



CATOLICA  
FACULTY  
OF BIOTECHNOLOGY

PORTO

## Otimização das condições da cadeia de distribuição - Impacto da temperatura e da atmosfera modificada na conservação dos produtos IV gama

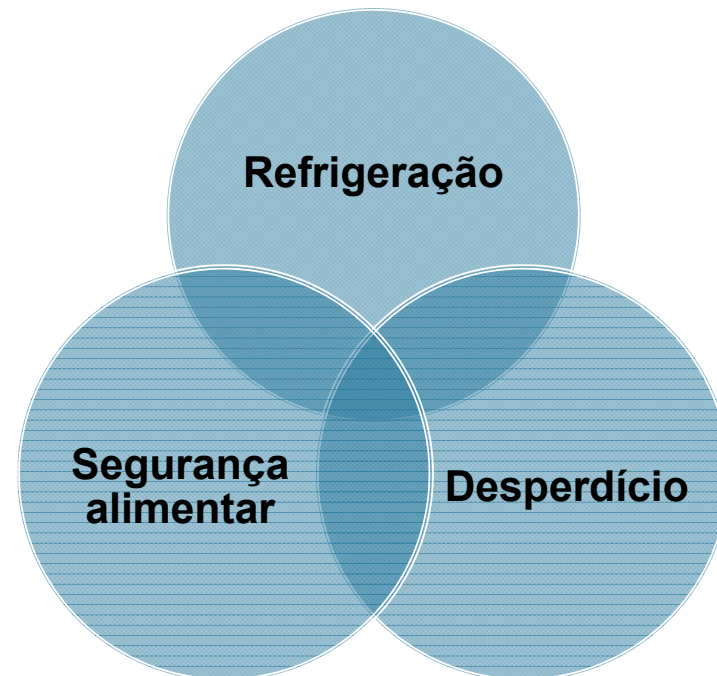
M.J. Pereira, A.L. Amaro, M. Pintado, F. Poças

II Seminário IV Gama Hortofrutícola em Portugal: Investigação e Industrialização  
Santarém, 17 de Novembro 2017

# Introdução

- Gestão da cadeia de frio
- Desafio pela diferença de requisitos para diferentes categorias

| Food product  | Optimal storage temperature      |
|---|----------------------------------|
| Deep-frozen food  |                                  |
| Meat  | −25 °C or colder                 |
| Poultry   | −24 °C or colder                 |
| Fish  | −29 °C or colder                 |
| Fruits and concentrated juices                            | −18 °C or colder                 |
| Vegetables  | −18 °C or colder                 |
| Frozen food   | −20 °C or colder                 |
| Frozen butter   |                                  |
| Chilled food  |                                  |
| Fresh meat  | −1.5 °C                          |
| Meat products   | −2 °C                            |
| Manufacturing meat  | −2 °C                            |
| Poultry   | −1.5 °C                          |
| Fish  | in melting ice (0 °C to −0.5 °C) |
| Dairy products  | 0 °C to 2 °C                     |
| Fruits and vegetables                                     |                                  |
| Low temperature (apple, blueberry, carrot, lettuce, etc.) | 0 °C to 2 °C                     |
| Moderate temperature (carambola, melon, pumpkin, etc.)    | 6 °C to 9 °C                     |
| High temperature (banana, cucumber, grapefruit, etc.)     | 12 °C to 16 °C                   |



# Gestão da cadeia de frio

- Oscilações e heterogeneidade de temperatura
  - Pré arrefecimento não adequado
    - Ventilação e material da embalagem
  - Má performance dos sistemas de controlo e ciclos On-off
  - Padrões de paletização
  - Fontes de calor localizadas nos veículos ou armazéns
  - Abuso de temperatura nas cargas/descargas
  - Sobrecarga dos expositores
  - Transporte pelo consumidor
  - Armazenamento pelo consumidor

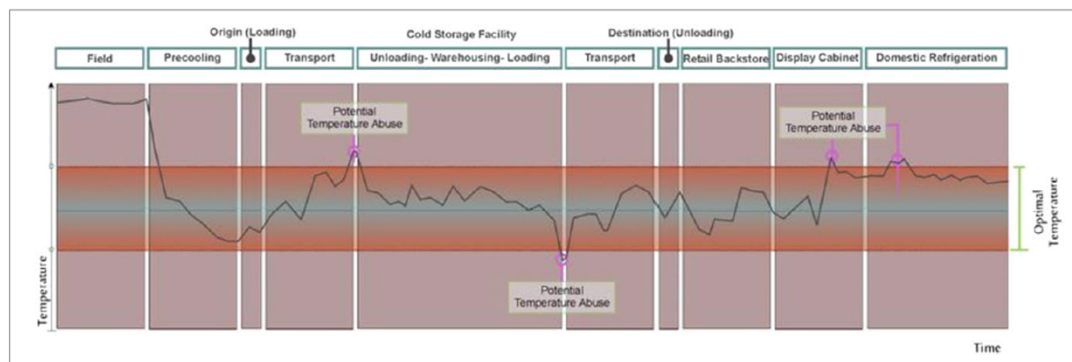


Figure 1–Typical temperature profile of perishable food along the cold chain.

# Gestão da cadeia de frio

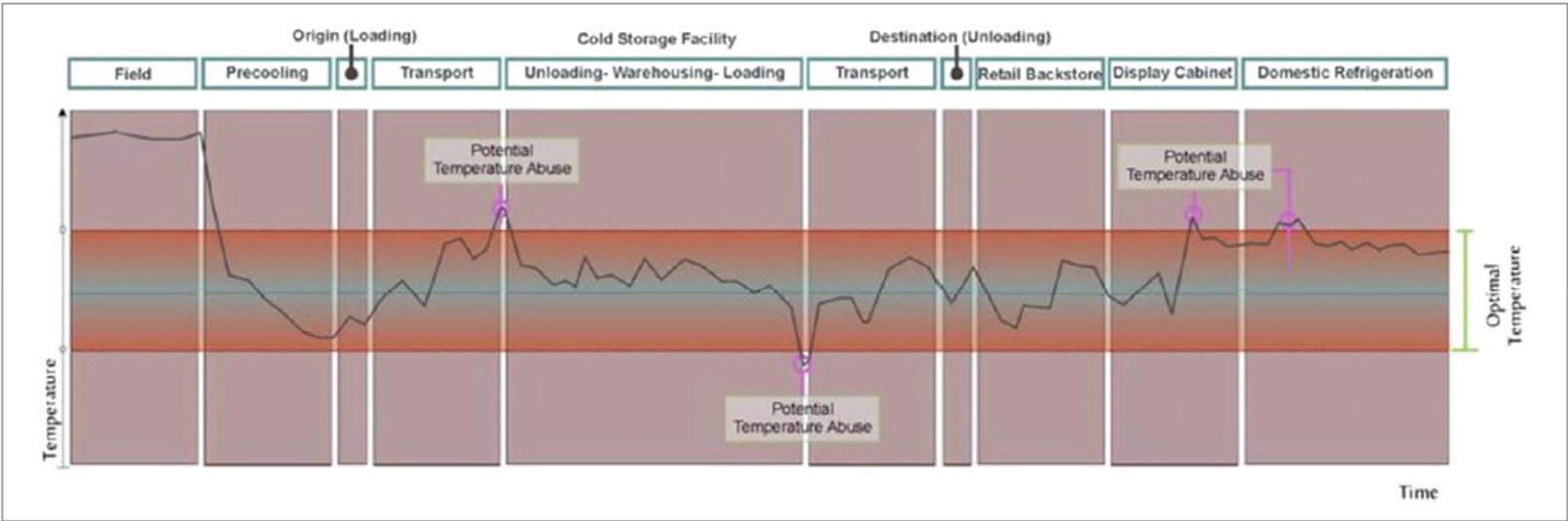
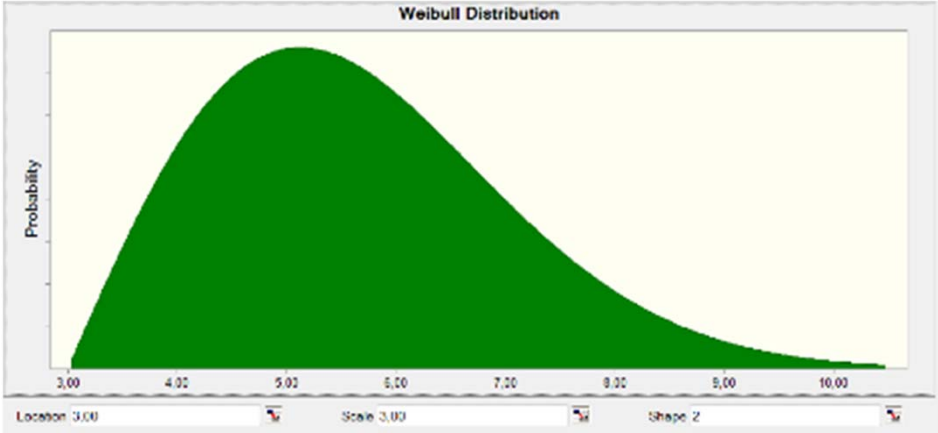


Figure 1–Typical temperature profile of perishable food along the cold chain.



# Objetivos

- Monitorizar a taxa respiratória de rúcula pronta-a-comer
- Analisar o efeito da concentração inicial em oxigénio
- Analisar o efeito da temperatura
- Desenvolver um modelo para descrever a taxa respiratória
  - Oxigénio
  - Temperatura
- Analisar o efeito relativo destes fatores na RR

# Materiais e Métodos

- Amostras
  - *Diplotaxis tenuifolia*, colhida em Março, transportada a 5 °C e processada nas condições industriais e depois transportadas para o lab
- Medição de RR
  - Sistema fechado (frascos de 1500 mL com 100 g de rucula)
  - Temperaturas: 0, 5 and 10 °C ( $\pm 0.5$  °C)
  - Concentração inicial de O<sub>2</sub> - 2.5; 5; 10 and 20 kPa O<sub>2</sub>, 0 kPa CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>
  - Medições feitas com CheckMate II, (PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)

- Cálculo da RR

$$R = \frac{\Delta y}{\Delta t} \frac{V}{m}, \text{ mmol kg}^{-1}\text{s}^{-1}$$

- Modelo matemático (Michaelis-Menten)

$$R = \frac{\alpha \cdot y O_2}{\varphi + y O_2}, \text{ mmol kg}^{-1}\text{s}^{-1} \quad \alpha \text{ (mmol kg}^{-1}\text{s}^{-1}) \text{ e } \varphi \text{ (kPa O}_2\text{)}$$

# Materiais e Métodos

- Integração da temperatura nos parâmetros

$$R = \frac{\alpha_1 \cdot e^{(\alpha_2 \cdot T)} \cdot y_{O_2}}{\phi_1 \cdot e^{(\phi_2 \cdot T)} + y_{O_2}} \quad \alpha_1 \text{ (mmolkg}^{-1}\text{s}^{-1}), \alpha_2 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}), \phi_1 \text{ (kPa O}_2\text{) and } \phi_2 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1})$$

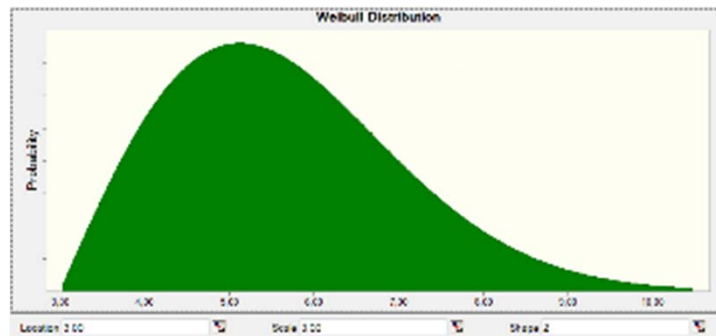
- Simulação Monte Carlo

- Efeito da temperatura na RR:

a) temperatura constante a 5 °C,

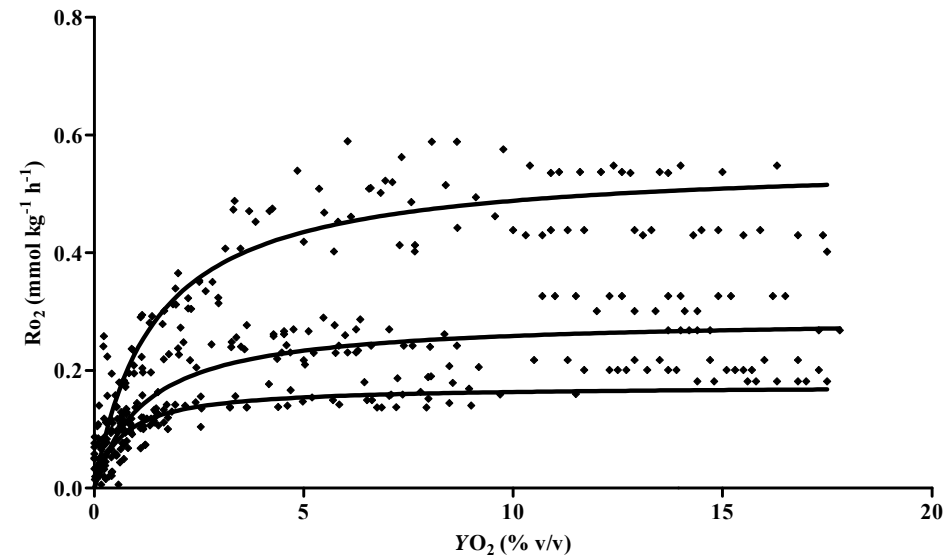
b) temperatura constante a 10 °C,

c) temperatura a variar entre 3 °C e 11 °C de acordo com uma distribuição: entre o mínimo de 3 °C até máximo de 11 °C, com elevada probabilidade de valores entre 4.5 e 6 °C (i.e assumindo uma Ttarget de 5 °C), com possibilidade de valores entre 9 e 11 °C a 2 % probabilidade.



# Resultados

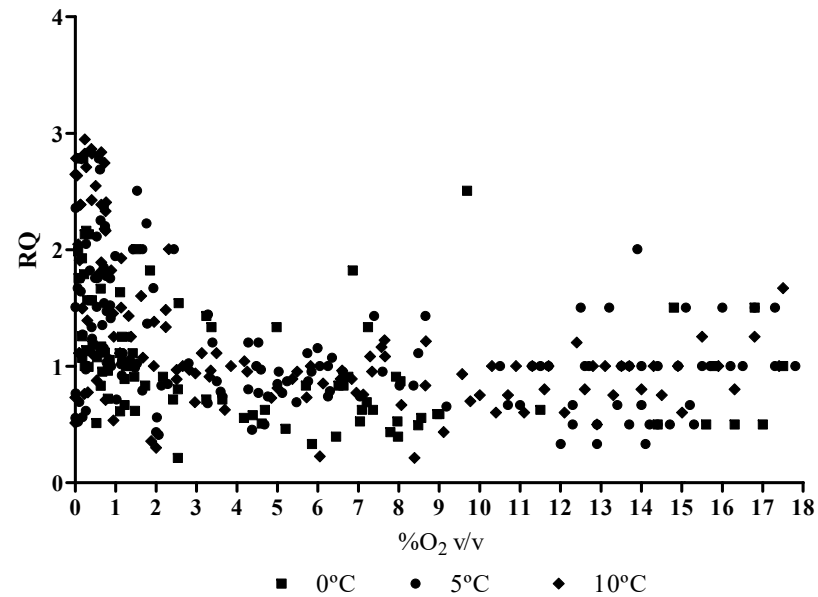
- MM modelo global para a RR
  - RR decresce lentamente com  $O_2$
  - Efeito é mais intenso a T superiores
  - Temperatura factor com mais impacto



Effect of  $O_2$  volumetric fraction and storage temperature on the rate of  $O_2$  uptake of ready-to-eat rocket leaves at 0°C, 5°C and 10°C - global model

# Resultados

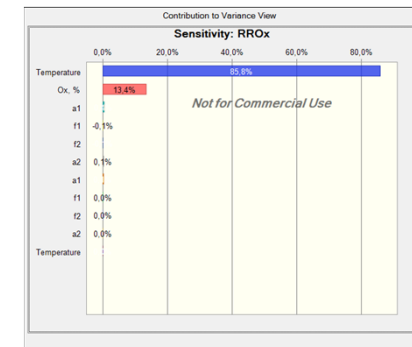
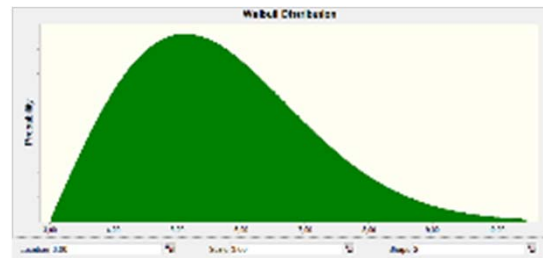
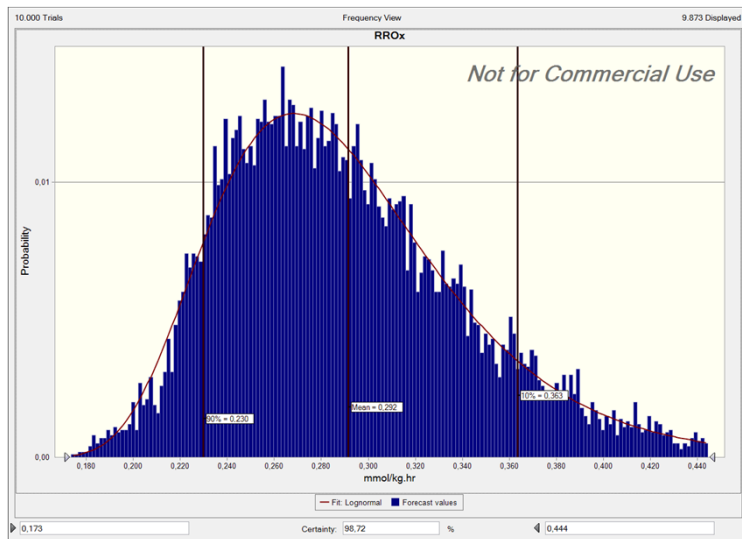
- QR
  - Valores de 1 -1.3
  - Desvio a O<sub>2</sub> muito baixas
  - MAP design



Respiration Quotient (RQ) for ready-to-eat rocket leaves stored at different temperatures - (●) 0°C, (■) 5°C and (▲) 10°C.

# Resultados

- Impacto da temperatura (Simulação MC)
  - Valores de RR: 5 °C: 0.28 mmol kg<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>      10 °C: 0.52 mmol kg<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>
  - Factor *T* é o mais importante (Var > 70%)
  - Simulação em condição realistica
    - Ex: 10 % de P de ter uma RR > 0.36 mmol kg<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>
    - Permite estimar as perdas de uma determinada cadeia



Lognormal distribution for respiration rate values occurring during storage at varying conditions of temperature and changing conditions of oxygen concentration. Mean, 10% and 90% percentiles, respectively: 0.29; 0.23 and 0.36 mmol.kg<sup>-1</sup>.hr<sup>-1</sup>.

# Conclusão

- Michaelis-Menten sem inibição  $\text{CO}_2$  descreveu bem o efeito do oxigénio na RR
- Modelo global incorpora o efeito do oxigénio mas também o da temperature, pode ser usado para projeto de embalagem
- Impacto da concentração inicial de oxigénio só é notório a concentrações mais baixas, o que implica que uso de MAP passive não trás grandes benefícios
- Simulação MC indica que MAP só tem um efeito marginal no controlo da RR, enquanto que a temperatura tem um efeito preponderante (80 % Var).
  
- Projeto financiado: European Union Seventh Framework Programme (QUAFETY Project FP7/2007/2013) under grant agreement nº 289719. The authors acknowledge the research grants of Maria João Pereira (FP7/KBBE 2011.2.4-01/289719/2012) and Ana Amaro (FP7/KBBE 2011.2.4-01/289719/2012) and FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia through project PEst-OE/EQB/LA0016/.