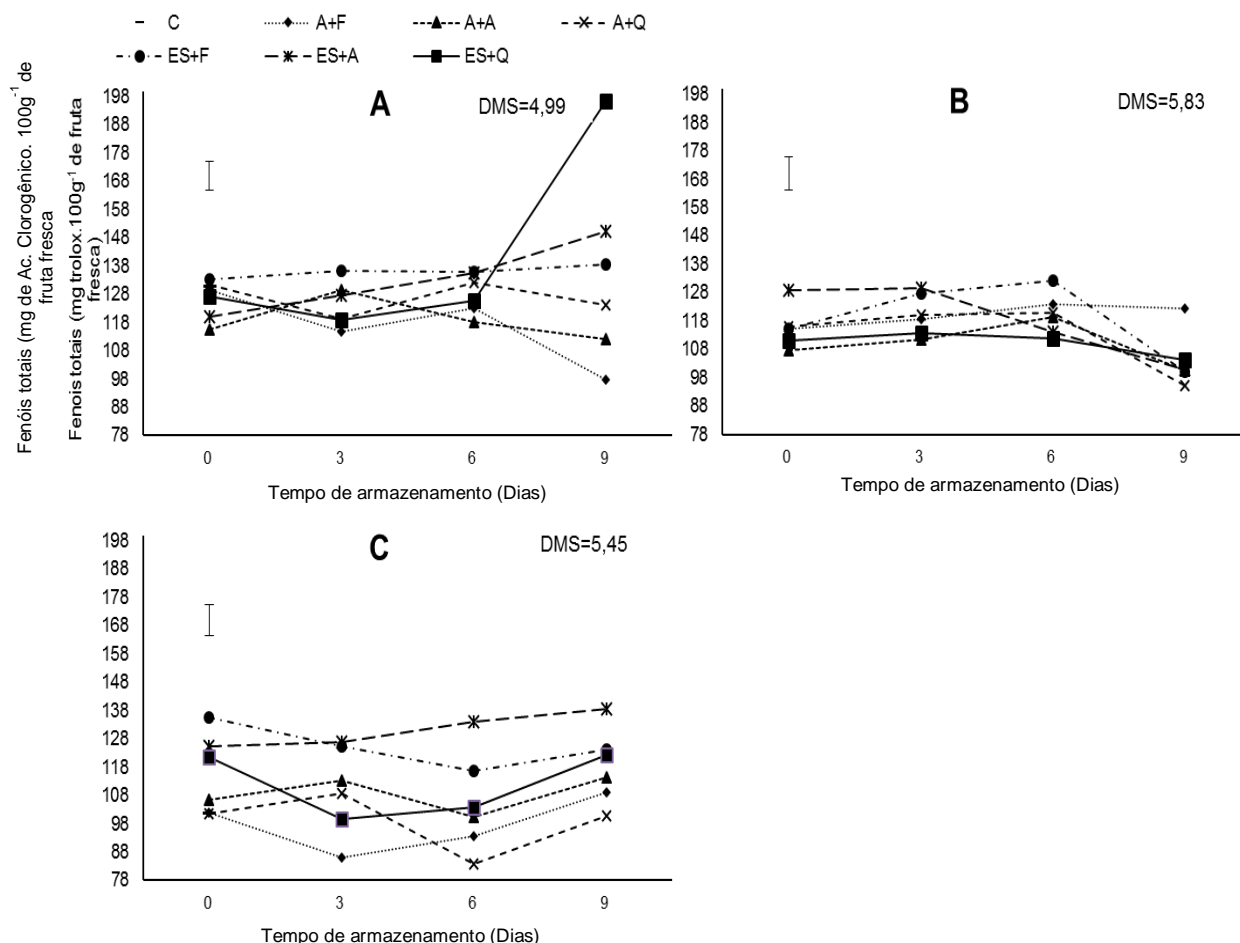


Figura 39: Quantificação de compostos fenólicos totais (mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS (p<0,05); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A quantificação dos compostos fenólicos presentes no TVU dos MP em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, apresentou uma estabilidade nos valores nos MP até o tempo de 120 dias de armazenamentos para todos os períodos de armazenamento dos MP exceto em 9 dias de armazenamento dos MP. No período compreendido entre 120 e 180 dias de armazenamento observa-se uma separação entre os tratamentos aplicados nos MP, podendo ser explicado pelo mesmo comportamento citado anteriormente (Figura 40).

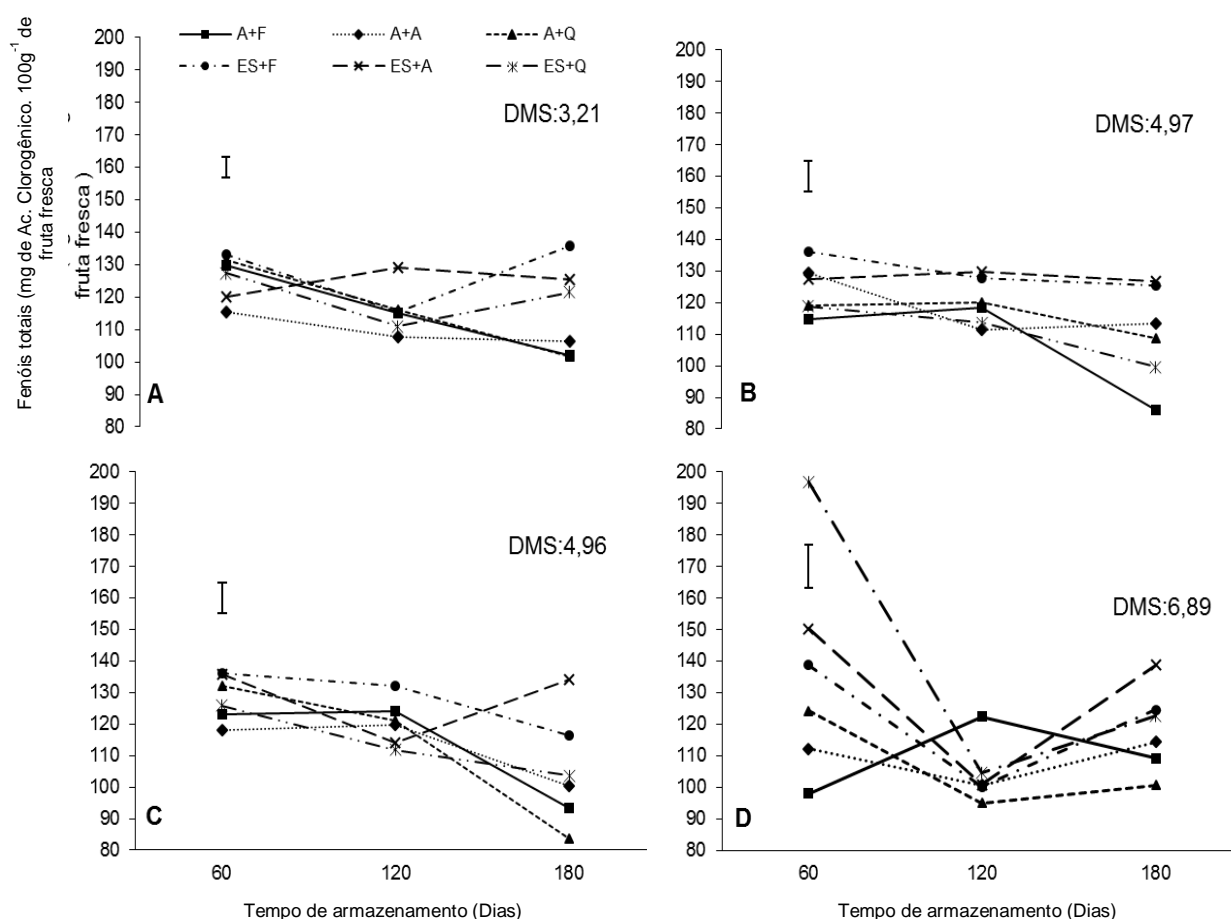


Figura 40: Quantificação de compostos fenólicos totais (mg de ácido clorogênico. 100 g⁻¹ de fruta fresca) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Em relação a atividade antioxidante em maçã *in natura*, antes do processamento, notou-se uma redução de aproximadamente 32 mg trolox.100g⁻¹fruta fresca nos 180 dias de armazenamento. A partir da quantificação da atividade antioxidante através do radical DPPH, observou-se que nas maçãs MP, com 60 dias de armazenamento, o tratamento ES+F apresentou os maiores valores até o sexto dia do TVU, onde os valores variaram de 160,19 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca, até 185,51 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca. De um modo geral os menores valores para atividade antioxidante durante esse período foram os tratamentos sem o uso do eritorbato de sódio. Avaliando os tratamentos em função dos dias de armazenamento notou-se, para o tratamento A+F uma diminuição a partir do tempo zero (141,51 mg trolox.100g⁻¹

fruta fresca) para o nono dia (83,60 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca). Já o tratamento ES+A apresentou um aumento na atividade antioxidante do tempo zero até o terceiro dia, com valores de 123,49 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca e 163,53 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca, respectivamente (Figura 41A).

Maçã processada com 120 dias de armazenamento e tratadas com diferentes coadjuvantes apresentaram maior atividade antioxidante para o tratamento ES+A em todo o período avaliado onde os valores iniciais foram de 129,03 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca, chegando a 100,76 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca afinal desse período do TVU. A menor atividade antioxidante foi registrada no tratamento ES+Q no terceiro e nono dia de teste de vida útil, 59,84 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca e 54,37 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca, respectivamente. Observando os tratamentos em função dos dias de armazenamento apenas o tratamento ES+F se manteve estável, os demais tratamentos apresentaram redução da atividade antioxidante com o passar desse período (Figura 41B).

Avaliando a atividade antioxidante dos MP, a partir da maçã com 180 dias de armazenamentos, notou-se valores superiores para o tratamento A+A no terceiro e nono dia do TVU, com valores de 168,57 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca e 169,85 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca, respectivamente. No sexto dia de armazenamento os tratamentos ES+A (162,89 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca) e ES+Q (153,57 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca) tiveram valores superiores ao A+Q (106,74 mg trolox.100g⁻¹ fruta fresca). Os tratamentos A+F e A+Q tiveram uma evolução na atividade antioxidante ao longo do armazenamento, já o ES+F se apresentou estável ao longo do período do TVU avaliado (Figura 41C).

No presente estudo alguns tratamentos apresentaram uma redução na atividade antioxidante, sendo que resultados similares foram verificados por Aguayo et al, (2010), no qual observaram que a atividade antioxidante em fatias de maçãs foi reduzida no decorrer dos 28 dias de armazenamento.

Com relação os valores para a quantificação da atividade antioxidante, presentes nos MP no TVU, em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, observou-se um aumento na atividade antioxidante no decorrer do período de armazenamento da maçã *in natura*, para todos os períodos avaliados do MP, sendo em 9 dias um aumento bem acentuado, resultados esses opostos aos encontrados

por Aguayo et al, (2010), ao estudar fatias de maçã ao longo de diferentes tempos de armazenamento (Figura 42).

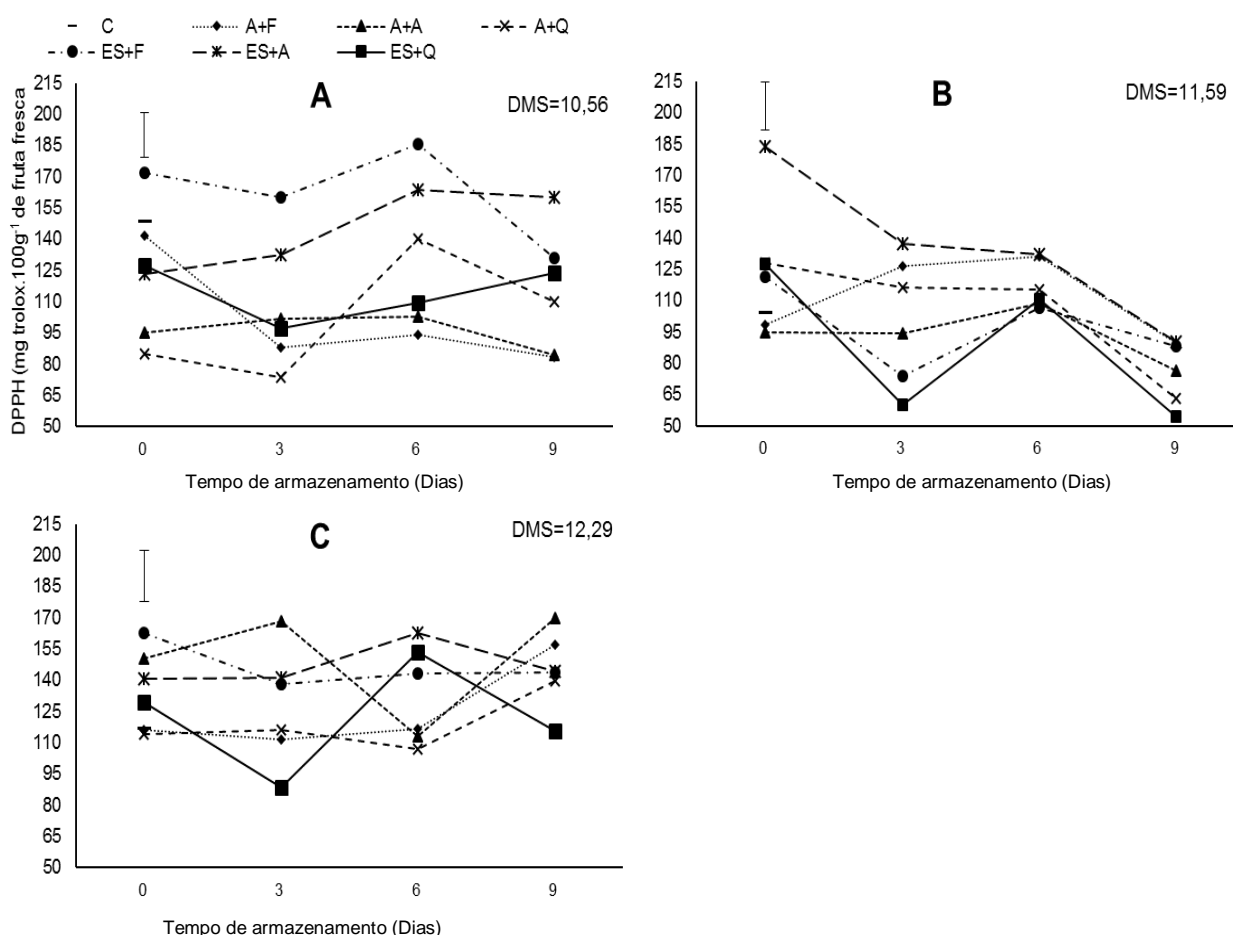


Figura 41: Quantificação da atividade antioxidante (AA) expresso em mg equivalente trolox.100 g⁻¹ de fruta fresca, em maçã minimamente processa da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 %, após, processamento destes frutos, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % ± 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016.

Barra vertical: Intervalo DMS (p≤0,05); **C:** Caracterização; **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

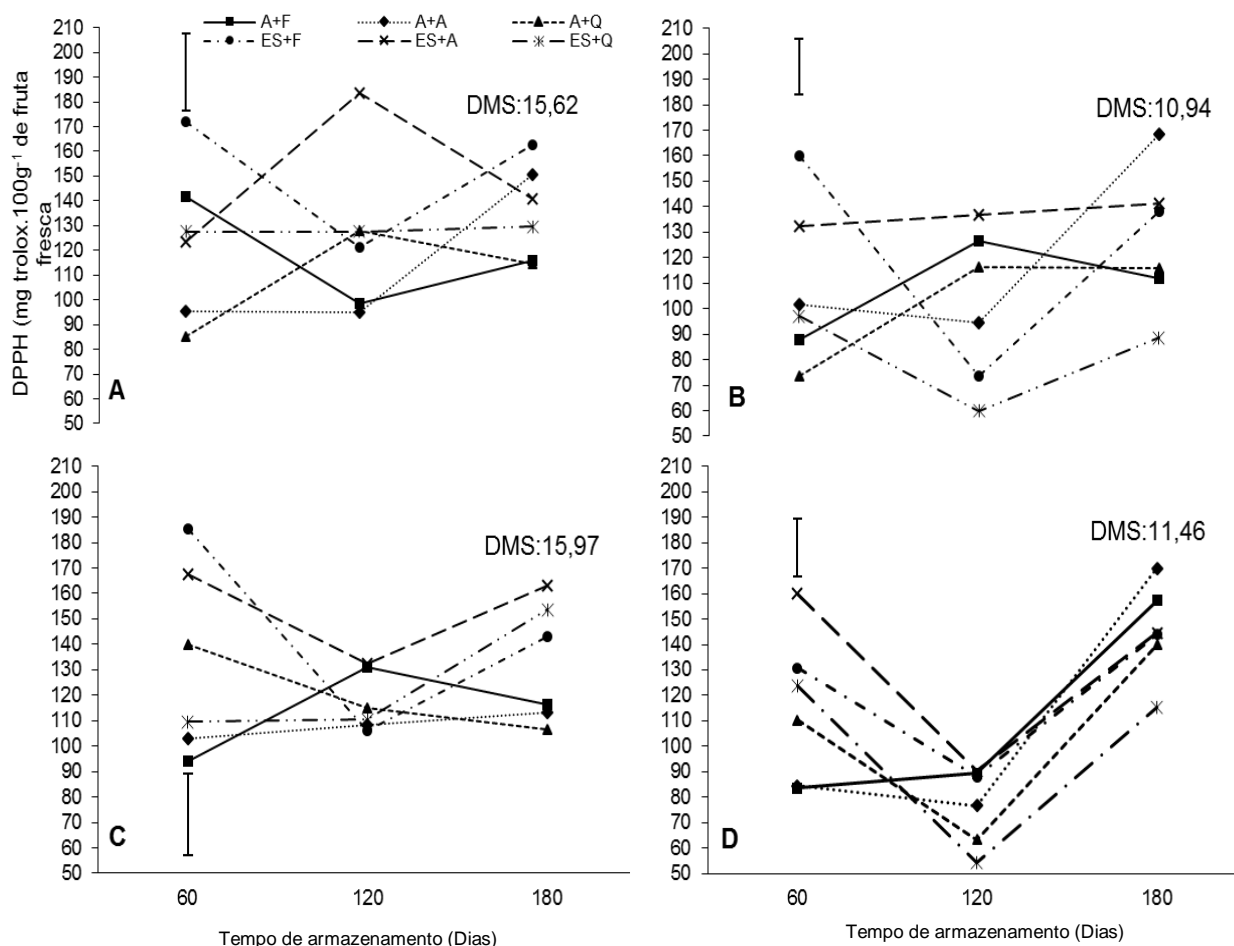


Figura 42: Quantificação da atividade antioxidante (AA) expresso em mg equivalente trolox.100g⁻¹ de fruta fresca, em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã in natura (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

4.5 Atividade enzimática

Determinando a atividade da enzima polifenoloxidase em maçã *in natura*, antes do processamento, durante os 180 dias de armazenamento observou-se um aumento de aproximadamente 24 U/μg⁻¹ de proteína do transcórre do período avaliado. Esse resultado está de acordo com Qi et al., (2011) que estudando maçã, observou que a atividade da enzima PFO tende a aumentar com o passar do tempo de armazenamento.

Avaliando a atividade da enzima polifenoloxidase em maçãs MP a partir de maçã com 60 dias de armazenamento, notou-se que os tratamentos contendo as

coberturas associadas ao eritorbato de sódio apresentam a menor quantidade enzima no tempo zero, com valores de $11,94 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína no ES+F, $22,27 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína no ES+A, e $9,26 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína no ES+Q. No sexto e nono dia de vida de prateleira os tratamentos A+Q e ES+Q apresentaram as menores quantidades de enzima, onde os valores para A+Q foram de $1,83 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína no sexto dia e $3,37 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína no nono dia. Já para o ES+Q aos valores foram de $1,28 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína e $7,57 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína, respectivamente no sexto e nono dia desse período (Figura 43A).

Chiabrando e Giacalone (2012), ao estudar o efeito do uso de agente antioxidante na redução da atividade enzimática, quando utilizaram ácido ascórbico 1 % e ácido cítrico 1 % combinados com cloreto de cálcio e atmosfera controlada, em maçãs de diferentes variedades, perceberam maior redução da ação enzimática no quinto dia de armazenamento da fruta. Essa redução também foi observada no presente estudo, sendo que as maiores reduções na atividade enzimática aconteceram até o 3º dia, como observado na Figura 43A.

Maçã processada aos 120 dias apresentam elevada atividade enzimática no terceiro dia do TVU onde o tratamento A+A apresentou o valor de $30,43 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína, seguido do tratamento A+F com $21,04 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína, sendo que os demais tratamentos apresentam valores inferiores. No sexto dia de vida de prateleira o tratamento ES+Q apresentou o maior valor ($5,20 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína) e o A+Q o menor valor ($2,05 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína). Já ao nono dia os menores valores encontrados corresponderam aos tratamentos A+Q, ES+F e ES+A onde os valores foram de $1,67 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína, $2,26 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína e $1,67 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína, respectivamente (Figura 43B). Estudos feitos por Jeong et al. (2008), trabalhando com maçãs cv. 'Fuji' armazenadas a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, observaram um aumento da atividade enzimática até o terceiro dia de armazenamento.

Avaliando a maçã processada aos 180 dias de armazenamento, observou-se valores para a enzima PFO superiores no tratamento ES+A no terceiro e nono dia de vida de prateleira com valores de $16,05 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína e $10,49 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína, respectivamente. Nesse mesmo intervalo os menores valores foram encontrados no tratamento A+Q onde os valores variaram de $1,37 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína em 3 dias e $1,59 \text{ U}/\mu\text{g}^{-1}$ de proteína aos 9 dias. Em comparação aos dias de armazenamento para cada tratamento observou-se que o tratamento ES+Q apresentou as maiores

variações ao longo do armazenamento com valores variando de $0,19 \text{ U} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ de proteína até $11,73 \text{ U} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ de proteína (Figura 43C).

Oliveira et al. (2007), em estudo sobre a enzima polifenoloxidase em maçã da cv. 'Gala', mostraram que esta enzima está localizada em toda a região da fruta, porém de não de maneira uniforme. De acordo com esses autores, a ação mais intensa da polifenoloxidase encontra-se mais próxima à epiderme e ao redor dos feixes vasculares.

O tratamento contendo alginato de sódio sem o uso do eritorbato de sódio apresentou a maior variação da atividade da enzima PFO nos MP a partir de maçã com 6 meses de armazenamento, repetindo essa grande variação. Qi et al., (2011) relata que a atividade da enzima PFO aumentou com o tempo de armazenamento.

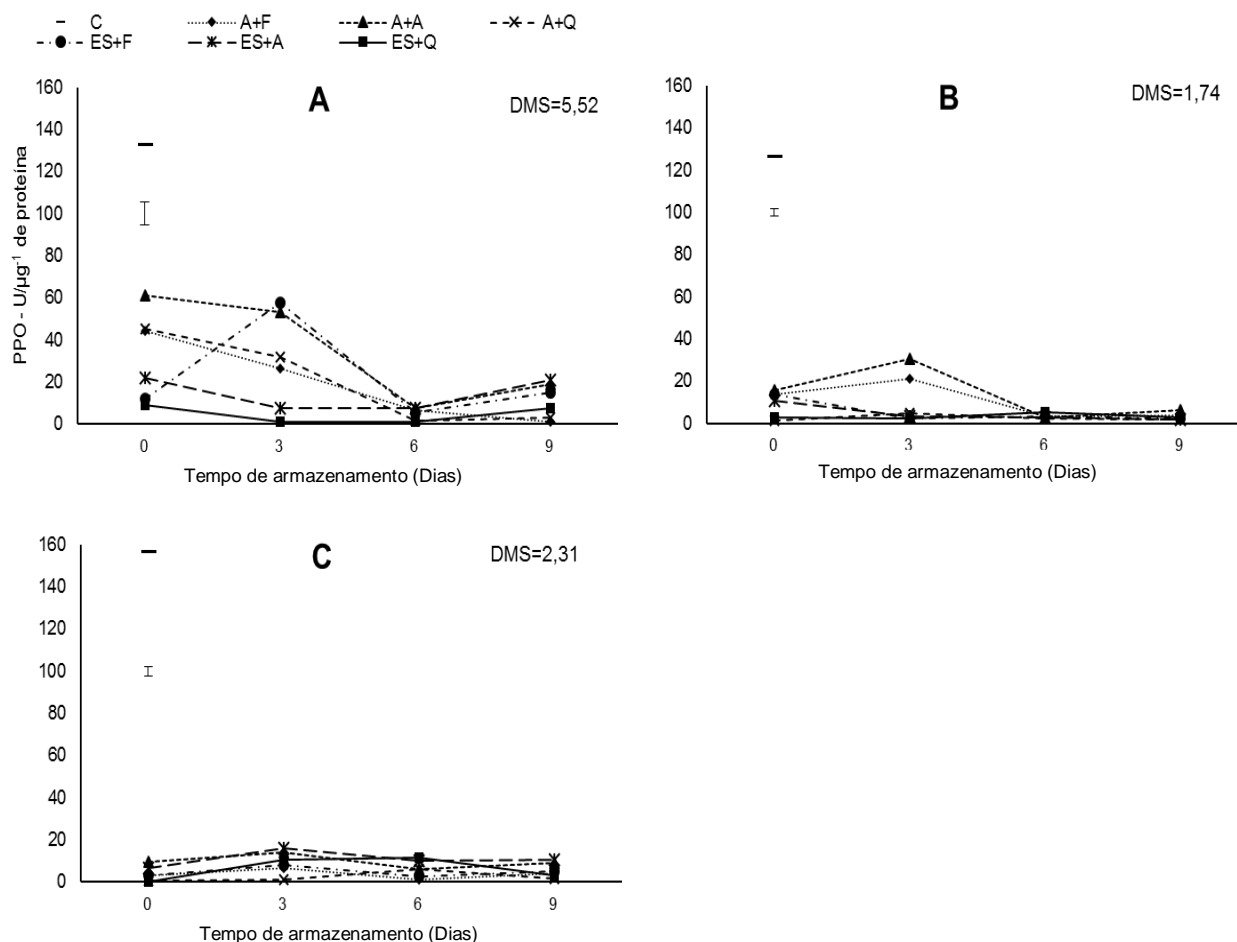


Figura 43: Quantificação da atividade da enzima polifenoloxidase (expressa em $U.\mu g^{-1}$ de proteína) em maçã minimamente processadas da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **C:** Caracterização; **A+F:** $H_2O + CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $H_2O + CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $H_2O + CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Com relação os valores para a quantificação da atividade da enzima polifenoloxidase, presentes nos MP no TVU, em função dos dias de armazenamento da maçã *in natura*, observou-se que nos 2 primeiros períodos do TVU dos MP, aconteceu uma redução dos da atividade da enzima PFO no decorrer dos 180 dias de armazenamentos das frutas *in natura*. Já nos dois últimos períodos de avaliação do MP observou-se uma estabilização dos valores. Segundo, Qi et al., (2011) estudando maçã, relata que acontece um aumento da atividade da enzima PFO com o maior

tempo de armazenamento, sendo esse resultado similar ao observado no presente estudo nos períodos iniciais de avaliação dos MP (Figura 44).

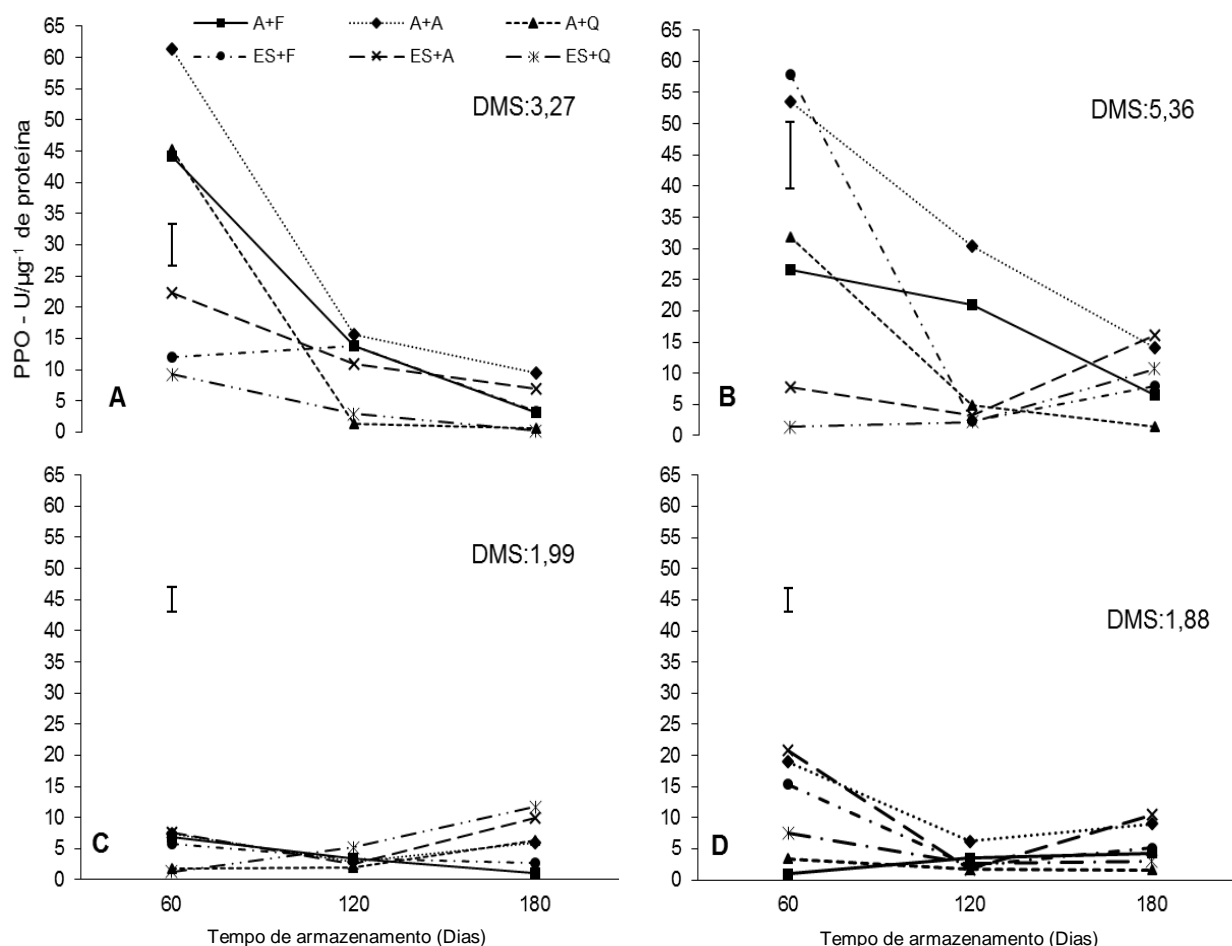


Figura 44: Quantificação da atividade da enzima polifenoloxidase (expressa em $U \cdot \mu g^{-1}$ de proteína) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F**: H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A**: H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q**: H_2O + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F**: Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A**: Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q**: Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + $CaCl_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A atividade da enzima polifenoloxidase (PFO) diminuiu na fruta armazenada por um período maior (180 dias de armazenamento da maçã *in natura*), e associadas as coberturas e eritorbato de sódio, o que explica os menores índices de escurecimento para as maçãs MP tratadas com ES+F armazenados por longos períodos em temperatura baixa, devido à redução na velocidade das reações enzimáticas. Essa tendência também foi encontrada por CHISARI et al. (2009), que

observaram uma redução progressiva na atividade da PFO durante o amadurecimento em melões.

A atividade da enzima peroxidase (PO) em maçã *in natura*, antes do processamento, observou-se uma redução de aproximadamente 25 U. μg^{-1} de proteína no transcorrer dos 180 dias de armazenamento. A atividade da PO em maçã MP após 60 dias de armazenamento apresentou os maiores valores para o A+A até o terceiro dia do TVU, mas, no sexto dia os tratamentos não diferiram estatisticamente, com uma média de 1,16 U. μg^{-1} de proteína. No nono dia o tratamento contendo fécula de mandioca associada ao eritorbato de sódio apresentou o maior valor para a enzima PO (20,66 U. μg^{-1} de proteína) e os menores valores foram registrados nos tratamentos A+F e ES+Q os quais foram 1,19 U. μg^{-1} de proteína e 5,19 U. μg^{-1} de proteína, respectivamente. Em relação aos tratamentos em função dos dias de vida de prateleira do MP, o tratamento A+A apresentou as maiores variações ao longo desse período com valores variando de 38,88 U. μg^{-1} de proteína até 1,87 U. μg^{-1} de proteína (Figura 45A). Neste período de avaliação, verificou-se um aumento da enzima PO entre todos os tratamentos a partir do 6 dia de avaliação (Figura 45A).

Aos 120 dias de armazenamento da maçã *in natura*, após MP os resultados para a atividade da enzima PO foram mais elevados no tratamento A+A ao terceiro dia de vida de prateleira onde o valor foi de 29,76 U. μg^{-1} de proteína com diferença dos demais tratamentos, e o tratamento A+Q apresentou o menor valor correspondente a 9,36 U. μg^{-1} de proteína. Valores superiores para o tratamento A+A se repetiram aos 9 dias (36,96 U. μg^{-1} de proteína), porém nesse período os menores valores foram encontrados nos tratamentos A+Q e ES+F, com valores 4,05 U. μg^{-1} de proteína e 2,50 U. μg^{-1} de proteína, respectivamente. Analisando os dias de vida de prateleira em função dos tratamentos, verificou-se que o tratamento A+A, apresentou as maiores diferenças, variando de 2,72 U. μg^{-1} de proteína em zero dias, até 36,96 U. μg^{-1} de proteína aos 9 dias de armazenamento (Figura 45B).

Os valores para PO em maçã MP, com 180 dias de armazenamento observou-se que, o tratamento ES+A apresentou valores elevados no tempo zero e 3 dias com valores de 3,95 U. μg^{-1} de proteína e 7,20 U. μg^{-1} de proteína, respectivamente. No sexto e nono dia o tratamento A+A apresentou os maiores valores de 13,85 U. μg^{-1} de proteína e 28,88 U. μg^{-1} de proteína, consecutivamente. Já o tratamento ES+Q apresentou os menores valores no período avaliado com valores variando de

0,41 U. μg^{-1} de proteína em zero dias e 2,78U. μg^{-1} de proteína no nono dia desse período (Figura 45C).

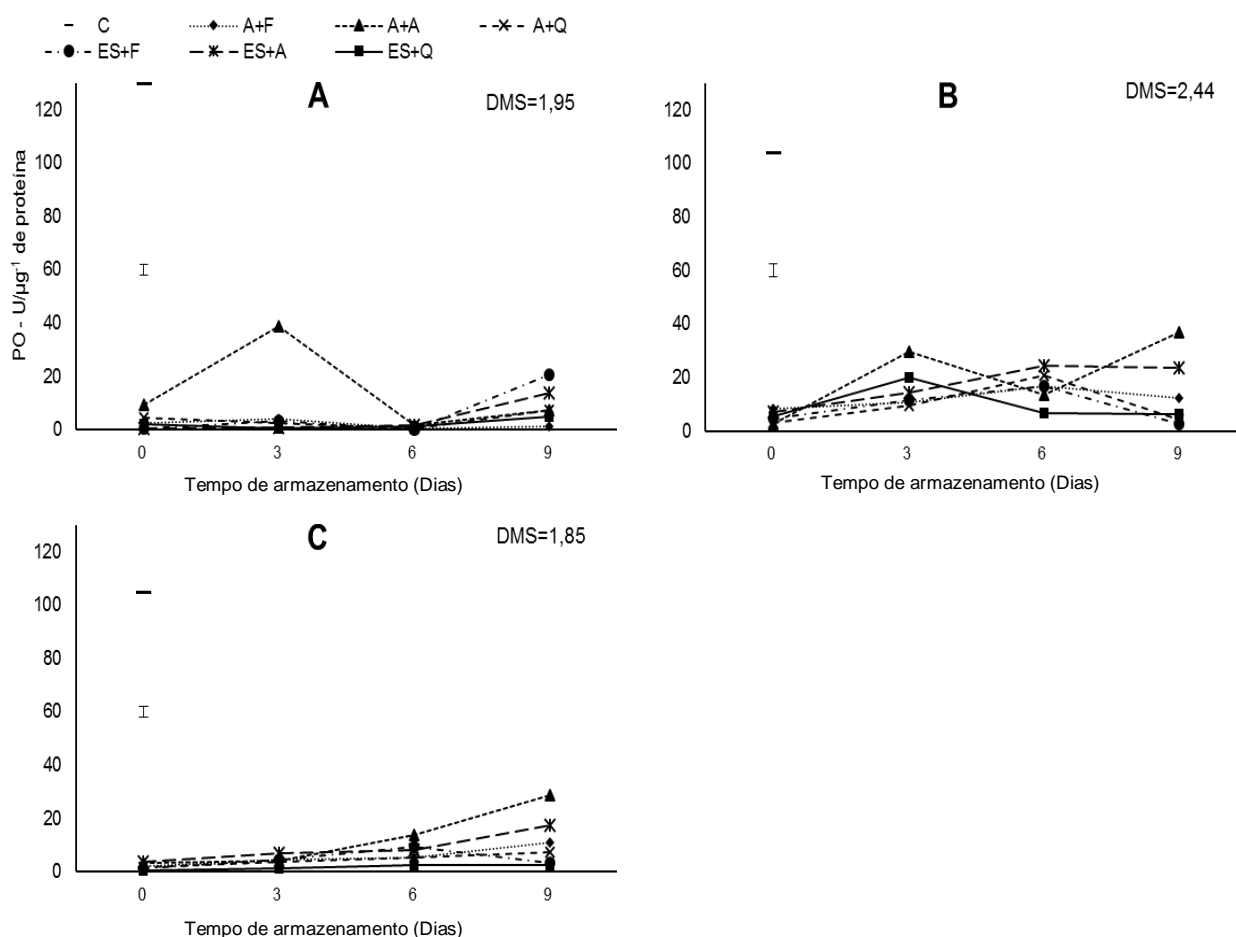


Figura 45: Quantificação da atividade da enzima peroxidase (expressa em U. μg^{-1} de proteína) em maçã minimamente processada da cv. 'Gala' com 60 dias (A), 120 dias (B) e 180 dias (C) de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a 1 °C \pm 1 °C e U.R. de 90 % \pm 5 %, após, processamento destas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenados em câmara refrigerada a 4 °C \pm 1 °C e U.R. de 90 % \pm 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

+F: H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

O aumento na atividade da PO pode estar relacionado com a diminuição nos valores de luminosidade, sobretudo ao longo dos dias de armazenamento, quando as frutas apresentaram polpa mais escurecida, devido à atividade dessa enzima, uma vez que o escurecimento ou descoloração dos tecidos são oriundos de reações catalisadas por essa enzima (LAURENTI e CLEMENTE, 2005).

Em oposto observado nos resultados da enzima PFO, em relação a enzima PO observou-se uma redução dos valores ao longo dos dias de armazenamento das frutas, com elevação dos valores até 120 dias e posterior queda até os 180 dias em todos os dias de avaliação do TVU (Figura 46).

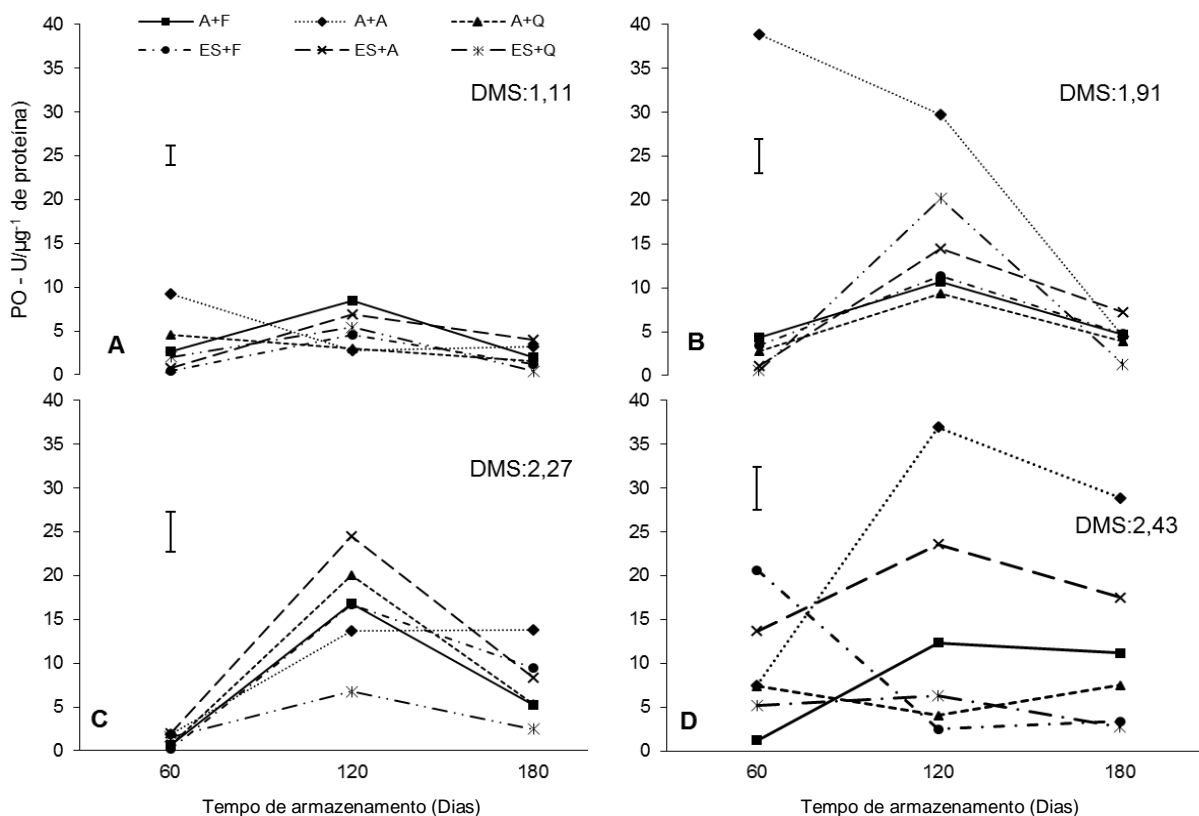


Figura 46: Quantificação da atividade da enzima peroxidase (expressa em U.µg⁻¹ de proteína) em maçã MP da cv. 'Gala' comparativos de cada tempo de armazenamento da maçã *in natura* (60 dias, 120 dias e 180 dias) de armazenamento, em cada dia do teste de prateleira dos MP (A-0 dias; B-3 dias; C-6 dias; D-9 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Barra vertical: Intervalo DMS ($p \leq 0,05$); **A+F:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

4.6 Análise sensorial

Na avaliação sensorial os julgadores atribuíram notas aos atributos relacionados com a aparência (uniformidade da cor, escurecimento), sabor característico, odor característico, textura (firmeza, crocância e suculência) e qualidade geral das maçãs minimamente processadas. As escalas não estruturadas utilizadas variaram de zero (menor intensidade) a nove (maior intensidade). Analisando as características sensoriais de maçãs minimamente processadas elaboradas com maçãs com 60 dias de armazenamento, os atributos firmeza e

croância (Figura 47F e 47G) não apresentaram diferença significativa. No que diz respeito ao atributo uniformidade da cor o tratamento ES+F apresentou os melhores resultados em todo o período do TVU avaliado com medias variando de 8,15 até 8,48. Já o tratamento ES+A apresentou boa uniformidade no início do armazenamento (8,35) e a partir do sexto dia até o final do período do TVU avaliado (Figura 47A).

O escurecimento é um parâmetro de aparência de grande importância para escolha na hora do consumo de produtos MP. Em relação aos valores referentes ao escurecimento, os maiores valores foram encontrados para o tratamento A+Q em todo o período do TVU avaliado, já os menores valores foram encontrados para os tratamentos ES+F e ES+A (Figura 47B). Referente ao atributo suculência os tratamentos A+Q e ES+Q apresentaram os menores valores, já os demais tratamentos, segundo os avaliadores, apresentaram boa suculência (Figura 47C). Em relação ao atributo odor característico, os tratamentos não feriam entre si, apenas o tratamento ES+A apresentou uma variação ao longo dos dias de armazenamento (Figura 47D).

O atributo sabor característico apresentou grande diferença nos tratamentos contendo quitosana como cobertura, tanto quando foi utilizada ela de forma isolada, quanto para o uso associado ao eritorbato de sódio. Já os demais tratamentos não apresentam diferença entre si (Figura 47E). Esse fato mostra a grande aceitação dos tratamentos contendo fécula de mandioca e alginato de sódio associados ou não com o eritorbato, referentes a manutenção do sabor de maçã nos produtos minimamente processados.

No quesito qualidade geral da maçã MP, os tratamentos contendo fécula de mandioca e alginato de sódio associado ou não com eritorbato de sódio (A+F, A+A, ES+F e ES+A) apresentaram bom desempenho para manter ou até mesmo agregar qualidade nas maçãs MP. Porém os tratamentos contendo quitosana (A+Q e ES+Q), apresentam uma baixa qualidade frente aos julgadores mostrando que esse tipo de cobertura não é adequada para ser aplicada em maçãs MP (Figura 47H).

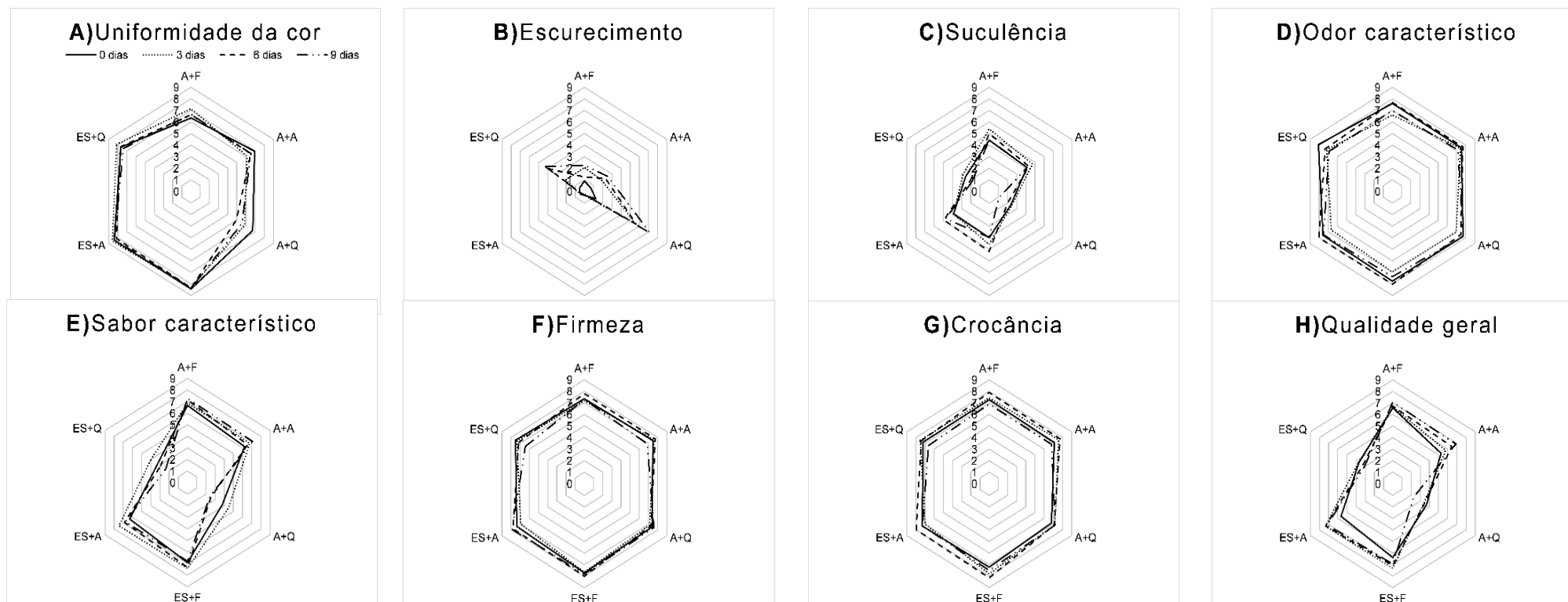


Figura 47: Avaliação sensorial em maçã da cv. ‘Gala’ com 60 dias de armazenamento em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ da fruta *in natura*, após, processamento mínimo e adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F; A+A; A+Q; ES+F; ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

As características sensoriais de maçã processada, após 120 dias de armazenamento das frutas *in natura*, mostraram que os tratamentos ES+F e ES+A apresentaram maior uniformidade da cor em todo o período do TVU avaliado, já os demais tratamentos se apresentaram estáveis nesse período, exceto o tratamento A+Q que apresentou uma diminuição da uniformidade da cor (Figura 48A). Referente ao atributo escurecimento, os tratamentos ES+F e ES+A apresentam o menor valor de escurecimento, mostrando a eficiência da utilização das coberturas fécula de mandioca e alginato de sódio associados ao eritorbato de sódio, na prevenção do escurecimento da polpa, problema esse que causa recusa dos consumidores. O tratamento A+Q apresentou o maior nível de escurecimento em todo o período avaliado chegando a médias de 5,41 em 6 dias e 5,84 em 9 dias de vida de prateleira (Figura 48B).

Quanto ao atributo suculência os tratamentos contendo fécula de mandioca e alginato de sódio apresentaram os maiores valores para suculência. Já os tratamentos contendo quitosana apresentaram baixa suculência. Nesse atributo o que causou as maiores diferenças foram os tratamentos, uma vez que não foi observada diferença nos dias de vida de prateleira (Figura 48C). Quanto ao sabor característico dos MP, os tratamentos que acarretaram em redução desse atributo foram os tratamentos A+Q e ES+Q em todo o período do TVU avaliado, já os demais tratamentos mantiveram o sabor característico de maçã, o que torna esses coadjuvantes uma boa alternativa para aplicação em MP de maçãs (Figura 48E).

Os atributos odor, firmeza e crocância não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos aplicados (Figura 48D, 48F e 48G). Com relação ao atributo qualidade geral, as maçãs MP tratadas com fécula de mandioca e alginato de sódio tanto associados ou não com eritorbato de sódio tiveram uma qualidade superior. Já as maçãs MP tratadas com quitosana, apresentaram baixa qualidade. Esses resultados mostraram que de uma forma geral os melhores coadjuvantes para aplicação em maçãs MP foram os que tiveram fécula ou alginato de sódio na sua formulação (Figura 48H).

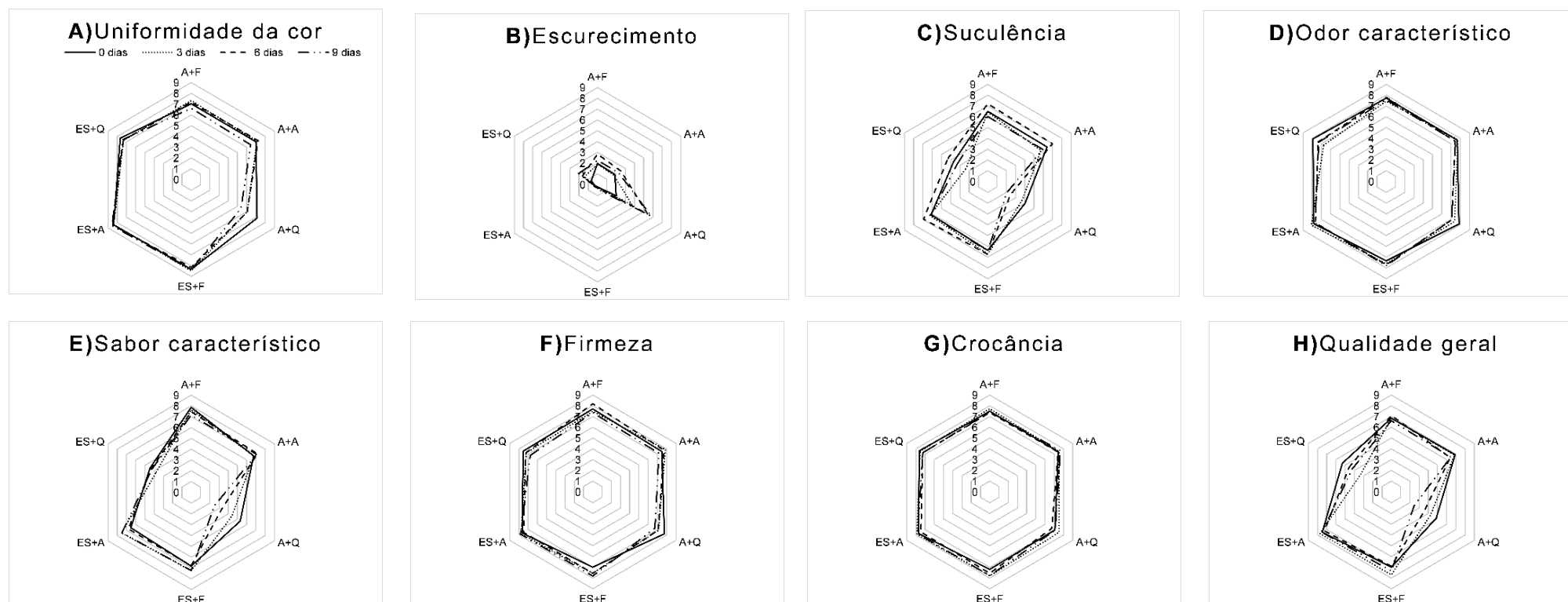


Figura 48: Avaliação sensorial em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ da fruta *in natura*, após, processamento mínimo e adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F; A+A; A+Q; ES+F; ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 d, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

A qualidade sensorial das maçãs minimamente processadas, após 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* mostrou que os tratamentos ES+F e ES+A apresentaram a melhor uniformidade da cor. Os tratamentos sem o uso de antioxidante (A+A, A+F e A+Q) apresentam menor uniformidade da cor durante o período do TVU avaliado (Figura 49A).

Em relação ao atributo escurecimento, os tratamentos com coberturas sem o uso de eritorbato de sódio foram os tratamentos com o maior valor de escurecimento, já o uso das coberturas associados ao uso de eritorbato de sódio, apresentaram os melhores resultados neste atributo, sendo essa associação fundamental para evitar o escurecimento (Figura 49B). Estes resultados são similares aos encontrados por Fontes, Sargento e Spoto, (2007) ao estudar maçãs do cultivar Royal Gala tratadas com diferentes coadjuvantes incluindo coberturas comestíveis, no qual demonstra que os menores valores para escurecimento são encontrados em maçãs MP tratadas com antioxidante associado a coberturas.

No quesito suculência (Figura 49C) a maçã MP tratada com A+Q e ES+Q apresentaram os menores valores. Quanto ao sabor característico dos MP, os tratamentos que acarretaram em redução desse atributo foram os tratamentos A+Q e ES+Q em todo o período avaliado, já os demais tratamentos mantiveram o sabor característico de maçã, o que torna esses coadjuvantes uma boa alternativa para aplicação em MP de maçãs (Figura 48E). Os atributos odor, firmeza e crocância não apresentaram diferença significativa (Figura 49D, 49F, 49G).

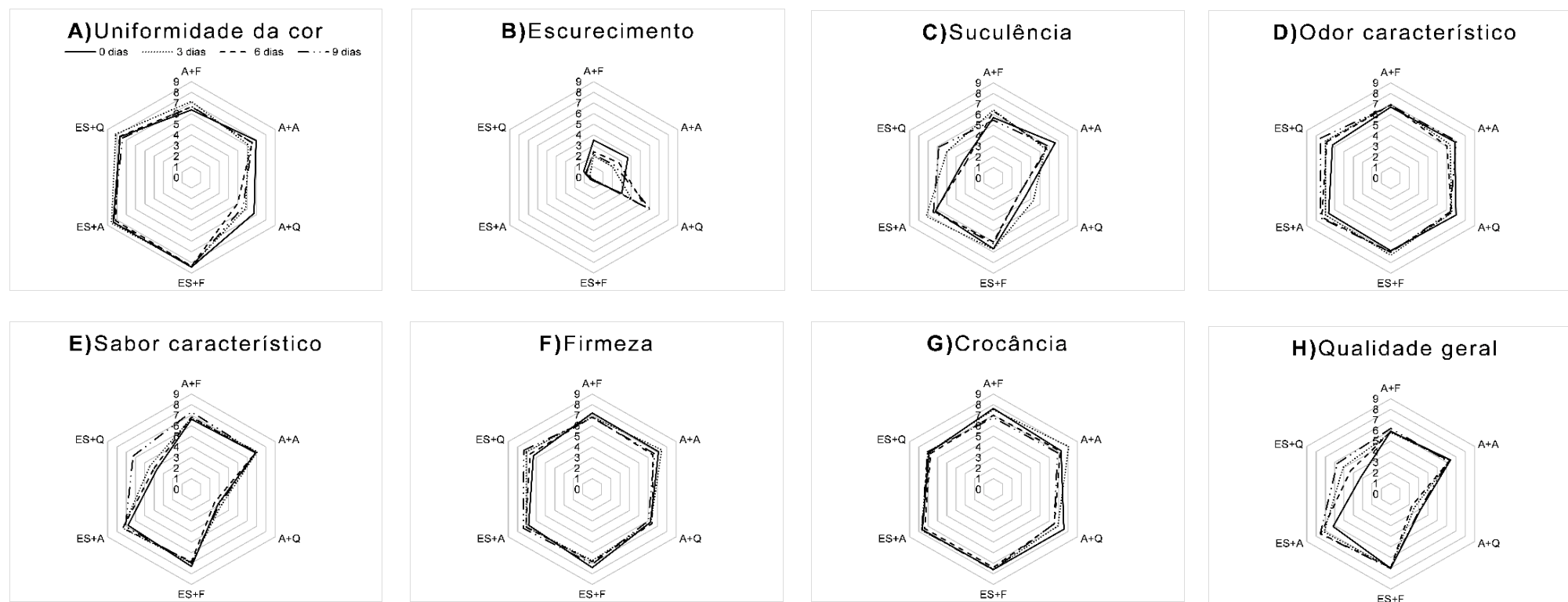


Figura 49: Avaliação sensorial em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ da fruta *in natura*, após, processamento mínimo e adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F; A+A; A+Q; ES+F; ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 d, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Este trabalho obteve resultados diferentes aos estudos realizados por Fontes, Sargento e Spoto, (2007) em maçãs do cultivar Royal Gala tratadas com diferentes coadjuvantes, incluindo coberturas comestíveis os quais mostraram que maçãs tratadas com alginato de sódio apresentaram maiores valores de textura, mais suculentas e crocantes. No presente trabalho todos os tratamentos utilizados não apresentaram diferença significativa para esses atributos. A diferença do cultivar utilizada bem como as condições de clima e manejo do pomar podem ser a causa dessa diferença.

4.7 Análise fatorial

A análise fatorial de correlações permitiu identificar os fatores mais importantes na qualidade da maçã minimamente processadas submetidas a tratamentos de cobertura comestível e armazenada por diversos períodos. Com os dados das frutas minimamente processadas e tratadas com coberturas comestíveis originárias de maçã armazenadas durante 60 dias de armazenamento, segundo o critério de Kaiser, foram obtidos seis fatores que representaram 67,37 % da variabilidade total (Tabela 1) e as principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade nos fatores podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 1: Variância de cada fator e variância acumulada dos seis fatores principais, em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Fatores	Variância de cada fator (%)	Variância acumulada (%)
1	20,27	20,27
2	11,05	31,32
3	10,06	41,38
4	8,97	50,35
5	8,92	59,27
6	8,10	67,37

Tabela 2: Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade, em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Escurecimento ¹	-0,8291		
Índice de escurecimento	-0,8485		
Açúcares totais		0,9419	
Açúcares redutores		0,8925	
Açúcares não redutores		0,9221	
L*			0,7946
PFO			0,7560
Qualidade geral	0,8568		

¹Atributo sensorial

O primeiro fator, que explica 20,27 % da variabilidade total, analisando os períodos de vida de prateleira da maçã minimamente processada, apresentou coeficientes de correlação altos com as variáveis índice de escurecimento na superfície e escurecimento (Figura 50), localizadas no eixo negativo. A qualidade geral, localizada no eixo positivo, também apresentou importância, ainda que em menor grau. Este fator foi denominado escurecimento. O segundo fator, que explica 11,05 % da variabilidade total, foi caracterizado pelos variáveis açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores (Figura 36), todas elas localizadas no eixo positivo. Este fator foi denominado açúcares.

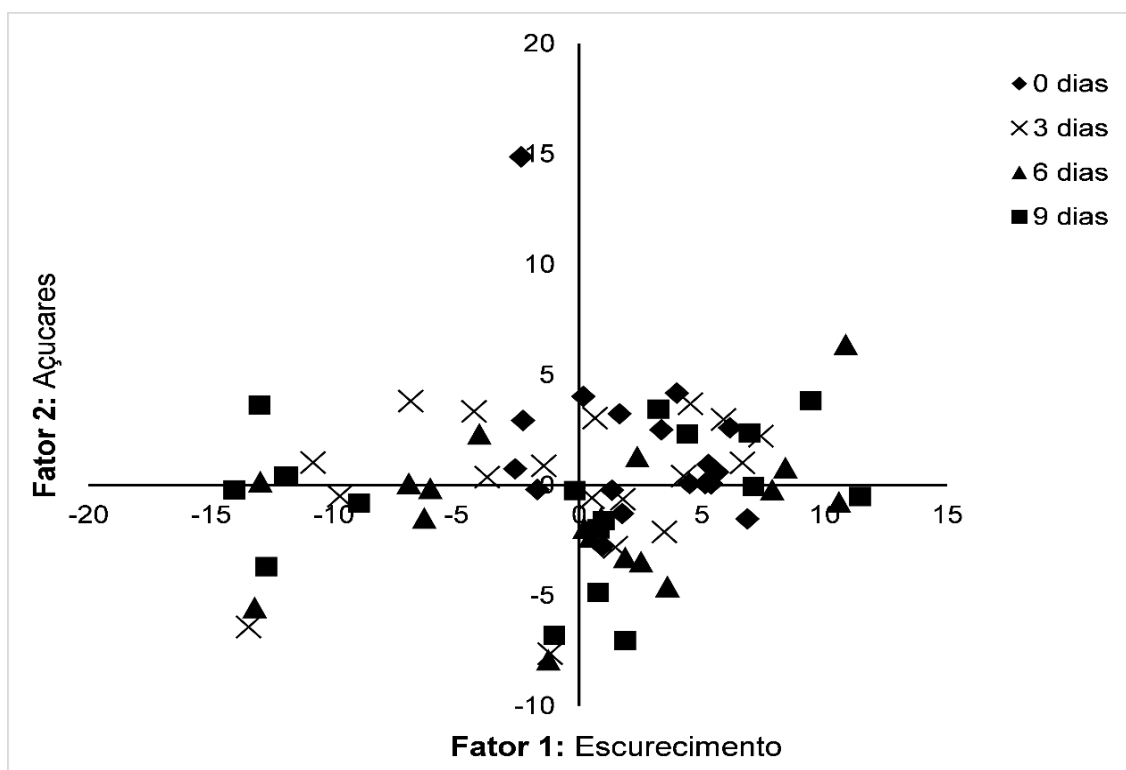


Figura 50: Representação gráfica dos períodos de teste de prateleira em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a ± 1 °C e U.R. de 90 % - 95 %, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a 4 °C ± 1 °C e U.R. de 90 % \pm 5 % por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento e açúcares após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

O terceiro fator que explica 10,06 % da variabilidade total analisando os tratamentos de cobertura comestível, foi caracterizado pelas variáveis luminosidade de polpa, luminosidade de superfície e enzima polifenoloxidase, todas elas localizadas no eixo positivo (Figura 51). Este fator foi denominado de luminosidade (L*). É possível estabelecer uma coerência nas informações derivadas dessa análise, pois o escurecimento, predominante no primeiro fator está relacionado com a luminosidade, importantes fatores que afetam a aparência do produto e condiciona sua escolha pelo consumidor.

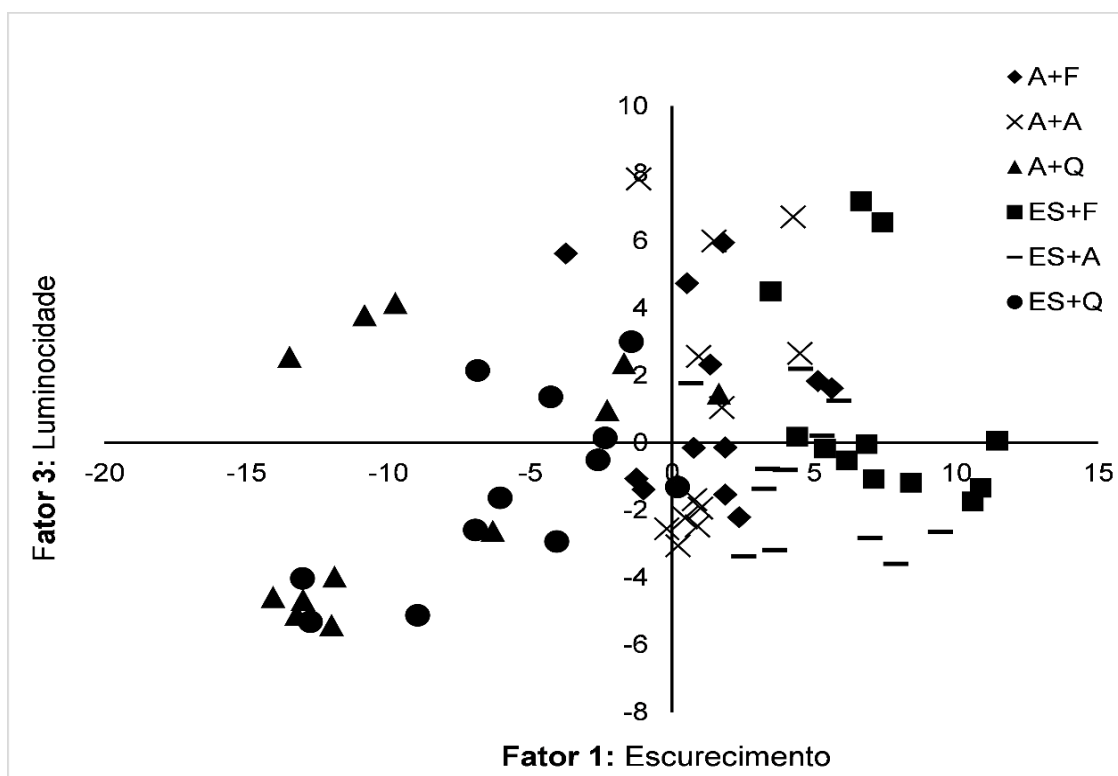


Figura 51: Representação gráfica dos tratamentos, em maçã da cv. 'Gala' com 60 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 95\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatoriais escurecimento e luminosidade após a rotação ortogonal Varimax.. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Após 120 dias de armazenamento refrigerado da maçã inteira, estas foram processadas e submetidas a períodos de vida de prateleira, sendo que com esses dados foi possível identificar seis fatores que representaram 70,58 % da variabilidade total do experimento (tabela 3) e as principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade nos fatores podem ser observadas na tabela 4.

Tabela 3: Variância de cada fator e variância acumulada dos seis fatores principais, em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Fatores	Variância de cada fator (%)	Variância acumulada (%)
1	15,98	15,98
2	13,80	29,78
3	12,13	41,91
4	9,67	51,58
5	9,53	61,11
6	9,47	70,58

Tabela 4: Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade, em maçã da cv. 'Gala' com quatro Meses de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Variáveis	Fator 1	Fator2	Fator 3
Índice de escurecimento	- 0,9374		
Croma (C*)	- 0,8769		
HUE (h°)	0,8591		
Firmeza ¹		0,8189	
Crocância ¹		0,8148	
ATT			- 0,8361
Relação SST/ATT			0,9049
L*	0,8543		

¹Atributo sensorial;

O primeiro fator, que explica 15,98 % da variabilidade total, analisando os períodos de vida de prateleira da maçã minimamente processada, apresentou coeficientes de correlação altos com as variáveis índice de escurecimento da superfície e cor representada pelas variáveis croma superficial localizadas no eixo negativo e luminosidade (L*) e tonalidade (H°) localizadas no eixo positivo (Figura 52). Este fator foi denominado escurecimento/cor. O segundo fator, que explica 13,80 % da variabilidade total, foi caracterizado pelas variáveis firmeza/crocância sensorial, ambas localizadas no eixo positivo (Figura 52). Este fator foi denominado firmeza/crocância.

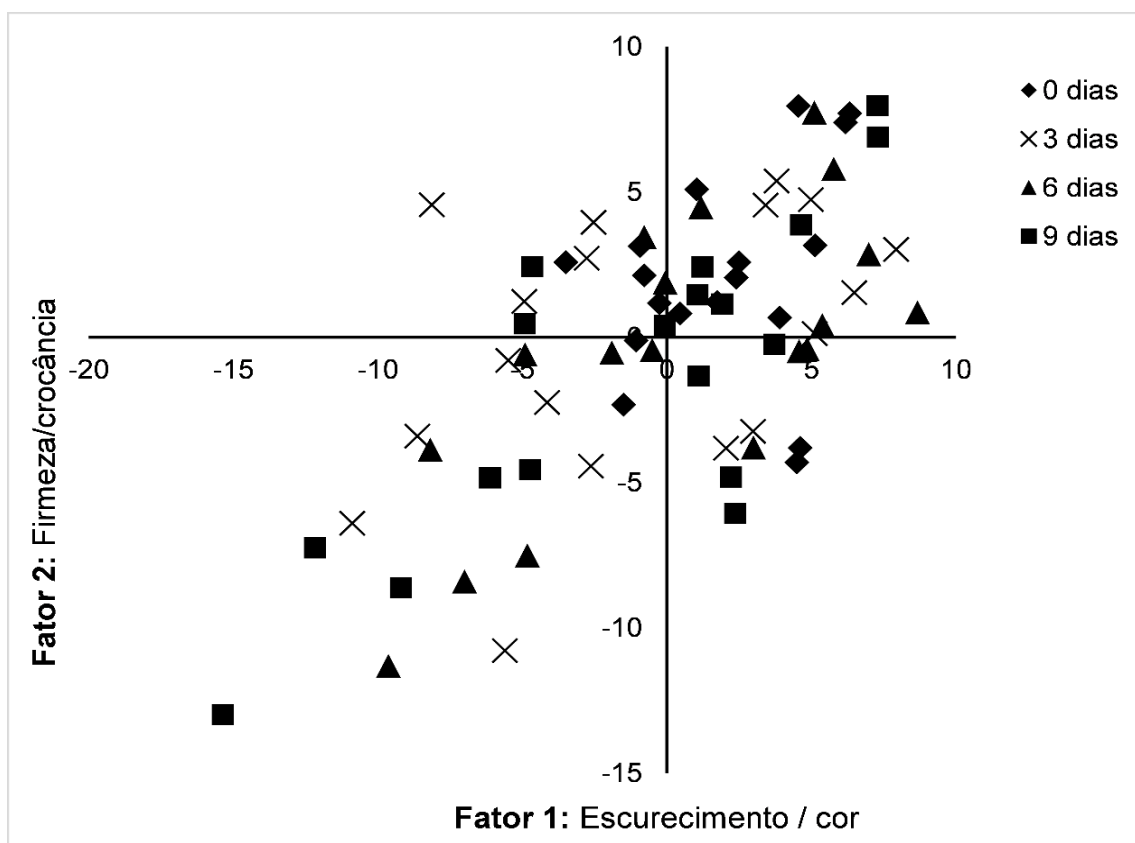


Figura 52: Representação gráfica dos períodos de teste de prateleira em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento/cor e firmeza/crocância após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

O terceiro fator, que explica 12,13 % da variabilidade total, analisando os tratamentos de cobertura comestível aplicados na maçã, foi caracterizado pelas variáveis relação sólidos solúveis/acidez localizada no eixo positivo e acidez total titulável localizada no eixo negativo (Figura 53). Este fator denominou-se relação açúcar/acidez. Isso se explica pois na medida que a acidez total titulável diminui a relação sólidos solúveis/acidez aumenta.

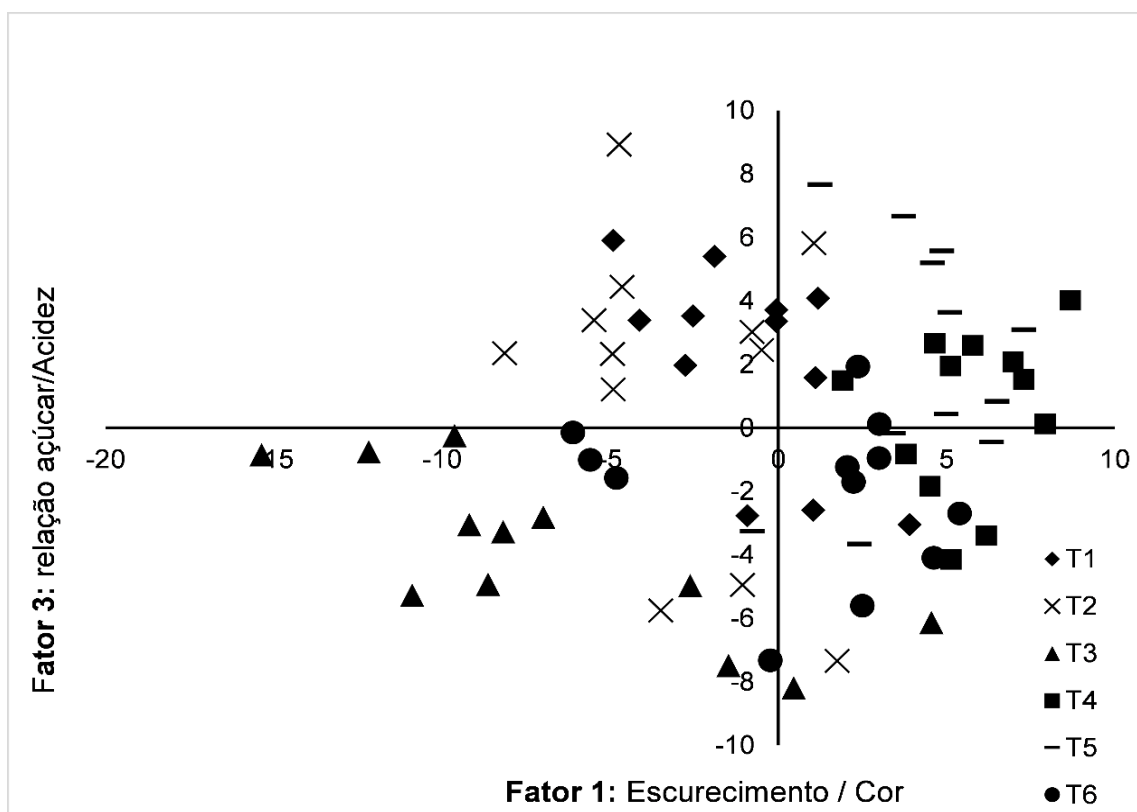


Figura 53: Representação gráfica dos tratamentos, em maçã da cv. 'Gala' com 120 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais escurecimento e relação açúcar/acidez após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Após 180 dias de armazenamento refrigerado da maçã inteira, está foi processada e submetida ao teste de vida útil, sendo que com esses dados foi possível identificar seis fatores que representaram 70,43 % da variabilidade total do experimento (tabela 5) e as principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade nos fatores podem ser observadas na Tabela 6.

Tabela 5: Variância de cada fator e variância acumulada dos seis fatores principais, em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Fatores	Variância de cada fator (%)	Variância acumulada (%)
1	16,29	16,29
2	15,73	32,02
3	11,99	44,01
4	11,37	55,38
5	8,69	64,07
6	6,36	70,43

Tabela 6: Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade, em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

Variáveis	Fator 1	Fator2	Fator 3
Crocância ¹	0,7786		
Odor característico ¹	0,7435		
Qualidade total ¹	0,7895		
Suculência ¹	0,7639		
Croma (C*)		- 0,9065	
HUE (h°)		0,9522	
Índice de escurecimento		- 0,9549	
L* - (exterior da fatia)		0,9228	
ATT			- 0,8244
SST/ATT			0,8139

¹Atributo sensorial

O primeiro fator, que explica 16,29 % da variabilidade total, analisando os períodos do TVU da maçã minimamente processada, apresentou coeficientes de correlação altos com as variáveis crocância, odor característico, qualidade total e suculência localizadas no eixo positivo (Figura 54). Este fator foi denominado qualidade. O segundo fator que representa 15,73 % da variabilidade total, foi caracterizado pelas variáveis croma superfície, índice de escurecimento, localizadas no eixo negativo e H⁰ superfície e luminosidade superfície

localizadas no eixo positivo (Figura 54). Este fator foi denominado escurecimento/cor.

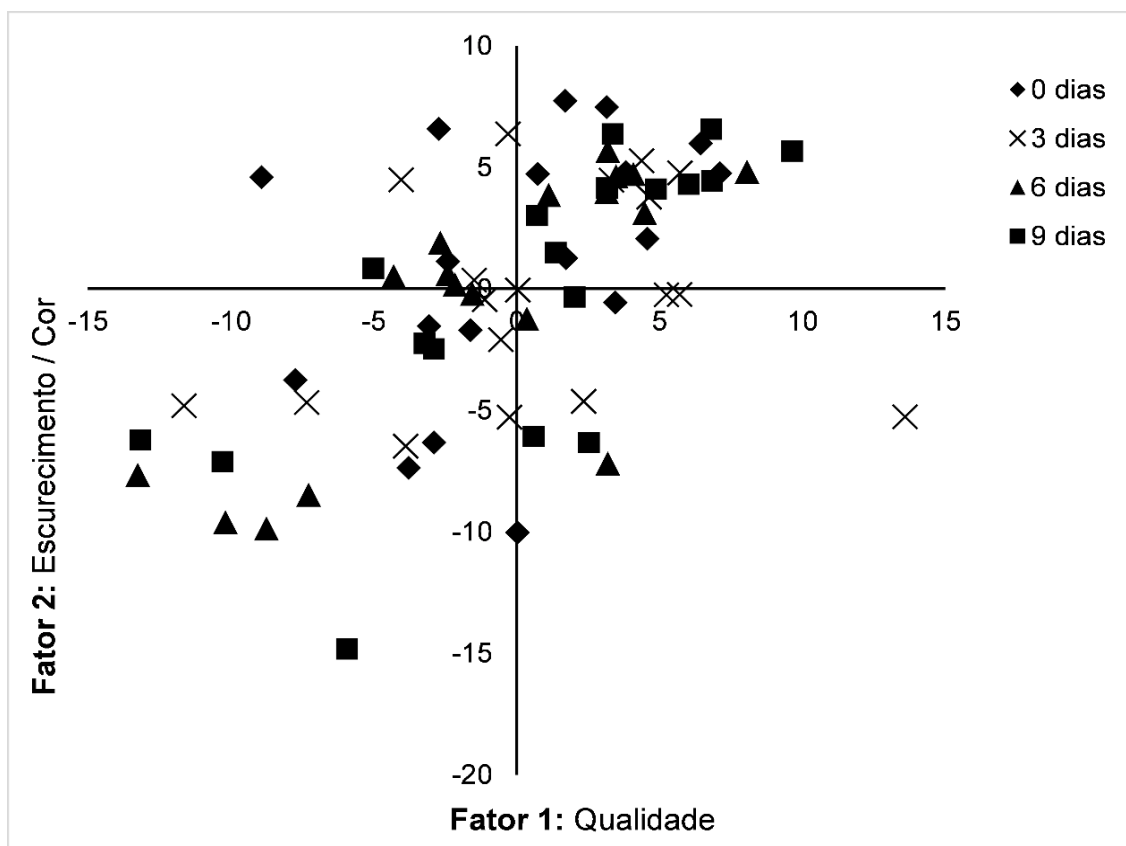


Figura 54: Representação gráfica dos períodos de teste de prateleira em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais qualidade e escurecimento/cor após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** H₂O + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl₂ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

O terceiro fator que explica 11,99 % da variabilidade total, foi caracterizado pelas variáveis ATT, localizada no eixo negativo e a relação SST/ATT localizada no eixo positivo (Figura 55). Este fator foi denominado relação açúcar/acidez. Da mesma forma que na análise aos meses de armazenamento, a localização das variáveis em eixos opostos fica explicada pois na medida que a variável ATT diminui a relação SST/ATT aumenta. Isto é importante pois a relação açúcar/acidez está vinculada ao sabor da maçã minimamente processada, sendo fundamental para a compra pelo consumidor.

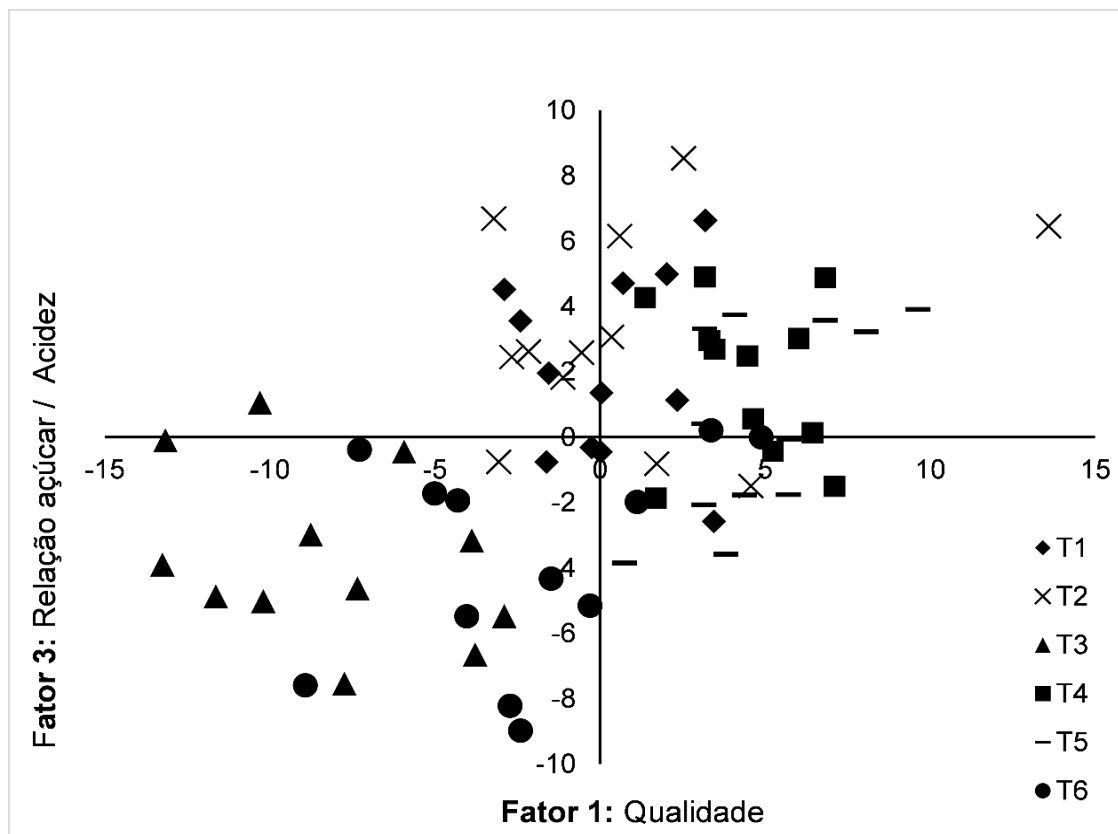


Figura 55: Representação gráfica dos tratamentos em maçã da cv. 'Gala' com 180 dias de armazenamento da fruta *in natura* em câmara refrigerada a $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e U.R. de $90\% \pm 5\%$, após, processamento dessas frutas, adição de diferentes agentes coadjuvantes (A+F, A+A, A+Q, ES+F, ES+A e ES+Q) e armazenadas em câmara refrigerada a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR de $90\% \pm 5\%$ por 0 d, 3 d, 6 d e 9 dias, como teste de vida útil, nos eixos fatorais qualidade e relação açúcar/acidez após a rotação ortogonal Varimax. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

A+F: $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **A+A:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v); **A+Q:** $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v); **ES+F:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Fécula de mandioca (3,0 % m/v); **ES+A:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Alginato de sódio (2,0 % m/v) e **ES+Q:** Eritorbato de sódio (5,0 % m/v) + CaCl_2 (1,0 % m/v) + Quitosana (1,5 % m/v).

Estas análises, permitiram identificar as variáveis mais importantes durante todo o período do experimento. Assim, a variável escurecimento apareceu com destaque em todos os períodos de avaliação (60 d, 120 d, 180 d). Também as variáveis vinculadas a cor (H^0 , luminosidade, croma) aparecem como importantes. De igual forma as variáveis vinculadas com o sabor, seja medida de forma instrumental (ATT, SST/ATT) ou sensorial (odor, suculência, crocância) merecem destaque. Ressalta a importância, de aprimorar as práticas culturais no campo que permitam produzir frutas com alta qualidade e que esse fator seja preservado durante as operações de processamento mínimo. Dessa

forma poderá ser entregue ao consumidor um produto fresco, higienizado e de boa qualidade o que permitirá a consolidação da maçã minimamente processadas no mercado.

5 CONCLUSÃO

Aumento no tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. Gala, *in natura*, resulta em aumento de sólidos solúveis totais (STT) e redução de acidez titulável total (ATT), com conseqüente aumento de *ratio* (STT/ATT), mas sem repercussão nas características sensoriais de maçã minimamente processada (MP) em fatias com epiderme. Também resulta em aumento de atividade de enzimas polifenol oxidases (PFO) na maçã *in natura*, mas redução de atividade PFO na maçã MP. Resulta ainda em aumento no índice de escurecimento, tanto na maçã *in natura* quanto na maçã MP, mas sem repercussão na avaliação sensorial.

Independentemente do tempo de armazenamento refrigerado de maçã *in natura* (60 d, 120 d ou 180 d), em especial ao 120 d, onde algumas variáveis analisadas no estudo apresentaram melhor desempenho, a aplicação de eritorbato de sódio, em conjunto com cobertura de fécula de mandioca, resulta em maçã MP com boas características físico-químicas e sensoriais, mas com melhores resultados. Com cobertura de alginato de sódio o resultado foi semelhante, mas ligeiramente inferior. Com cobertura de quitosana ocorreu excessivo escurecimento da maçã MP, mesmo em combinação com eritorbato de sódio. Além disto, a cobertura de quitosana resultou em maçã MP inaceitável para consumo, com características de sabor e aroma ao da própria quitosana, ou seja, remetendo ao sabor e aroma de crustáceo.

Dentre as mais de 30 variáveis analisadas; as variáveis cor, acidez, *ratio*, odor, suculência, e crocância melhor se correlacionam com a qualidade de consumo de maçã MP.

7 REFERENCIAS

AGUAYO, E.; REQUEJO-JACKMAN, C.; STANLEY, R.; WOOLF, A. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. **Postharvest Biology and Technology**. v. 57, p. 52–60, 2010.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, v.7, 179-187 p. jun.1996.

AINSWORTH, L. A.; GILLESPIE K. M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent **Nature Protocols**. V.2, p.875 – 877, 2007.

ALBOOFETILEH, M.; REZAEI, M.; HOSSEINI, H.; ABDOLLAHI, M.; Antimicrobial activity of alginate/clay nanocomposite films enriched with essential oils against three common foodborne pathogens. **Food Control**. Volume 36, Issue 1, February 2014, Pages 1-7

ALTUNKAYA, A. Effect of whey protein concentrate on phenolic profile and browning of fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa*). **Food Chemistry**, v. 128, p. 754-760, 2011.

ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, T. M. B.; RIBEIRO, M. A.; GUERRA, N. B. Emprego de revestimentos comestíveis de alginato e pectina de baixa metoxilação em alimentos: Revisão. **CEPPA**, Curitiba, v.26, n.1, p.41- 50, 2008.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 12**, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES>. Acessado em: 06 de janeiro de 2015.

ARAÚJO, F. M. M. C.; MACHADO, A. V.; VILAS BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B. Caracterização de parede celular de melão minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** (Mossoró, RN), v. 5, n. 2, p. 46 – 53, 2010.

ARGENTA, L. C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem das frutas. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**, Florianópolis, p. 691-732. 2002.

ARIAS, R.; LEE, T.C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, n.5, p.1697-1702, 2000.

ARRUDA, M. C. Processamento mínimo de melão rendilhado: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada. Piracicaba. 71p. **Dissertação** (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

ASIF, M. H.; PATHAK, N.; SOLOMOS, T.; TRIVEDI, P. K. Effect of low oxygen, temperature and 1-methylcyclopropene on the expression of genes regulating ethylene biosynthesis and perception during ripening in apple, South African **Journal of Botany**, Peitermaritzburg, v. 75, n. 1, p. 137-144, 2009.

ASSIS O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. O Uso de Biopolímeros como Revestimentos Comestíveis Protetores Para Conservação de Frutas *in natura* e Minimamente **Processadas**. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento** ISSN 1517-1981 outubro 2000 1678-0434 Novembro, 2009.

ASSIS, O. B. G. Alteração do caráter hidrofílico de filmes de quitosana por tratamentos de plasma HMDS. **Química nova**, São Paulo, v. 33, n 3, p. 603-606, 2010.

BALDWIN, E. A.; HAGENMAIER, R.; BAI, J. **Edible coatings and films to improve food quality**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 460 p. 2012.

BASTOS, M. S. R. **Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança**. 59p. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza. 2006.

BENGOECHEA, M. L.; SANCHO, A. I.; BARTOLOME, B. Phenolic composition of industrially manufactured purees and concentrates from peach and apple fruites. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 45, 4071-4075. 1997.

BIBLE, B. B.; SINGHA, S. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. **HortScience**, v. 28, n. 10, p. 992-993, 1993.

BITTENCOURT, C. C.; MATTEI, L. F.; SANT'ANNA, P. R.; LONGO, O. C.; BARONE, F. M. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **RAP** — Rio de Janeiro 45 (4):1199-222, jul./ago. 2011.

BLEINROTH, E. W., SIGRIST, J. M. M., de FG ARDITO, E., de CASTRO, J. V., & Spagnol, W. A. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. ITAL. 1992.

BOTH, V.; BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; FERREIRA, D. F.; WAGNER, R. Effect of storage under extremely low oxygen on the volatile composition of 'Royal Gala' apples. **Food Chemistry**, London, v. 156, p. 50-57, Aug. 2014.

BOYER, J.; LIU, R. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, 3(1), 5. 2004.

BRACKMANN, A. et al. Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' sob armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2478-2484, 2008.

BRACKMANN, A.; CERETTA, M.; DAL'COL LÚCIO, A.; PINTO, J. A. V.; ANESE, R. O. Tolerância da maçã 'Fuji' a baixas temperaturas durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1489-1496, out./dez. 2011.

BRACKMANN, A.; CERETTA, M.; PINTO, J. A. V.; VENTURINI, T. L.; DAL COL LÚCIO, A. Tolerância de maçã 'Gala' a baixas temperaturas durante o armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 1909-1915, 2010.

BRACKMANN, A.; GIRARDI, C. L.; BENDER, R. J.; CARON FILHO, O. R. Armazenamento refrigerado. In: César Luis Girardi. (Org.). Pós-colheita de maçãs. 1ed. Brasília-DF: **Embrapa Informação Tecnológica**. v. 3, p. 58-66. 2004.

BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; NEUWALD, D. A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 505-508, 2005.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C., Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* (London), v. 28, p. 25-30, 1995.

BRAVERMAN, J. B. S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 355p. Cap.14. 1967.

BRECHT, J.K., SALTVEIT, M.E., TALCOTT, S.T., SCHNEIDER, K.R., FELKEY, K. & BARTZ, J.A. Fresh-cut vegetables and fruits. **Horticultural Reviews**, v. 30, p. 185–251. 2004.

BULENS, I.; VAN DE POEL, B.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; DE PROFT, M. P.; GEERAERD, A. H.; NICOLAI, B. M. Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of 'Jonagold' apple. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 11–19, Oct. 2012.

CAMPOS, C. A., GERSCHENSON, L. N., & FLORES, S. K. Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. **Food and Bioprocess Technology**, 4(6), 849–875. 2011.

CANO, M. P.; DE ANCOS, B.; MATAALLANA, M. C.; CAMARA, M.; REGLERO, G. & TABERA, J. (Differences among Spanish and Latin- American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v. 59, p. 411–41, 1997.

CANTOS, E.; TUDELA, J.; GIL, M.; ESPÍN, J. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **Journal of agricultural and food chemistry**, 50(10), 3015–23. 2002.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, **Palestras**. Viçosa: UFV, p. 150-173, 2000.

CARVALHO, H. A. Utilização de atmosfera modificada na preservação pós-colheita de goiaba 'Kumagai'. 118p. **Tese** (Doutorado) Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 1999.

CASTRO-GIRÁLDEZ, M.; FITO, P. J.; CHENOLL, C.; FITO, P. Development of a dielectric spectroscopy technique for the determination of apple (Granny Smith) maturity. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11(4), p. 749-754, 2010.

CAVALINI, F. C. Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato'. 90p. **Tese** (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Quiroz. Piracicaba, 2008.

CENCI, S. A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Rio de Janeiro. 144 p. 2011.

CHAN G.; MOONEY D. J. Ca^{2+} released from calcium alginate gels can promote inflammatory responses in vitro and in vivo. **Acta Biomaterialia**. N.9 p. 9281-9291. 2013.

CHANG, S.; TAN, C.; FRANKEL, E. N.; BARRETT, D. M. Low-Density Lipoprotein Antioxidant Activity of Phenolic Compounds and Polyphenol Oxidase Activity in Selected Clingstone Peach Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, p. 147 – 151, 2000.

CHIABRANDO, V. GIACALONE, G. effect of antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut apples during cold storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, 36: 133–140, Italy, 2012.

CHINNICI, F., SPINABELLI, U., RIPONI, C., & AMATI, A. Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography. **Journal of Food Composition and Analysis**, 18:121-130. 2005.

CHISARI, M. et al. Ripening stage influenced the expression of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin methylesterase and polygalacturonase in two melon cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.940-946, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. atual. e ampl. v. 1, 783 p. UFLA, Lavras. 2005.

- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 320 p. 1990.
- CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch: carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 59-67, 2012.
- CHONG, K. L.; PENG, N.; YIN, H.; LIPSCOM, G. G.; CHUNG, T-S. Food sustainability by designing and modelling a membrane controlled atmosphere storage system. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 114, n. 3, p. 361-374. Feb. 2013.
- COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUUR A, F. C. A. U. (Ed.). *Mamão: pós-colheita*. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 12-18. 2002.
- COUNSELL, J. N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C (ascorbic acid)**. England: Applied Science, Cap. 7, 1981.
- CZELUSNIAK, C.; OLIVEIRA, M. C. S.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C. C.; WOSIACKI, G. Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físico-químicos. **Brasilian Journal of Food Technology**, Campinas – SP, v.6, n.1, p. 25-31, jan/jun. 2003.
- DAMIAN, C. et al. Quitosana: um anino polissarideo com características funcionais. **Alimentos e nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 195-205, 2005.
- DEGL'INNOCENTI, E.; GUIDI, L.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F. Biochemical study of leaf browning in minimally processed leaves of lettuce (*Lactuca sativa L. var. Acephala*). **Journal of agricultural and food chemistry**, 53(26), 9980–4. 2005.
- DOBZEAŃSKI, B., RABCEWICZ, J., E RYBCZYŃSKI, R. **Handling Apple: transport techniques and efficiency vibration, damage and bruising texture, firmness and quality**. 1^o ed., (pp. 1-234). 2006.
- DOGAN, S; DOGAN, M. Determination of kinetic properties of polyphenol oxidase from *Thymus (Thymus longicaulis subsp. chaubardii var. chaubardii)*. **Food Chemistry** v. 88 p. 69–77, 2004.
- DOLENC, K.; STAMPAR, F. An investigation of the application and conditions of analyses of HPLC methods for determining sugars and organic acids in fruits. **Research reports of Biotechnical Faculty**, University of Ljubljana. V. 69, p. 99-106, 1997.
- DRAGET, K.I.; SMIDSRØD, O.; SKJAK-BRAEK, G. Alginates from algae. In: polysaccharides and polyamides in food industry: properties, production, and patents. Ed. Steinbuchel, 2005
- DRAGET, K.I; TAYLOR, C. Chemical, physical and biological properties of alginates and their biomedical implications - **Food Hydrocolloids**. V. 23, p. 251-256, 2011.
- DU, Y. J., DOU, S. Q., & WU, S. J. Efficacy of phytic acid as an inhibitor of enzymatic and non-enzymatic browning in apple juice. **Food Chemistry**, 135(2), 580-582. 2012.
- DURIGAN, J. F.; CASSARO, K. P. Hortaliças minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, 18: p. 159-161. 2000.
- ECHEVERRIA, G.; GRAELL, J.; LÓPEZ, M. L. Effect of harvest date and storage conditions on quality and aroma production of “Fuji” apples. **Food Science and Technology International**, b. 8, p. 351-360, 2002.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Boletim Agropecuário** N^o 31. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuário/boletim_agropecuário.pdf> Acesso em 20 de dezembro de 2015.

EPAGRI – **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.epagri.rct-sc.br>>. Acesso em 14 de abril de 2006.

ESTEVES, M. T.C.; CARVALHO, V. D.; CHITARRA, M, M. I . F.; CHITARRA, A. B.; PAULA, M. B. Caracterização das frutas de seis cultivares de goiabeiras (*Pisidium guajava*L.) na maturação. **7º Congresso Brasileiro de Fruticultura**. v.2 p. 477-489. Florianópolis. 1983.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: Editora UFPel, 311p. 1996.

FALGUERA, V. et al. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science Technology**, Cambridge, v. 22, n. 6, p. 292-303, 2011.

FANTE, C. A.; ELIAS, H. H. S.; HENRIQUE, P.C.; VILAS BOAS, A.C.; LIMA, L.C.O. Antioxidant activity during storage of apples subjected to irradiation. **Ciênc. Agrotec., Lavras**, v.39, n.3, p.269-275, maio/jun., 2015

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statical Databases**. 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: dezembro de 2015.

FAWBUSH, F.; NOCK, J. F.; WATKIN, C. B. Antioxidant contents and activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP) - treated 'Empire' apples in air and controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 52, n. 1, p. 30-37. Apr. 2009.

FERRER, A.; REMÓN, S.; NEGUERUELA, A. I.; ORIA, R. Changes during the ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda Feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 435 – 446, 2005.

FERRI, V. C.; RISTOW, N.C.; SILVA, P. R.; PEGORARO, C.; FERRAREZE, J. P. Uso do composto fenólico natural de resveratrol para a manutenção da qualidade em pós-colheita de maçã 'catarina' e 'fuji' mantidas em temperatura ambiente. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

FINGER, F. L; VIEIRA G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos minimamente processados**. Viçosa: UFV. 29p. 1997.

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A. B. C.; SILVA, G. A.; NACHTIGALL, G. R. OLIVEIRA, P. R. D. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Agosto, doc. 71, p. 61. 2010.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F.; DIAS, C. T. S. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.29, n. 4, p.872-880, out.-dez 2008.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B.S.; SPOTO, M. H. F. Características sensoriais e microbiológicas de maçãs minimamente processadas recobertas com películas. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, 27(1): p. 91-98, jan.-mar. 2007

FRANCESCATTO, P. Desenvolvimento das estruturas reprodutivas da macieira (*Malus Domestica* Borkh.) sob diferentes condições climáticas – da formação das gemas à colheita dos frutos. **Tese** (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. 239p. Florianópolis/SC. 2014

FRANCO, P. M. L. Características Físico-químicas, Propriedades Funcionais e Perfil de Compostos Fenólicos de 17 Variedades de Maçãs Portuguesas. 325 p. **Dissertação** para obtenção do Grau de Doutor em Qualidade Alimentar. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2014.

FREITAS, I. R. Goma xantana como carreadora de solução conservadora e cloreto de cálcio aplicado à maçã minimamente processada. **Monografia** (Especialização em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

FULEKI, T.; PELAYO, E.; PALABAY, R. B. Sugar composition of varietal juices produced from fresh and stored apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 42, 1266-1275. 1994.

GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Sistemas de produção de pêssego de mesa da Região da Serra Gaúcha. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, (**Sistemas de produção, 3**). 2003.

GIRNER, J.; ORTEGA, M.; MESEGUE, M.; GIMENO, V.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; MARTIN, O. Inactivation of peach polyphenoloxidase by exposure to pulsed electric fields. **Journal of Food Science**. v. 67, n. 4, p. 264-267, 2002.

GONZÁLEZ-BUESA, E.; ARIAS, E.; SALVADOR, M. L.; ORIA, R.; FERRER-MAIRAL, A. Suitability for minimal processing of non-melting clingstone peaches. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 46, p. 819 – 826, 2011.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Quality Changes in Fresh-cut Peach and Nectarine Slices as Affected by Cultivar, Storage Atmosphere and Chemical Treatments. **Journal of Food Science**. v. 64, n. 3, p. 429-432, 1999.

GRAELL, J.; LÓPEZ M.L.; FUENTES, G.; ECHEVERRÍA, G.; LARA, I. Quality and volatile emission changes of 'Mondial Gala' apples during preharvest period and posterior storage in air or controlled atmosphere. **Food Science and Technology International** 14: 285-294, 2008.

GRIMM, E., KHANAL, B. P., WINKLER, A., KNOCH, M., & KOEPCKE, D. Structural and physiological changes associated with the skin spot disorder in apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 64(1), p. 111-118, 2012.

GUAN, W. Q., & FAN, X. T. Combination of Sodium Chlorite and Calcium Propionate Reduces Enzymatic Browning and Microbial Population of Fresh-Cut "Granny Smith" Apples. **Journal of Food Science**, 75(2), M72-M77. 2010.

GUAN, W.Q.; FAN, X.T. Combination of sodium chlorite and calcium propionate reduces enzymatic browning and microbial population of freshcut Granny Smith apples. *J Food Sci* v. 75, 72–7. 2009

GWANPUA, S. G.; VERLINDEN, B. E.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; BULENS, I.; VAN DE POEL, B.; VAN IMPE, J.; NICOLAÏ, B. M.; GEERAERD, A. H. Kinetic modeling of firmness breakdown in 'Braeburn' apples stored under different controlled atmosphere conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 68-74, May 2012.

HARBONE, J.B. **Plant Biochemistry**. Academic Press. EUA, p. 387-437, 1997.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 231- 240, 2008.

HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; DEL-VALLE, V.; VELEZ, D.; GAVARA, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* – ananassa) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, v.110, p.428–435, 2008.

HOANG, N. T. T., GOLDING J. B.; WILKES M. A. The effect of postharvest 1-MCP treatment and storage atmosphere on 'Cripps Pink' apple phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, London, v. 127, n. 3, p. 1249-1256. Aug. 2011.

HOLDERBAUM, D. F.; KON, T.; KUDO, T.; GUERRA, M. P. Enzymatic Browning, Polyphenol Oxidase Activity, and Polyphenols in Four Apple Cultivars: Dynamics during Fruit Development. **Hortscience** 45(8):1150–1154. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levant. Sistem. Prod. Agríc.** Rio de Janeiro v. 29 n. 12 p. 1-82 dezembro. 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2016/lspa_201612_20170222_133000.pdf> Acesso em: 03 de setembro de 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadacco Pascuet e Paulo Tiglia – São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. p. 1020. Versão eletrônica. Disponível on line em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=7&func=selese&id=1&orderby=1&page=4>. Acesso em 20 de janeiro de 2015.

IOANNOU, I.; GHOUL, M. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. **European Scientific Journal**, v. 9, n. 30, p. 310-341, 2013.

JANG, J.H.; MOON, K.D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**, Washington, v. 124, p. 444 – 449, 2011.

JEONG, H. L., JIN W.J., KWANG D.M., KEE J.P., 2008, Effects of anti-browning agents on polyphenoloxidase activity and total phenolics as related to browning of fresh-cut 'Fuji'apple, **ASEAN Food J.** v.15, p. 79-87, 2008.

JIANG, Y., & LI, Y. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chemistry**, 73, 143–159. 2001.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 11. Ed. São Paulo: Nacional, 777p. 1993.

KARAMAN, S.; TÜTEM, E.; SÖZGEN BASKAN, K.; APAK, R. Comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC-CUPRAC assay. **Food Chemistry**, v. 120, n. 4, p. 1201-1209, 2010.

KATE, M.; MAGUIRE, A.; NIGEL, H.; BANKS, A.; LANG, A. Sources of variation in water vapour permeance of apple Fruit. **Postharvest Biology and Technology**. 17, 1999.

KERBAUY, G .B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 431p. 2008.

KHUNPON, B., UTHAIBUTRA, J., FAIYUE, B., & SAENGNIL, K. Reduction of enzymatic browning of harvested 'Daw' longan exocarp by sodium chlorite. **Scienceasia**, 37(3), p. 234-239. 2011.

KHUNPONA, B.; UTHAIBUTRAA, J.; FAIYUEC, B.; SAENGNILA, K. Reduction of enzymatic browning of harvested 'Daw' longan exocarp by sodium chlorite. **ScienceAsia**. v. 37 p. 234–239. 2011:

KLUGE, R. A.; JACOMINO, P. A. Shelf life of peach treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n1, p 69-72, 2002.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 214p. 2002.

KONTUREK, P. C.; KANIA, J.; GESSNER, U.; KONTUREK, S. J.; HAHN, E. G.; KONTUREK, J. W. Effect of vitamin C-releasing acetylsalicylic acid on gastric mucosal damage before and after

- Helicobacter pylori eradication therapy. **Europe Journal Pharmacol.** Dec 15; 506(2):169-77. 2004.
- KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B. A. **Quality control for the food industry.** Connecticut: Avi, v.2, p.157-227. 1973.
- KUMAR, S.; MISHRA, B.; SAXENA, S.; BANDYOPADHYAY, N.; MORE, V.; WADHAWAN, S.; HAJARE, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Inhibition of pericarp browning and shelf life extension of litchi by combination dip treatment and radiation processing. **Food Chemistry**, 131, p. 1223–1232. 2012.
- LARSSON, S. C.; BERGKVIST, L.; NÄSLUND, I.; RUTEGÅRD, J.; WOLK, A. Vitamin A, retinol, and carotenoids and the risk of gastric cancer: a prospective cohort study. **American Journal of Clinical Nutrition**, 497–503. 2007.
- LAURENTI, C.; CLEMENTE, E. Avaliação da atividade da peroxidase em carambola (*Oxalidaria avertrhoa*) em diferentes estádios de maturação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.1, p.159-163, 2005.
- LEE, L.; ARUL, A.; LENCKI, R.; CASTAIGNE, F. A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basis and practical aspects. **Packaging Technology Science**, v. 8, p.315-331, 1995.
- LIN, D.; ZHAO, Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.6, p.60-75, 2007.
- LOTITO, S.B., & FREI, B. Relevance of apple polyphenols as antioxidants in human plasma: contrasting *in vitro* and *in vivo* effects. **Free Radical Biology & Medicine**, 36(2): 201-202, doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2003.10.005. 2004.
- LUO, Y.; LU, S.; ZHOU, B.; FENG, H. Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples. **LWT - Food Science and Technology** v. 44; p.1621-1625, 2011.
- MAGALHÃES, L.M.; SEGUNDO, M.A.; REIS, S.; LIMA, J.L.F.C. Methodological aspects about *in vitro* Evaluation on antioxidant properties. **Analytica Chimica Acta**, 613:1-19, 2008.
- MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS. **Comunicado técnico. ISSN 1414.9850 Março, 2013.**
- MALI, S. et al. Relationship among the composition and physicochemical properties of starches with the characteristics of their films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 26, p. 7720-7725, 2004.
- MARSELLÉS-FONTANET, A. R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Optimization and validation of PEF processing conditions to inactivate oxidative enzymes of grape juice. **Journal of Food Engineering** v. 83, p. 452–462, 2007.
- MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. **Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing.** CRC Press.Taylor & Francis Group. 13: 978-1-4200-7123-8. 2011.
- MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science and Technology**, 6, 195–200. 1995.
- MARTINS, M. M., EMPIS, J. **Produtos Hortofrutícolas Frescas ou Minimamente Processados - Processamentos Mínimos**, 1ª Edição, Sociedade Portuguesa de Inovação, Lisboa, 101 pp. 2000.

MATSUI, K. N. et al. Cassava bagasse-kraft paper composites: analysis of influence of impregnation with starch acetate on tensile strength and water absorption properties. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 55, n. 3, p. 237-243, 2004.

MAYER, A.M.; HAREL, E. Polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry** v. 18, p. 193-215, 1979.

MCHUGH, T.H. Protein-lipid interactions in edible films and coatings. **Nahrung-Food**, v. 44, n. 3, p. 148-151, 2000.

MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. de BARROS.; JUSTO, C. F. Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de Banana 'Maçã' minimamente processada. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 33, n. 1, p. 228-236, jan./fev., 2009.

MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Perfil sensorial e aceitação de melão amarelo minimamente processado submetido a tratamentos químicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, (Campinas, SP), v. 30, n. 3, p. 589 – 598, 2010.

MILLER, N. J.; RICE-EVANS, C. A. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. **Food Chemistry**, 60, 331-337. 1997.

MOHSEIN, N. N. *Physical properties of Plants and Animal Materials*. 2 ed. Nova York: Gordon and Breach Publishers. 1986.

MOLNÁR-PERL, I. Role of chromatography in the analysis of sugars, carboxylic acids and amino acids in food. **Journal of Chromatography A**, 891:1-32. 2000.

MOORTHY, S. N. Tropical sources of starch. In: ELIASSON, A. C. (Ed.). **Starch in food: structure, function and applications**. Boca Raton: CRC, p. 321-359, 2004.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo de hortaliças: alternativa viável para a redução de perdas pós-colheita e agregação de valor ao agronegócio brasileiro. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.2, p1, 1999.

MOSTAFAVI, H. A.; MIRMAJLESSI, S. M.; FATHOLLAHI, H. F.; SHAHBAZI, S.; MIRJALILI, S. M. Integrated effect of gamma radiation and biocontrol agent on quality parameters of apple fruit: An innovative commercial preservation method. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 91, p. 193-199, Oct. 2013.

MURATA, M.; TSURUTANI, M.; TOMITA, M.; HOMMA, S.; KANEKO, K. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 5, p. 1115 -1121, 1995.

NICOLAS, J.; RICHARD-FORGET, F.; GOUPY, P.; AMIOT, M.; AUBERT, S. Enzymatic browning reactions in apple and apple products Enzymatic Browning Reactions in Apple and Apple Products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 34(2), 109–157. 1994.

NOGUEIRA, A., WOSIACKI, G. Apple Cider Fermentation. In Hui, Y. H.; ÖZGÜL EVRANUZ, E. (Eds.), **Handbook of plant-based fermented food and beverage technology** Boca Raton,USA: CRC Press, p. 209-236, 2012.

NOGUEIRA, A.; LEQUERE, J. M.; DRILLEAU, J. F.; SALMON, J. M. Competition entre microorganismes et PPO/polyphenols vis a vis de l'oxygène. In J. F. DRILLEAU (Ed.), **Cidre et polyphenols: les polyphenols natifs des pommes a cidre. Presence, devenir rôle**. Rapport final Du Programme Interregional de Recherche Bretagne & Pays de la Loire (2001–2003) n° 691, operation n° AOCAZ3 (pp. 1–16). Le Rheu: INRA, 2004.

NOGUEIRA, A.; PRESTES, R. A.; SIMÕES, D. R. S.; DRILLEAU, J. F.; WOSIACKI, G. Análise dos indicadores físico-químicos de qualidade da sidra brasileira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, p. 289-298, 2003.

NULTSCH, W. **Botânica geral**. Trad. De P. L. de Oliveira. Porto Alegre: Artes médicas Sul. 489p. 2000.

OJEDA, G. A.; SGROPPO, S. C.; ZARITZKY, N. E. Application of edible coatings in minimally processed sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) to prevent enzymatic browning. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 49, n. 3, p. 876-883, 2014.

OLIVEIRA, M. S.; DORS, G. C.; SOUZA-SOARES, L. A.; BADIALE-FURLONG, E. Atividade antioxidante e antifúngica de extratos vegetais. **Revista Alimentos e Nutrição**, v.18, n.3, p. 267-275, 2007.

OMS-LIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTIN-BELLOSO, O. Edible coatings withantibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of freshcutpears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 50, p. 87 – 94, 2008.

OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M.; GONZÁLEZ, L.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M.; MUNUERA, I.; FISZMAN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: **A review. Postharvest Biology and Technology**, 57(3), 139–148. 2010.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R. MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings with antibrowning agents to maintin sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 139-148, 2010.

ORIANI, V. B., MOLINA, G., CHIUMARELLI, M., PASTORE, G. M., & HUBINGER, M. D. Properties of cassava starch-based edible coating containing essential oils. **Journal of Food Science**, 79(2), p. 189–194, 2014.

OSZMIANSKI, J.; LEE, C.Y. Enzymic oxidative reaction of catechin and chlorogenic acid in a model system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 38, n. 5, p.1202–1204, 1990.

PALOU, E. López-Malo, A.; Barbosa-Cánovas, G. V.; Welti-Chanes J.; Swanson, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 42-45, 1999.

PARETA, R.; EDIRISINGHE, M. J. A novel method for the preparation of starch films and coatings. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 63, n. 3, p. 425- 431, 2006.

PARK, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. **Trends in Food Science and Technology**, 10, 254–260, 1999.

PAVLATH, A. E.; ORTS, W. Edible films and coatings: why, what, and how? In: EMBUSCADO, M. E.; HUBER, K. C. (Ed.). **Edible films and coatings for food applications**. New York: Springer, p. 1-23, 2009.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S., BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S. B.; SANTOS, V. J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, nov./dez., 2006.

PERERA, N.; GAMAGE, T. V.; WAKELING, L.; GAMLATH, G. G. S.; VERSTEEG, C. Colour and texture of apples high pressure processed in pineapple juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin, v. 11, n. 3, p. 39-46, 2010.

PEREZ-GAGO, M. B.; SERRA, M.; DEL-RÍO, M. Color changes of fresh-cut apples coated with why protein concentrate-based edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 84-92, 2006.

PETKOVŠEK, M.M., ŠTAMPAR, F., & VEBERIČ, R. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). **Scientia Horticulturae**, 114:37-44, doi: 10.1016/j.scienta.2007.05.004. 2007.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, p.48-56, 2011.

PINELA, J.; BARREIRA, J. C. M.; BARROS, L.; ANTONIO, A. L.; CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; FERREIRA, I. C. F. R. Postharvest quality changes in fresh-cut watercress stored under conventional and inert gas-enriched modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**. 112, 55–63. 2016.

PINTO, D. M. Qualidade de produtos minimamente processados comercializados em diferentes épocas do ano. Lavras. 127p. **Dissertação** (Mestrado) – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras. 2007.

PIZATO, S.; CORTEZ-VEGA, W. R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; BORGES, C. D. Efeito da aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação de maçãs 'Royal Gala' minimamente processadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 253-264, jan./fev. 2013.

QI, H.; HU, W.; JIANG, A.; TIAN, M. Extending shelf life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Berlin, v. 12, n. 1, p. 62-66, 2011.

QUILES, A., HERNANDO, I., PEREZ-MUNUERA, I., & LLUCH, M. A. Effect of calcium propionate on the microstructure and pectin methylesterase activity in the parenchyma of fresh-cut Fuji apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 87(3), 511-519. 2007.

RAHMAN, S. M. E.; JIN, Y-G.; OH, D-H. Combination treatment of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to ensure microbial safety, shelf life and sensory quality of shredded carrots. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdã, v. 28, n. 3, p. 484-491, 2011.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; SOBRINO-LÓPEZ, A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Shelf-life extension of fresh-cut "Fuji" apples at different ripeness stages using natural substances. **Postharvest Biology and Technology**, v.45, n.2, p.265-275, 2007.

ROCHA, A.M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. **Food Control**, Guildford, v. 14, n. 1, p. 13–20, 2003.

ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; SILVA, E. O. Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n. 3, p. 386-389, 2005.

ROLLE, R. S. **Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: a technical guide**. Bangkok: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 86. 2010.

RUDELL, D. R.; BUCHANAN, D. A.; LEISSO, R. S.; WHITAKER, B. D.; MATTHEIS, J. P.; ZHU, Y.; VARANASI, V. Ripening, storage temperature, ethylene action, and oxidative stress alter apple peel phytosterol metabolism. **Phytochemistry**, London, v. 72, n. 11-12, p. 1328–1340. Aug. 2011.

SABA, M.K.; SOGVAR, O.B. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. **Food Science and Technology**, Amsterdam, v.66, p.165-171, 2016.

SABRA, W.; ZENG, A. P. & DECKWER, W. D. Bacterial alginate: physiology, product quality and process aspects. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, 56, p.315, 2001.

SANAA, A.; BOULILA A.; BOUSSAID M.; FADHEL, N. B. Alginic acid and derivatives, new polymers from the endangered *Pancreaticum maritimum* L. **Industrial Crops and Products**, Volume 44, Pages 290-293. January 2013.

SANTOS, P. S. **Aplicação da espectroscopia de infravermelho próximo na avaliação de alguns atributos de qualidade em Pêra 'Rocha' e Maçã 'Gala'**. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2009.

SCHLIMME, D. V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Mount Vernon, v. 30, n. 1, p. 15, 1995.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic Publishing Co., 1995.

SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, L. T. **Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas**. 71p. Documento 139. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza. 2011.

SILVA, M. M. Agentes coadjuvantes na preservação das características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de pêssego [*Prunus persica* (L.) Batsch] minimamente processado. Pelotas. 98f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VOLAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **B.CEPPA**, Curitiba v. 27, n. 1, p. 83-96 jan./jun. 2009.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. **Physiol. Plant.**, 100, p. 577–582. 1997.

SKJAK-BRAEK, G.; GRASDALEN, H. & LARSEN, B. monomer sequence and acetylation pattern in some bacterial alginates. **Carbohydr. Res.**, 154, p.239, 1986.

SMITH, P. K.; KROHN, R. I.; HERMANSON, G. T.; MALLIA, A. K.; GARTNER, F. H.; PROVENZANO, M. D.; FUJIMOTO, E. K.; GOEKE, N. M.; OLSON, B. J.; KLENK, D. C. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**. Oct;150 (1):76-85. 1985.

SOLIVA-FORTUNY, R.C; MIGUEL, N. G; SRRANO,I; GORINSTEIN, S; BELLOSO,O.M. Browning Evaluation of Read-to-Eat Apples as affected by Modified Atmosphere Packaging. **J. Agric. Food Chemical**. v. 49 3685-3690p. 2001.

SOUZA, A. C.; DITCHFIELD, C.; TADINI, C. C. Biodegradable films based on biopolymers for food industries. In: PASSOS, M. L.; RIBEIRO, C. P. (Ed.). **Innovation in food engineering: new techniques and products**. Boca Raton: CRC, p. 511-537, 2010.

SUPAPVANICH, S.; PIMSAGA, J.; SRISUJAN, P. Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L.M. Perry) during storage. **Food Chemistry** 127 912–917. 2011.

SWAIN, T.; HILLIS, W. T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. **Science of Food and Agriculture** (London), v.10, p.135-144, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 4.ed. p.819, 2009.

- TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v.21, n.1, p.47-50, 2001.
- TERUEL, B. J. M. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.199-220, abr-jun, 2008.
- THARANATHAN, R. N.; KITTUR, F. S. Chitin-the undisputed biomolecule of great potential. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 43, n.1, p.61-87, 2003.
- TIRZITIS, G.; BARTOSZ, G. Review: Determination of antiradical and antioxidante activity: basic principles and new insights. **Acta Biochimica Polonica**. Vol. 57, 139-142. 2010.
- TOIVONEN, P. Postharvest Storage Procedures and Oxidative Stress. **Hort Science**, 39 p. 938-942. 2004.
- TOMÁS-BARBERÁN, F.; ESPÍN, J. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 81(9), 853-876. 2001.
- TORALLES, R. P.; VENDROSCOLO, J. L.; VENDROSCOLO, C. T.; DEIPINO, F. A. B. ANTUNES, P.L. Properties of polyphenol oxidase and peroxidase from Granada clingstone peaches. **J. Food Technol.** 8(3): 233-242, 2005.
- VALERO, A. D.; DÍAZ-MULAA, H.M.; ZAPATAA, P.J.; GUILLÉNA, F.; MARTÍNEZ-ROMEROA, D.; CASTILLO, S.; SERRANOB, M. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology** v. 77 p. 1-6 2013.
- VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; MCCLEMENTS, D. J.; GONZÁLEZMARTÍNEZ, C. Recent advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v, 48, n. 6, p. 496-511, 2008.
- VAUGHN, K.C.; DUKE, S. O. Function of polyphenol oxidase in higher plants. **Physiol. Plant.** 60:106-112. 1984.
- VIEIRA, F. G. K.; BORGES, G. S. C.; COPETTI, C.; AMBONI, R. D. M. C.; DENARDI, F.; FETT, R. Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh) grown in southern Brazil. **Scientia Horticulturae**. V. 122, p. 421-425, 2009.
- VILAS-BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 155-162, 2006.
- WANG, W.; HUANG X.; CAO J.; LAN P. WU W. Immobilization of sodium alginate sulfates on polysulfone ultrafiltration membranes for selective adsorption of low-density lipoprotein. **Acta Biomaterialia**. n. 10. p. 234-243, 2014.
- WATKINS, C. B. Storage disorders of controlled atmosphere stored Empire apples. **New York Fruit Quarterly**, v. 18, n. 3, p.19-22, 2010.
- WEBER, A.; BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P. Atmosfera controlada para armazenamento de maçã Maxi Gala. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 294-301, Apr./June, 2013.
- WHITAKER, J. R.; LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning. In: (Ed.). Enzymatic browning and its prevention. Washington: **American Chemical Society**, p. 2-7.1995.
- WHITAKER, J. R.; VORAGEN, A. G. J.; WONG, D. W. S. **Handbook of Food Enzymology**. New York: Marcel Dekker, Cap. 39, p. 509-523, 2003.

WILEY, R. C. Minimally processed refrigerated fruits e vegetables. New York: **Chapman & Hall**, p. 368, 1994.

WOJDYŁO, A., OSZMIAŃSKI, J., & LASKOWSKI, P. (Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 56:6520-6530. 2008.

WONG, D. W.S.; TILLIN, S. J.; HUDSON, J. S.; PAVLATH, A. E. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 42, n.10, p.2278-2285, 1994.

WU, J.; GAO, H.; ZHAO, L.; LIAO, X.; CHEN, F.; WANG, Z.; E HU, X. Chemical compositional characterization of some apple cultivars. **Food Chemistry**, 103(1), p. 88-93. 2007.

ZAMBIAZI, R. **Apostila de química bromatológica I**: Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 97p. 2004.

ZHANG, Y., LI, P., & CHENG, L. Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in 'Honeycrisp' apple flesh. **Food Chemistry**, 123:1013-1018, doi:10.1016/j.foodchem.2010.05.053. 2010.

Apendice A

Modelo de Teste Pareado

Treinamento de julgadores

Nome:.....data: ___/___/___

Instruções: Você vai receber várias amostras de maçã minimamente processada para avaliar o sabor.

Prove primeiro a amostra padrão (P) e após identifique em cada par a amostra idêntica ao padrão, fazendo um círculo em volta do código.

Pares Código das amostras

1º Par _____

2º Par _____

3º Par _____

Comentários:

Apêndice B

Modelo de Teste de avaliação de atributos com escala não estruturada com amostra padrão
Treinamento de julgadores

Nome: _____ Data: ____/____/201__

Você esta recebendo amostras codificadas de fatias de maçã minimamente processada. **Compare cada uma com o controle quanto ao atributo especificado.**

Expresse a diferença utilizando a escala abaixo registrando com um traço vertical de acordo com a sua percepção.

1. APARÊNCIA: observe e avalie

1.1 – UNIFORMIDADE DA COR – refere-se à homogeneidade da coloração da maçã recém-cortada.

	desuniforme	ligeiram.	regular	moderadam.	uniforme
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	

1.2 – ESCURECIMENTO – refere-se ao escurecimento que ocorre em maçãs cortadas devido à oxidação.

	sem	pouco	regular	moderadam.	escuro
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	

2. ODOR: sinta o odor e avalie

.1 – ODOR CARACTERÍSTICO DE MAÇÃ - refere-se ao odor característico da fruta recém-cortada.

	sem	pouco	regular	moderadam.	escuro
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	
_____		_____		_____	

Se você marcou **SEM ODOR CARACTERÍSTICO** de maçã, que odor você percebeu?

Observações:

Muito obrigado pela sua colaboração!!!

Apêndice C

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO/UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPel
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - PPGCTA
 AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MAÇÃS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Nome: _____ Data: ____/____/201____

Você está recebendo amostras codificadas de maçã minimamente processada. Avalie cuidadosamente cada uma delas conforme instruções abaixo. Registre com um traço vertical a sua impressão nas escalas de cada um dos atributos a serem avaliados.

1. APARÊNCIA: observe e avalie

1.1 – Uniformidade da Cor – refere-se a homogeneidade da coloração da maçã recém cortada.

_____	desuniforme	_____	uniforme
_____		_____	
_____	desuniforme	_____	uniforme
_____		_____	
_____	desuniforme	_____	uniforme
_____		_____	
_____	desuniforme	_____	uniforme
_____		_____	
_____	desuniforme	_____	uniforme
_____		_____	

1.2 – Escurecimento – refere-se ao escurecimento que ocorre em maçãs cortadas devido a oxidação.

_____	sem	_____	escuro
_____		_____	
_____	sem	_____	escuro
_____		_____	
_____	sem	_____	escuro
_____		_____	
_____	sem	_____	escuro
_____		_____	
_____	sem	_____	escuro
_____		_____	

2. TEXTURA: sinta a textura e avalie

2.1 – Firmeza – refere-se a força necessária para romper a polpa da maçã com uma mordida com os dentes molares.

_____	nenhuma	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	nenhuma	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	nenhuma	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	nenhuma	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	nenhuma	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	nenhuma	_____	muito(forte)
_____		_____	

2.2 – Crocância – refere-se a crocância característica quando realizada três mordidas com os dentes molares

_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	

2.3 – Suculência – refere-se a suculência da fruta recém cortada.

_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	
_____	sem	_____	muito
_____		_____	

3. ODOR: sinta o odor e avalie

3.1 – Odor Característico – refere-se ao odor característico da fruta recém cortada

_____	sem	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	sem	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	sem	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	sem	_____	muito(forte)
_____		_____	
_____	sem	_____	muito(forte)
_____		_____	

Se você marcou SEM ODOR CARACTERÍSTICO de maçã que odor você percebeu?

4.SABOR: saboreie e avalie

4.1 – Sabor Característico – refere-se ao sabor da fruta recém cortada

_____	sem	_____	muito
_____	sem	_____	muito
_____	sem	_____	muito
_____	sem	_____	muito
_____	sem	_____	muito
_____	sem	_____	muito

Se você marcou SEM SABOR CARACTERÍSTICO de maçã que sabor você percebeu? _____

5.QUALIDADE GERAL: englobando todos os atributos anteriores diga o quanto gostou

5.1 - Qualidade geral

_____	péssima	_____	ótima
_____	péssima	_____	ótima
_____	péssima	_____	ótima
_____	péssima	_____	ótima
_____	péssima	_____	ótima
_____	péssima	_____	ótima

Observações:

Muito obrigado pela sua colaboração!!!