

## Último quilómetro da pós-colheita: temperatura na cadeia de abastecimento de morango

Rita Alcéo & Domingos P. F. Almeida

Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, dalmeida@isa.ulisboa.pt

### Resumo

Os abusos de temperatura na cadeia de abastecimento do morango conduzem a elevadas perdas e insatisfação por parte de consumidores e retalhistas. Este estudo teve como objetivo avaliar a cadeia de frio de circuitos de morango, desde a colheita até ao consumidor final. A temperatura foi monitorizada com frequência de 1 min em dois circuitos comerciais desde a colheita até ao consumidor final, em junho e julho de 2016. Foram registadas as temperaturas no exterior e no interior de cassetes de 500 g e no interior dos frutos em três localizações da paleta (topo, meio e base). A temperatura do ar teve oscilações de maior amplitude no topo da paleta do que no meio e na base, atingindo em algumas etapas diferenças superiores a 10 °C na mesma paleta. Foram registadas temperaturas de 25 °C à colheita, tendo atingido temperaturas superiores a 36 °C quando ainda no campo. Num dos circuitos, até à entrega no entreposto foram registadas na polpa temperaturas máxima, média e mínima de 27,7, 4,5 e 0,7 °C, respetivamente. No outro circuito, os valores foram, respetivamente, de 35,1, 14,8 e 5,1 °C. Os frutos foram expostos a uma temperatura acumulada de 502,3 e de 588,8 °C h em cada um dos circuitos estudados. Em ambos os circuitos a disposição dos frutos em loja representou a maior contribuição para a temperatura acumulada (273,1 e 281,2 °C h), com cerca de metade do valor total. Com base nestes dados é possível prever que as perdas na «último quilómetro» da cadeia de abastecimento podem ser reduzidas através de uma melhor gestão da temperatura na cadeia de abastecimento.

**Palavras-chave:** cadeia de abastecimento, *Fragaria ×ananassa*, qualidade, refrigeração, transporte.

### Abstract

**Postharvest last mile: Temperature in the strawberry supply chain.** Temperature abuse indices high losses in strawberry supply chain, leading to dissatisfaction of consumers and retailers. This study assessed the temperatures in the entire cold chain of strawberry, from harvest until the consumer household. Temperature was monitored every 1 min in two commercial circuits in June and July 2016. Temperature was measured outside and inside of 500 g clamshells and inside the fruit on three locations of the pallet (top, middle and bottom). Air temperature fluctuation was higher at the top of pallet than in other two locations, reaching a difference > 10 °C. A temperature at harvest of 25 °C was measured which increased to > 36 °C while the fruit were still in the field. From harvest to the delivery at the retailer warehouse maximum, medium and minimum temperatures of, respectively, 27.7, 4.5 and 0.7 °C were recorded inside the fruit. In the other circuit, the same values were 35.1, 14.8 and 5.1 °C, respectively. Temperature accumulated during the supply chain reached 502.3 and 588.8 °C h in the two cases studied. In both circuits, store display accounted for 273.1 and 281.2 °C h, more than half of the total temperature accumulated. Considering these

measurements it is clear that «last mile» strawberry losses can be reduced by proper management of the supply chain temperature.

**Keywords:** *Fragaria* × *ananassa*, quality, refrigeration, transport, supply chain.

### **Introdução**

A cadeia de abastecimento é uma série de processos, operações e entidades que ligam produtores, grossistas, retalhistas e consumidores, em conjunto com fornecedores de fatores de produção, prestadores de serviços e outras partes interessadas que leva os alimentos do seu estado natural até ao prato dos consumidores (Dani, 2015; Nagurney & Li, 2016). O «último quilómetro» das cadeias de abastecimento é a fase final, onde a cadeia se dispersa por um grande número de pontos de venda que, por sua vez, se multiplicam no abastecimento a milhares de consumidores.

O programa de investigação sobre o «último quilómetro» em curso no Freshness Lab do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa foca-se na descrição quantitativa das condições pós-colheita na fase final da cadeia de abastecimento, com enfoque no retalho e nas casas de consumidores. A cadeia de abastecimento do morango tem servido de caso de estudo para melhor compreender estas condições e as suas consequências. O morango sofre elevadas perdas pós-colheita e motiva insatisfação em consumidores e retalhistas. Os principais problemas provocados pelos abusos de temperatura no morango são o aumento da velocidade de desenvolvimento de podridões e bolores (Alcéo & Almeida, 2016). A gestão da temperatura pode controlar a perda de firmeza, as alterações de cor, a perda de água e o desenvolvimento de fungos (Hardenburg et al., 1986; Nunes, 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar toda a cadeia de frio, desde a colheita até ao consumidor final, para avaliar as possibilidades de melhoria na redução de perdas.

### **Material e métodos**

**Circuitos comerciais.** Foi estudada a temperatura em dois circuitos com morango embalado em cuvetes de 500 g colocadas em caixas retornáveis com 10 cuvetes cada uma e transportados sobre palete. No circuito 1, a colheita foi efetuada numa exploração comercial no dia 9 de junho de 2016 e as temperaturas do lote foram registadas desde a colheita até ao frigorífico do consumidor. No segundo circuito, a colheita foi efetuada numa outra exploração no dia 6 de Julho de 2016. Em ambos os casos o destino final do morango foi um hipermercado localizado na Amadora. Foram identificadas as etapas e os tempos de permanência ou percurso em cada um dos circuitos comerciais.

**Medição e registo da temperatura.** A temperatura foi medida e registada com *dataloggers* Tinytag Talk 2 (Gemini Data Loggers, Chichester, West Sussex, Reino Unido). A sonda de sensores do modelo TK-4023 foi colocada no interior de um fruto da cuvette, e os sensores do modelo TK-4014 foram colocados no interior e no exterior das cuvetes para medição da temperatura do ar. Em cada um dos circuitos monitorizou-se a temperatura de caixas colocadas em 3 localizações da palete: topo, meio e base.

Os *dataloggers* foram programados para registar a temperatura a intervalos de 60 segundos. A informação dos registradores foi analisada com o software Tinytag Explorer 4.9 (Gemini, Reino Unido).

A acumulação do tempo-temperatura (ATT) foi calculada para cada etapa através da multiplicação da temperatura média pela duração da etapa e do somatório das parcelas ao longo da cadeia de abastecimento.

## Resultados e discussão

**Caracterização da temperatura no circuito.** A figura 1 representa as temperaturas registadas no interior do fruto, interior da cuvete e do ar exterior na embalagem secundária em ambos os circuitos.

No circuito 1 a temperatura ambiente no momento da colheita foi cerca de 25 °C e foram registadas pouco tempo depois temperaturas próximas dos 36 °C. Os frutos arrefeceram para menos de 10 °C 3 horas após a colheita e para menos de 5 °C 5 horas após a colheita. No segundo circuito os frutos só registaram temperaturas internas inferiores a 10 °C 6 horas após a colheita.

Entre a colheita e a entrega no entreposto logístico da cadeia de distribuição, no circuito 1, foram registadas temperaturas internas no fruto de 27,7; 4,5 e 0,7 °C, para a máxima, a média e a mínima, respetivamente. No circuito 2, as temperaturas máxima, média e mínima na mesma fase da cadeia foram 35,1; 14,8 e 5,1 °C, respetivamente. Após a receção no entreposto e até à exposição na loja a temperatura média no interior do fruto foi de 7,7 e 7,9 °C, tendo estes permanecido nestas condições por 5 e 13 horas, no circuito 1 e 2, respetivamente, com uma oscilação inferior a 1 °C. Em loja registaram-se temperaturas máximas do ar de 20,8 e 22,7 °C, tendo os frutos atingido a temperatura de polpa de 17,8 e 21,2 °C por um período de 21,5 e 19 horas para o primeiro e segundo circuito, respetivamente.

Após a aquisição em loja, os frutos do circuito 1 foram colocados num frigorífico doméstico tendo a sua temperatura da polpa no interior do frigorífico variado entre 2,0 e 12,2 °C.

Em ambos os circuitos verificaram-se períodos em que a temperatura da polpa foi muito superior à temperatura ideal de conservação do morango, 0 °C (Mitcham et al. 1996). Tal facto leva a um aumento das perdas. Por exemplo, observaram-se perdas de morango devido a podridões de 0, 7 e 27% ao fim de 3 dias às temperaturas de 0, 5 ou 10 °C (Alcéo & Almeida, 2016). A diferenças de temperatura por vezes consideradas negligenciáveis correspondem aumentos de perdas de não são despreciandos.

**Efeito da localização da embalagem secundária na palete.** As temperaturas a que os frutos são sujeitos na fase inicial da cadeia de abastecimento variou conforme a localização da embalagem secundária na palete (figura 2). Os *dataloggers* colocados no topo da palete registaram oscilações de temperatura do ar de maior amplitude, relativamente às restantes localizações. No circuito 1, os frutos localizados no topo da palete durante o arrefecimento por ar forçado foram sujeitos a temperaturas do ar de 1 °C mas nas restantes localizações a temperatura foi de 4 °C. Nas etapas entre a expedição pelo produtor até à chegada à loja, passando pelo transporte entre produtor e entreposto, período de permanência no entreposto e posterior transporte para a loja, foram registadas temperaturas no topo da palete 4 °C superiores às outras duas localizações. No entanto, no interior do fruto, as diferenças foram menos acentuadas, com uma diferença média 2 °C.

No circuito 2, na parte superior da palete foram registadas variações mais acentuadas do que no circuito 1. No circuito 1, durante o transporte e a permanência no entreposto e no circuito 2, durante a expedição do armazém do produtor e durante a permanência no armazém do transportador foram registadas temperaturas 10 °C superiores na embalagem localizada no topo em relação às restantes localizações. Após exposição na loja, o aumento da temperatura foi gradual.

**Temperaturas após a aquisição em loja.** Frutos que chegaram à loja pelo circuito 2 foram transportados no porta bagagens de uma viatura particular de um consumidor durante 3 horas e 35 minutos e depois colocado num frigorífico doméstico (figura 3). O frigorífico foi ligado apenas após a colocação dos frutos no seu interior. O

ar no interior do frigorífico encontrava-se a 22,2 °C só começou a arrefecer 3 horas depois; foram necessárias mais 9 horas após este período para a temperatura no interior do frigorífico atingir os 0,5 °C, com a polpa dos frutos a atingir os 2,5 °C. O arrefecimento ocorreu a uma taxa semelhante no ar do frigorífico, no interior da cuvete e no interior do fruto. No entanto, o interior da cuvete atingiu 10 °C com um atraso de 45 min em relação à temperatura do ar e a polpa dos frutos necessitou de 45 min adicionais para chegar à mesma temperatura. Durante o armazenamento foram registadas temperaturas médias de 7,4, 8,8 e 10,5 °C no ar do frigorífico, no interior da cuvete e no interior dos frutos, respetivamente.

Os frutos foram mantidos no frigorífico durante 28 h com uma temperatura de polpa média de 4,9 °C. No final deste período observou-se uma elevada proporção de frutos com pisaduras e podridões (não quantificada) e cerca de 1/3 das embalagens apresentaram escorrimento devido à desintegração dos frutos.

**Temperatura acumulada na cadeia de abastecimento.** A depreciação da qualidade e, no limite, a proporção de perdas, depende não só da temperatura mas também do tempo de permanência a determinada temperatura. Assim, a temperatura acumulada em função da temperatura e tempo de exposição permite identificar quais as etapas da cadeia de abastecimento que têm maior impacto na perda de qualidade dos frutos.

No circuito 1 os frutos acumularam 502,3 °C h (Quadro 1). Se neste mesmo circuito a temperatura fosse mantida à temperatura ótima para o morango (0 °C), o valor acumulado seria de 62,4 °C h, 8 vezes inferior ao registado no mesmo período. A maior contribuição para a temperatura acumulada foi a exposição em loja. Uma temperatura em loja de 25 °C pode ter um efeito severo nos frutos (Nunes et al., 2009). Num cenário de temperatura contante de 25 °C em loja, a temperatura acumulada seria de 537,5 °C h, em vez dos 273,1 °C h efetivamente registados (Quadro 1). No entanto, se os frutos fossem expostos no expositor refrigerado, e.g., a 5,7 °C (Nunes et al., 2009), a temperatura acumulada seria reduzida para 122,6 °C h. À temperatura ótima de 0 °C seriam acumulados apenas 21,5 °C h durante a exposição em loja.

O período imediatamente após a colheita, com temperaturas elevadas no campo e mesmo que com um curto período antes do início do arrefecimento, representa uma importante acumulação de temperatura.

No circuito 2, as temperaturas começaram a ser registradas 5 horas após a colheita dos frutos. A partir desse momento até ao armazenamento no frigorífico do consumidor, foi acumulada uma temperatura de 588,8 °C h. Tal como no circuito 1, a principal contribuição para esta temperatura acumulada foi o tempo de exposição em loja (281,2 °C h). Se a exposição na loja armazenamento fosse feita a 5,7 °C (Nunes et al., 2009) seria possível reduzir este valor para 172,9 °C h. Neste circuito foi registrada uma temperatura média de 9,7 °C. A 0 °C a temperatura acumulada seria de 111,4 °C h, uma redução de 5 vezes em relação ao registado. Ainda assim, o circuito 2 acumularia quase o dobro da temperatura que poderia ter sido alcançada no primeiro circuito.

## Conclusões

O estudo das temperaturas nestes dois circuitos comerciais mostrou que existem, na mesma paleta, gradientes de temperatura superiores a 10 °C, que os frutos podem estar expostos a temperatura do ar superior a 35 °C e permanecerem períodos prolongados acima dos 10 °C. As temperaturas acumuladas entre a colheita e a compra atingiram 502,3 a 588,8 °C h, para os quais a exposição em loja contribui com cerca de metade (273,1 e 281,2 °C h). Em conclusão, as condições de «último quilómetro» da cadeia de abastecimento são conducentes a elevada percentagem de perdas.

**Referências**

- Alcéo, R.G.A. & Almeida, D.P.F. 2016. Evolução da qualidade e causas de perdas de morango a diferentes temperaturas: implicações para retalhistas e consumidores. V Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos, Oeiras, 14 e 15 de outubro.
- Dani, S. 2015. Food supply chain management and logistics: From farm to fork. Kogan Page Limited, New York.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E. & Wang, C.Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Agriculture Handbook Number 66, 130 p.
- Mitcham, E.J. 2014. Strawberry. Gross, K.C., Wang, C.Y & Saltveit, M. (Eds). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook Number 66. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville Area, 4 p.
- Nagurney, A. & Li, D. 2016. Competing on supply chain quality: A network economics perspective. Springer, Switzerland.
- Nunes, M.C.N. 2008. Color atlas of postharvest quality. Blackwell, Hong Kong.
- Nunes, M.C.N., Pierre, J., Rauth, M., Dea, S., & Chau, K.V. 2009. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. *Postharvest Biology and Technology* 51: 232–241.

## Quadros e Figuras

Quadro 1 – Temperatura e duração das diferentes etapas da cadeia de abastecimento em dois circuitos e temperatura acumulada

Etapa	Intervalos de temperatura (°C)	Temperatura média (°C)	Duração (h)	Tempo × temperatura (°C h)	Temperatura acumulada (°C h)
<b>Circuito 1</b>					
Colheita	24,5 – 37,7	29,4	1,0	29,4	29,4
Transporte para armazém	17,3 – 37,7	25,7	0,7	17,1	46,5
Paletização	11,3 – 17,3	16,1	0,7	10,7	57,3
Arrefecimento por ar forçado	11,3 – 1,3	4,2	0,5	2,1	59,4
Confirmação embalagem	1,3 – 8,9	5,8	0,5	2,9	62,3
Armazenamento temporário	0,6 – 10,1	2,2	24,0	52,8	115,1
Transporte para entreposto	1,1 – 10,0	7,8	6,5	50,7	165,8
Armazenamento temporário no entreposto	8,4 – 9,6	8,7	1,3	11,6	177,4
Paletização para loja ( <i>picking</i> )	7,9 – 8,4	8,3	2,4	20,1	197,4
Transporte para loja	7,5 – 7,9	7,7	2,0	15,4	212,8
Chegada à loja	7,5 – 7,8	7,7	0,8	5,8	218,6
Disposição em loja	7,6 – 17,5	12,7	21,5	273,1	491,7
Compra pelo consumidor	17,5 – 17,6	17,5	0,2	2,9	494,6
Transporte no porta bagagens	17,5 – 19,4	18,6	0,4	7,8	<b>502,3</b>
Armazenamento no frigorífico doméstico	19,4 (quando colocado)	-	-	-	-
<b>Circuito 2</b>					
Armazenamento temporário	4,0 – 18,7	8,7	5,0	43,5	43,5
Transporte para entreposto logístico	4,5 – 14,3	5,8	4,5	26,1	69,6
Armazenamento temporário no entreposto	4,1 – 12,7	7,2	5,5	39,6	109,2
Transporte para entreposto do cliente	4,1 – 5,8	4,9	2,3	11,4	120,6
Armazenamento temporário no entreposto	3,7 – 8,4	6,2	9,0	55,8	176,4
Paletização para loja	7,1 – 8,2	7,6	2,7	20,3	196,7
Transporte para loja	7,5 – 8,3	7,8	2,0	15,6	212,3
Chegada à loja	7,3 – 8,4	7,5	2,0	15,0	227,3
Disposição em loja	8,5 – 19,2	14,8	19,0	281,2	508,5
Compra pelo consumidor	19,2 -19,5	19,4	0,2	3,2	511,7
Transporte no porta bagagens	19,5 – 22,2	21,5	3,6	77,0	<b>588,8</b>
Armazenamento - frigorífico doméstico	22,1 (quando colocado)	-	-	-	-

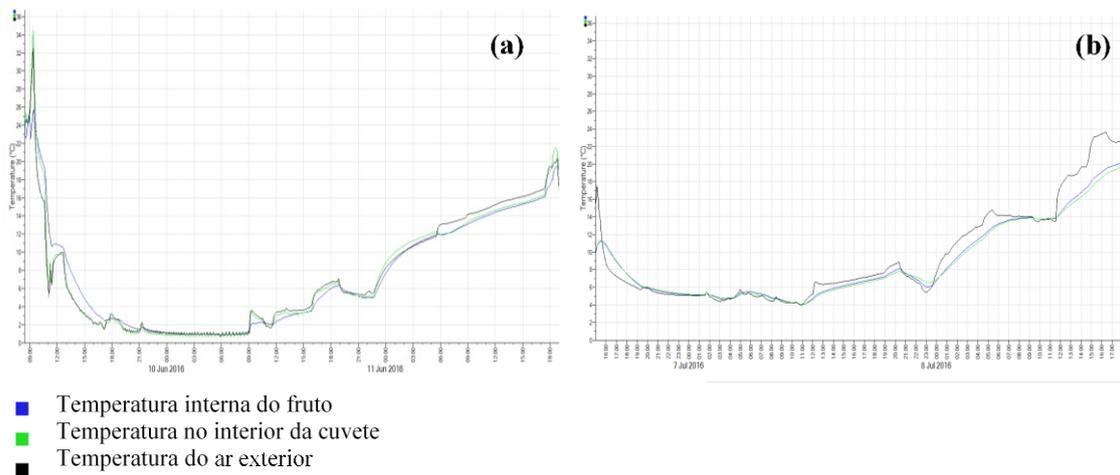


Figura 1 – Temperaturas interna do fruto e do ar interior e exterior da embalagem primária nos circuitos comerciais 1 (a) e 2 (b). Apresentam-se os dados dos sensores inicialmente colocados na zona central da paleta.

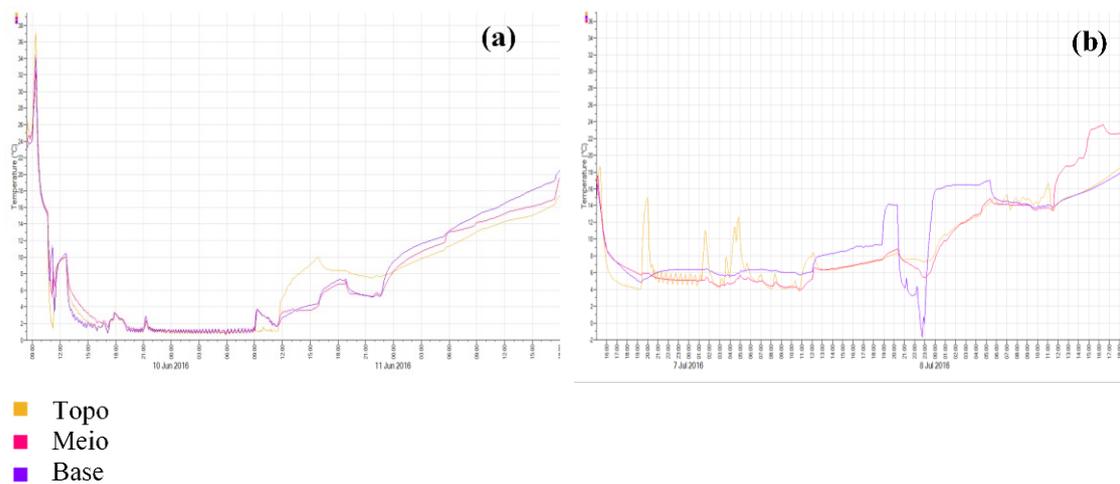


Figura 2 – Temperatura do ar exterior em embalagens secundárias colocadas no topo, no meio e na base da paleta nos circuitos 1 (a) e 2 (b).