



**Universidade de Aveiro**  
**2020**

Departamento de Química

**Inês Paradela Vieira**

**PROPOSTA E VALIDAÇÃO DE NOVOS BINÓMIOS  
TEMPO/TEMPERATURA DE PASTEURIZAÇÃO PARA  
REFEIÇÕES DA CENTRALREST, LDA.**



**INÊS PARADELA VIEIRA      PROPOSTA E VALIDAÇÃO DE NOVOS BINÓMIOS  
TEMPO/TEMPERATURA DE PASTEURIZAÇÃO PARA  
REFEIÇÕES DA CENTRALREST, LDA.**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia – ramo Biotecnologia Alimentar, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Xavier, Professora Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e da Eng. Susana Mendes, Diretora de Qualidade e Segurança Alimentar na Centralrest, Lda.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor João Mano**

professor catedrático do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva**

professor associado do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Ana Maria Rebelo Barreto Xavier**

professora auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Ao Sr. Nuno Lobo pela oportunidade de realizar o meu estágio curricular na Centralrest, Lda.

À Eng. Susana Mendes pela confiança, apoio, disponibilidade e conhecimento transmitido no decorrer do trabalho.

À Professora Doutora Ana Xavier pela orientação, críticas e palavras de encorajamento durante todo o processo.

À Dora pela amizade, companheirismo e entreaajuda que cultivámos juntas.

Às minhas companheiras de escritório, Tânia e Maria Inês, pelo acolhimento, boa-disposição e amizade.

Ao Areias por toda a compreensão e amor. És uma inspiração para mim!

Aos meus avós pelas inúmeras manifestações de carinho.

Ao meu mano Henrique por todas as brincadeiras de apoio e incentivo.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus pais por me terem permitido seguir este rumo académico que tanto desejava. Estou eternamente grata pelos conselhos, incentivo e amor que me transmitem diariamente. São o melhor exemplo que eu podia ter!

“It’s not the strongest of the species that survive nor the most intelligent, but the ones most responsive to change.”

Charles Darwin

## Palavras-chave

Refeições prontas, IFS *Food*, segurança alimentar, qualidade, pasteurização, Centralrest, Lda.

## Resumo

A crescente procura de refeições prontas, por parte dos consumidores, levou as empresas deste setor a obter certificações que garantam a qualidade alimentar dos produtos, permitindo a abertura a novas oportunidades de mercado e deste modo a Centralrest, Lda. obteve a certificação IFS *Food*. Assim todo o processo produtivo é gerido de forma a respeitar práticas de segurança e qualidade alimentar, de acordo com a implementação do sistema HACCP inerente à certificação IFS *Food*.

O trabalho objeto desta tese foi desenvolvido no decorrer do estágio curricular realizado na empresa Centralrest, Lda. que produz e comercializa refeições prontas. O principal objetivo foi o estudo e validação de novas possibilidades de binómio tempo/temperatura para uma proposta de otimização dos processos de pasteurização, de determinadas refeições prontas da Centralrest, Lda., de forma a melhorar as características organolépticas dos produtos, possibilitando aumentar o número de ciclos de pasteurização por dia, continuando a garantir a segurança alimentar destes produtos.

Ao longo do estágio foram feitos registos e controlos de 15 lotes de produtos diferentes nos diversos tipos de operações, nomeadamente durante a preparação das matérias-primas, confeção das mesmas, empratamento/selagem e arrefecimento e ainda durante a rota de transporte e distribuição.

Ao longo do trabalho verificou-se que a temperatura de confeção final foi em média superior a 75 °C, cumprindo o limite estabelecido. Dos quatro binómios tempo/temperatura de pasteurização testados, concluiu-se que no final de 42 dias o binómio X permitiu obter vários produtos conformes, em termos de segurança alimentar, e que o binómio W também permite obter produtos conformes em termos de segurança alimentar com 28 dias de validade no entanto poderá ser mais promissor caso se pretendam obter produtos com menor prazo de validade.

**Keywords**

Ready meals, IFS Food, food security, quality, pasteurization, Centralrest, Lda.

**Abstract**

The growing consumers' demand for ready meals has led companies of this sector to obtain certifications that guarantee the quality of the products opening of new market opportunities and therefore Centralrest, Lda. got IFS Food certification. The entire production is managed to respect the rules of food safety and quality, according to the implementation of the HACCP system which is inherent to the IFS Food certification.

The work object of this thesis was developed during the curricular internship at Centralrest, Lda. that produces and sells ready meals. The main objective was studying and validating new possibilities of using binome time/temperature for proposing an optimization of the pasteurization process of some ready meals from Centralrest, Lda., in order to improve the products' organoleptic characteristics and making possible the increase of the number of pasteurization cycles per day, ensuring the products' conformity in terms of food safety.

Throughout the internship records and controls were performed in 15 batches of different products during different types of operations specially during the preparation of raw materials, cooking, packaging/sealing, cooling and still during transportation/distribution routes.

During this work it was verified that the final production temperature is, in average, higher than 75 °C, being in accordance with the limit established by law. Four pasteurization binomes time/temperature were tested and it was concluded that at the end of 42 days, the binome X allowed to obtain appropriate products, in terms of food safety, and the binome W can also be used to obtain products conformed in terms of food safety with 28 days of shelf life although this binome might be more promising if it pretends to obtain products with shorter shelf life.

# Índice geral

Índice geral .....	i
Índice de Figuras.....	iv
Índice de Tabelas .....	vi
Lista de abreviaturas .....	vii
1. Introdução .....	1
1.1 Apresentação da empresa- Centralrest, Lda. ....	1
1.2 Objetivos do estágio .....	3
2. Estado da arte.....	4
2.1 Norma <i>IFS Food</i> .....	4
2.1.1 Gestão da qualidade e segurança de alimentos .....	5
2.1.2 Planeamento e processo de produção.....	7
2.2 Conservação de alimentos .....	8
2.3 Fatores que determinam a estabilidade dos alimentos.....	9
2.4 Princípios para a conservação de alimentos .....	13
2.5 Processos combinados (Efeito <i>hurdle</i> ) .....	14
2.6 Fatores que afetam a resistência dos microrganismos ao calor .....	15
2.7 Processamento térmico.....	16
2.7.1 Cinética de inativação térmica de microrganismos .....	17
2.7.2 Pasteurização.....	21
2.7.3 Qualidade dos produtos tratados termicamente.....	23
2.7.4 Transferência de calor no processamento térmico .....	26
2.8 Conservação a temperaturas reduzidas.....	27
2.8.1 Refrigeração.....	28
2.8.2 Congelação .....	29
2.9 Produtos embalados pasteurizados e refrigerados/ultracongelados.....	31
2.10 Validação do prazo de validade proposto para um produto alimentar.....	32
3. Materiais e métodos.....	36
3.1 Identificação dos microrganismos associados às matérias-primas e respetiva caracterização.....	36



3.2. Condições de pasteurização, condições de armazenamento e respetivo prazo de validade para algumas refeições prontas.....	37
3.3 Classificação dos produtos da Centralrest, Lda./ Seleção das receitas para serem acompanhadas.....	37
3.4 Acompanhamento do processo produtivo.....	37
3.4.1 Receção.....	39
3.4.2 Armazenagem.....	39
3.4.3 Preparação.....	39
3.4.4 Confeção.....	40
3.4.5 Empratamento/ Embalagem primária e Selagem .....	41
3.4.6 Rotulagem.....	42
3.4.7 Tratamento térmico de produtos.....	42
3.4.8 Arrefecimento.....	43
3.4.9 Embalagem secundária e terciária .....	43
3.4.10 Registos durante o processo produtivo .....	44
3.5. Validação de um binómio tempo/temperatura de pasteurização.....	44
3.6. Análises microbiológicas.....	46
3.7. Transporte de produtos pasteurizados refrigerados.....	48
3.8 Relatório de validação dos processos produtivos acompanhados.....	49
4. Resultados .....	50
4.1 Binómios tempo/temperatura de pasteurização propostos na literatura .....	50
4.2 Classificação dos produtos da Centralrest, Lda. ....	51
4.3 Acompanhamento do processo produtivo antes da pasteurização .....	53
4.3.1. Preparação.....	54
4.3.2 Confeção .....	57
4.3.3 Empratamento/embalagem primária e Selagem.....	59
4.3.4 Arrefecimento.....	63
4.4 Binómios tempo/temperatura de pasteurização .....	66
4.4.1 Programa: W.....	66
4.4.2 Programa X .....	67
4.4.3 Programa: Y .....	68
4.4.4 Programa Z .....	69
4.4.5 Arrefecimento das amostras pasteurizadas.....	71

4.6 Análises microbiológicas.....	73
4.6.1 Regeneração .....	80
4.7 Embalagem secundária/terciária.....	81
4.8 Transporte de produtos pasteurizados refrigerados .....	82
4.8.1 Rota 1.....	82
5. Conclusão.....	84
6. Trabalho futuro.....	85
7. Bibliografia.....	86
ANEXO A- Arrefecimento dos produtos pasteurizados: temperatura do produto e temperatura ambiente .....	90
ANEXO B- Rota 2.....	92

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Valores de pH de alguns alimentos e respetiva classificação <sup>17</sup> .....	10
<b>Figura 2.</b> Gamas de valores de pH para os quais é possível verificar o crescimento de bolores, leveduras e bactérias Gram positivas e Gram negativas. Adaptado de <sup>17</sup> .....	11
<b>Figura 3.</b> Mapa de estabilidade de alimentos. Adaptado de <sup>20</sup> .....	12
<b>Figura 4.</b> Curva de mortalidade. Adaptado de <sup>23</sup> .....	18
<b>Figura 5.</b> Curva de morte térmica. Adaptado de <sup>9</sup> .....	19
<b>Figura 6.</b> Alterações no perfil de tempo-temperatura para a destruição de microrganismos patogénicos e vitaminas .....	25
<b>Figura 7.</b> Calor transferido nas embalagens: condução (esquerda) b) convecção (direita). Adaptado de <sup>18</sup> .....	26
<b>Figura 8.</b> Perfil de temperatura durante a congelação de alimentos. Adaptado de <sup>42</sup> .....	30
<b>Figura 9.</b> Boas práticas em estimar, validar e estabelecer a validade de produtos. Adaptado de <sup>46,47</sup> .....	33
<b>Figura 10.</b> Testo Datalogger T172-T2 .....	40
<b>Figura 11.</b> Waterproof Testo Thermometer IP67 .....	40
<b>Figura 12.</b> Equipamento basculante (elétrico) .....	40
<b>Figura 13.</b> Marmita a gás.....	40
<b>Figura 14.</b> Fotografias do forno e o respetivo controlador adjunto .....	41
<b>Figura 15.</b> Estufa e respetivo controlador adjunto .....	41
<b>Figura 16.</b> Vista frontal das grades colocadas na estufa e localização da sonda- terceira palete à esquerda .....	45
<b>Figura 17.</b> Vista superior das grades colocadas na estufa e respetiva distribuição.....	45
<b>Figura 18.</b> Esquema temporal das análises microbiológicas realizadas aos produtos. ....	47
<b>Figura 19.</b> Esquema da caixa de carga frigorífica da viatura com duas divisórias- congelados e refrigerados e localização das portas e sistemas de frio.....	48
<b>Figura 20.</b> Variação da temperatura do feijão, chocos, grão, moelas e temperatura junto às matérias-primas durante as etapas de preparação .....	55
<b>Figura 21.</b> Variação da temperatura da batata e da batata doce e temperatura junto às mesmas durante as etapas de preparação .....	56
<b>Figura 22.</b> Temperatura final de confeção dos produtos à base de peixe e acompanhamentos.....	58
<b>Figura 23.</b> Temperatura final de confeção dos produtos à base de carne .....	59
<b>Figura 24.</b> Variação da temperatura de produtos durante o tempo de espera após a confeção e durante o embalamento.....	62
<b>Figura 25.</b> Variação da temperatura no centro geométrico do produto ao longo da etapa de arrefecimento na câmara de arrefecimento/ congelação .....	65
<b>Figura 26.</b> Disposição das amostras na grade e localização da sonda (almôndega).....	67

<b>Figura 27.</b> Variação da percentagem de humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura do centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização W .....	67
<b>Figura 28.</b> Disposição das amostras na grade e localização da sonda (BacBrás).....	68
<b>Figura 29.</b> Variação da percentagem de humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura no centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização a X.....	68
<b>Figura 30.</b> Variação da humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura do centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização Y .....	69
<b>Figura 31.</b> Variação da humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura do centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização Z .....	70
<b>Figura 32.</b> Arrefecimento dos produtos pasteurizados W: temperatura do produto e temperatura ambiente .....	72
<b>Figura 33.</b> Exemplo de rótulo com etapa de regeneração evidenciada .....	80
<b>Figura 34.</b> Temperaturas de conservação de refrigerados registadas ao longo do tempo de transporte/distribuição .....	82
<b>Figura 35.</b> Temperatura junto ao produto e do ambiente de refrigeração dos produtos pasteurizados X.....	90
<b>Figura 36.</b> Temperatura junto ao produto e do ambiente de refrigeração dos produtos pasteurizados Y.....	90
<b>Figura 37.</b> Temperatura junto ao produto e do ambiente de refrigeração dos produtos pasteurizados Z.....	91
<b>Figura 38.</b> Temperatura junto ao produto e do ambiente de congelação dos produtos pasteurizados Z.....	91
<b>Figura 39.</b> Evolução da temperatura dos produtos refrigerados ao longo do transporte/distribuição .....	92

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Mecanismos que levam à perda de qualidade de produtos alimentares. Adaptado de <sup>11</sup> .....	8
<b>Tabela 2.</b> Técnicas de preservação de produtos alimentares. Adaptado de <sup>9</sup> .....	13
<b>Tabela 3.</b> Características dos subgrupos de <i>C. Botulinum</i> . Adaptado de <sup>34,35</sup> .....	22
<b>Tabela 4.</b> Valores de D (inferiores a 1 minuto) para microrganismos psicotróficos a temperaturas de pasteurização; do lado esquerdo a cinzento claro são microrganismos não formadores de esporos; a branco são microrganismos deteriorantes não formadores de esporos e do lado direito a cinzento escuro são microrganismos patogénicos formadores de esporos. Adaptado de <sup>15</sup> .....	23
<b>Tabela 5.</b> Valores D e z para enzimas e atributos de qualidade a uma temperatura de 121,1°C. Adaptado de <sup>23, 28</sup> .....	24
<b>Tabela 6.</b> Temperaturas mínima e ótima para o crescimento de microrganismos patogénicos. Adaptado de <sup>35,38,39</sup> .....	29
<b>Tabela 7.</b> Sumário dos métodos acreditados pela IPAC para a análise das amostras da Centralrest, Lda. ....	35
<b>Tabela 8.</b> Etapas do processo produtivo .....	38
<b>Tabela 9.</b> Binómios tempo/temperatura, condições de armazenamento e respetivo prazo de validade para refeições prontas. Adaptado de <sup>64,65</sup> .....	50
<b>Tabela 10.</b> Classificação dos produtos da Centralrest, Lda. em grupos menores (m) e maiores (M) .....	52
<b>Tabela 11.</b> Produtos e etapas acompanhadas .....	53
<b>Tabela 12.</b> Etapas de preparação acompanhadas, duração e temperaturas máxima e mínima .....	54
<b>Tabela 13.</b> Produtos e respetiva temperatura inicial e duração da etapa de confeção.....	57
<b>Tabela 14.</b> Dados referentes ao empratamento/selagem dos lotes acompanhados .....	61
<b>Tabela 15.</b> Temperatura inicial e tempo necessário até os produtos atingirem -18 °C. ....	64
<b>Tabela 16.</b> Binómios tempo/temperatura de pasteurização testadas e respetivos produtos acompanhados .....	66
<b>Tabela 17.</b> Condições de arrefecimento acompanhadas dos produtos pasteurizados.....	71
<b>Tabela 18.</b> Resultados microbiológicos dos produtos pasteurizados W .....	74
<b>Tabela 19.</b> Resultados microbiológicos dos produtos pasteurizados X .....	77
<b>Tabela 20.</b> Resultados microbiológicos dos produtos pasteurizados Y e Z .....	79
<b>Tabela 21.</b> Condições de embalagem secundário/terciário.....	81
<b>Tabela 22.</b> Diferenças entre as temperaturas ambiente e do produto final e inicial nos períodos supradescritos, realçados por retângulo avermelhado na Figura 39 .....	93

## Lista de abreviaturas

ASC: *Aquaculture Stewardship Council*

CA: *Codex Alimentarius*

D: tempo de redução decimal

EA: *European cooperation for Accreditation*

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

FCD: *Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution*

FSAI: *Food Safety Authority of Ireland*

FSANZ: *Food Standards Australia New Zealand*

GFSI: *Global Food Safety Initiative*

GMP: Boas práticas de fabrico (*Good Manufacturing Practices*)

HACCP: Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (*Hazard Analysis and Critical Control Point*)

HDE: *Handelsverband Deutschland*

HTST: *High-Temperature, Short-Time*

HORECA: hotéis, restaurantes e cafés

IAF: *International Accreditation Forum*

IFS: *International Featured Standard*

ILAC: *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*

IM: Irmãos Monteiro, S.A.

IPAC: Instituto Português de Acreditação

LTLT: *Low-Temperature, Long-Time*

KO: *Knock out*

$K_T$ : constante cinética da reação

MSC: *Marine Stewardship Council*

PME: Pequena e Média Empresa

REFPED: alimentos refrigerados pasteurizados com durabilidade alargada (*refrigerated-pasteurised-foods-for-extended-durability* ou *refrigerated processed foods of extended durability*)

t: tempo de processamento

USDA: *United States Department of Agriculture*

WHO: Organização Mundial de Saúde (*World Health Organization*)

z: número de graus Celsius necessários para provocar uma alteração de dez vezes no tempo de redução decimal

## 1. Introdução

A tendência atual da população ocidental evoluir para um estilo de vida mais acelerado tem promovido a procura, por parte dos consumidores, de produtos alimentares de conveniência como é o caso das refeições prontas<sup>1</sup>. Estes produtos alimentares são refeições completas que requerem poucos ou nenhuns ingredientes extra, são preparados por procedimentos externos e projetados para substituir rapidamente um prato principal de uma refeição caseira. Existem vários fatores sócio-económicos que têm levado ao aumento da procura destes produtos: aumento da participação da mulher no mundo laboral, tempo ocupado em atividades de lazer, aumento significativo de famílias pequenas ou monoparentais, falta de experiência/gosto por cozinhar em casa, stress, horários diferentes para as refeições<sup>2,3</sup>.

Os consumidores atuais são muito exigentes no tipo de produtos que procuram uma vez que, para além de terem preferência por produtos de fácil e rápida preparação/aquecimento, também optam por produtos saudáveis e com ingredientes de elevada qualidade<sup>1</sup>.

A chave para o sucesso das empresas deste setor assenta na procura constante de ir ao encontro das necessidades e desejos do consumidor através da melhoria contínua dos seus produtos e da introdução de produtos inovadores.

### 1.1 Apresentação da empresa- Centralrest, Lda.

A Centralrest, Lda. é uma média empresa portuguesa do setor alimentar. Está sediada na Gafanha da Encarnação, concelho de Ílhavo, no distrito de Aveiro. Dedicar-se à produção de refeições prontas, pastas e molhos, pasteurizadas e congeladas.



A empresa iniciou a sua atividade em 2006 com o principal objetivo de centralizar a produção de refeições para uma cadeia de restaurantes (Restaurantes Chiado e outros) tendo por base uma parceria com a empresa Irmãos Monteiro, S.A. Neste início de atividade a empresa focou-se no canal HORECA uma vez que as refeições comercializadas eram pasteurizadas o que lhes conferia um prazo de validade mais alargado face aos produtos existentes no mercado.

Posteriormente a empresa foi reorientando a sua atividade para produtos direcionados para o cliente final através das marcas “Prato do Dia” e “Avó Micas”, esta última pertencente à Irmãos Monteiro, S.A. <sup>4</sup>.

No decorrer dos últimos anos, a Centralrest, Lda. adaptou-se à evolução do mercado centrando-se no setor da restauração das grandes superfícies comercializando os seus produtos pasteurizados e ultracongelados com as dimensões e embalagens pretendidas pelos clientes. A empresa tem como missão fornecer aos clientes produtos tradicionais portugueses, assim como, produtos inovadores utilizando matérias-primas de elevada qualidade e garantindo os princípios de segurança e qualidade alimentar. Diariamente a Centralrest, Lda. aposta numa melhoria contínua dos seus produtos, na inovação, flexibilidade e adaptabilidade para ir ao encontro das necessidades dos seus clientes.

Em 2011 e 2017 foi distinguida com o título de Pequena e Média Empresa - PME excelência pelo IAPMEI sendo considerada uma empresa com os melhores desempenhos económico-financeiros e de gestão no seu exercício. Em 2015 foi distinguida com o título de PME líder <sup>5</sup>.

Em 2013 a Centralrest, Lda. obteve a certificação do seu sistema de gestão de acordo com a NP EN ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos. Nesse mesmo ano, obteve a certificação do seu sistema de Segurança Alimentar de acordo com o *Codex Alimentarius* – CAC/RCP 1 – 1969, Rev. 4 - 2003 – Código Internacional de Práticas Recomendadas - Princípios Gerais de Higiene Alimentar. Em 2014, obteve a certificação do sistema de Gestão Ambiental de acordo com a NP EN ISO 14001.

Em abril de 2016 obteve a sua certificação como organização pertencente às cadeias de custódia e responsabilidade de Aquacultura responsável e Pesca de recursos marinhos de forma sustentável – *Aquaculture Stewardship Council (ASC)* e *Marine Stewardship*



*Council* (MSC). Ainda nesse ano, a Administração da empresa escolhe não renovar as certificações 9001, Codex e 14001, mantendo as práticas já conquistadas e investindo esse tipo de recursos no processo de implementação da norma IFS Food (*International Featured Standard*) tendo conseguido essa certificação em 2019 <sup>4</sup>.

## **1.2 Objetivos do estágio**

O presente estágio insere-se no Mestrado em Biotecnologia, ramo Alimentar. Os objetivos gerais do estágio incluem o conhecimento estrutural da empresa, a sua missão, valores e objetivos assim como a inclusão nas atividades da empresa.

O objetivo específico do estágio foi contribuir para o conhecimento e possível otimização dos processos de pasteurização, através da proposta e validação de novas possibilidades de binómio tempo/temperatura, para algumas refeições pasteurizadas da Centralrest, Lda., de forma a melhorar as características organolépticas dos produtos, e aumentar o número de ciclos de pasteurização por dia, continuando a garantir a segurança alimentar.

A inclusão nas atividades da empresa permitiu adquirir uma visão concreta do funcionamento e dos desafios que uma empresa do setor alimentar enfrenta diariamente.

## 2. Estado da arte

### 2.1 Norma *IFS Food*

As auditorias de fornecedores são um procedimento muito comum no sistema de retalho e até 2003 eram realizadas pelos departamentos de qualidade dos retalhistas ou grossistas. No entanto com o aumento da exigência dos consumidores e responsabilidade das várias partes envolvidas, juntamente com o aumento dos requisitos legais e ainda devido à globalização da cadeia de abastecimento, foi necessário implementar uma norma uniforme para assegurar a segurança e qualidade alimentar deste tipo de alimentos.

Neste sentido os membros de uma federação de retalho Alemã (*HDE*) e os seus homólogos Franceses – *Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution (FCD)* deram os primeiros passos para a elaboração da norma *IFS Food* que é usada para auditar organizações da indústria alimentar relativamente à segurança alimentar e qualidade dos processos e dos produtos, através de uma abordagem uniforme.

Atualmente esta norma é gerida pela *IFS Management GmbH* que é uma companhia pertencente à *FCD* e *HDE* e é reconhecida pela *GFSI (Global Food Safety Initiative)*. A *IFS*, onde se inclui a *IFS Food* compreende nove referenciais que foram criados para acompanhar todo o processo de comércio nas diferentes indústrias.

Os requisitos da *IFS Food* que as empresas têm de cumprir estão englobados nas seguintes temáticas: Responsabilidade da Direção, Sistemas de Gestão e Segurança da Qualidade Alimentar, Gestão de Recursos, Planeamento e Processo Produtivo, Medição, Análise e Melhoria e *Food Defense*/inspeções externas.

Os objetivos principais da *IFS Food* são: 1) estabelecer um padrão comum a todas as indústrias com um sistema de avaliação uniforme, 2) trabalhar com organismos de certificação acreditados e auditores qualificados com a aprovação da *IFS Food*, 3) assegurar a transparência por todo o canal de fornecimento e 4) reduzir os custos para fabricantes e retalhistas.

Relativamente à aplicação dos requisitos desta norma existem quatro níveis de classificação dos requisitos da norma: a) total conformidade, b) quase cumprimento do

requisito havendo um pequeno desvio, c) uma pequena parte do requisito implementada e d) não-conformidade.

Existem requisitos que são particularmente importantes: “KO” (*Knock-Out*) e “não Conformidade Maior”. Estes requisitos estão definidos como obrigatórios na certificação da IFS *Food*, ou seja, o não cumprimento de pelo menos um “KO” ou duas “não Conformidades Maior” impede a certificação.

De entre os requisitos desta norma importa realçar dois para este trabalho: 1) Gestão da qualidade e segurança de alimentos e 2) Planeamento e processo de produção, mais concretamente os requisitos relativamente ao desenvolvimento de produto/modificação do produto/ modificação dos processos de produção <sup>6</sup>.

### **2.1.1 Gestão da qualidade e segurança de alimentos**

Relativamente à Gestão da Qualidade existem requisitos de documentação que devem ser cumpridos, nomeadamente, a disponibilização de documentos atualizados necessários ao cumprimento dos requisitos dos produtos, assim como as indicações dos clientes.

A base do sistema de controlo de segurança alimentar de uma empresa deve ser o sistema HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), totalmente implementado e sistematizado, de acordo com o *Codex Alimentarius* (CA). Para além disso, todos os requisitos legais dos países de origem e de destino dos produtos devem ser considerados<sup>6</sup>.

O *Codex Alimentarius* surgiu através da FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) e da WHO (*World Health Organization*), em 1962, com o objetivo de proteger os consumidores, através de práticas equitativas que facilitassem o comércio internacional. Assim, o *Codex Alimentarius* inclui normas para os produtos alimentares principais quer sejam crus, semi-processados ou processados. São incluídas cláusulas relativamente à higiene, aditivos alimentares, resíduos de pesticidas, medicamentos veterinários, contaminantes, rotulagem, métodos de análise e amostragem, entre outras <sup>7</sup>.

O sistema HACCP foi desenvolvido no final da década de 60, para um programa espacial da NASA, com o objetivo de desenvolver técnicas seguras, para o fornecimento de alimentos para os astronautas. Em 1993 através da Diretiva 93/43/CE começou a fazer

parte da regulamentação europeia tendo por base os princípios do *Codex Alimentarius*. De uma forma geral o sistema HACCP assenta numa metodologia preventiva desde o “prado até ao prato”, ou seja, tem o objetivo de evitar potenciais riscos para o consumidor, através da redução ou eliminação de perigos, para que não sejam comercializados produtos alimentares não seguros <sup>8</sup>.

O sistema HACCP deve abranger todas as matérias-primas e processos, desde a receção até à expedição do produto acabado, incluindo o seu desenvolvimento e acondicionamento.

As etapas importantes para garantir uma gestão eficaz da segurança de alimentos são:

- i. Formação da equipa de HACCP (etapa 1 do CA): esta assegura o desenvolvimento e manutenção do sistema;
- ii. Descrição do produto (etapa 2 do CA): composição, parâmetros físicos, químicos, organoléticos e microbiológicos, métodos de processamento, embalamento, tempo de prateleira, condições de armazenamento, transporte e distribuição;
- iii. Identificação do uso normal do produto por parte do consumidor (etapa 3 do CA);
- iv. Elaboração do fluxograma (etapa 4 do CA): deve existir o fluxograma de cada produto ou grupo de produtos com os pontos críticos de controlo identificados;
- v. Confirmação do fluxograma *no local* (etapa 5 do CA);
- vi. Condução da análise de perigos para cada etapa (etapa 6 do CA - princípio 1 do HACCP): deve-se considerar a provável ocorrência dos perigos e severidade dos seus efeitos adversos para a saúde;
- vii. Identificação dos pontos críticos de controlo (PCC) (etapa 7 do CA - princípio 2 do HACCP): esta determinação deve ser facilitada pela aplicação de uma árvore de decisão;
- viii. Estabelecimento dos limites críticos para cada PCC (etapa 8 do CA - princípio 3 do HACCP): identificar os pontos críticos de controlo (PCC) na fase ou fases

em que o controlo é essencial para evitar ou eliminar um risco ou para reduzi-lo para níveis aceitáveis;

- ix. Estabelecimento de um sistema de monitorização para cada PCC (etapa 9 do CA - princípio 4 do HACCP);
- x. Estabelecimento de ações corretivas (etapa 10 do CA - princípio 5 do HACCP);
- xi. Estabelecimento de procedimentos de verificação (etapa 11 do CA - princípio 6 do HACCP);
- xii. Estabelecimento da documentação e manutenção de registos (Passo 12 do CA - Princípio 7 do HACCP).

Este sistema deve ser revisto e alterado sempre que ocorrer alguma modificação no produto, processo ou etapa <sup>6</sup>.

### **2.1.2 Planeamento e processo de produção**

Relativamente ao planeamento e processo de produção importa realçar as normas IFS referentes ao desenvolvimento de produto /modificação do produto ou processo de produção. Durante a formulação de produtos e processos de produção devem ser estabelecidos e assegurados os parâmetros de processo através de testes de fábrica e de produto. Devem ser realizados testes de prazo de validade considerando a formulação do produto, embalagem, fabricação e condições. Durante as validações devem-se considerar avaliações organoléticas assim como análises nutricionais. Em caso de mudança de formulação, embalagem ou algum aspeto do processo a empresa deve garantir que os requisitos do produto se mantenham cumpridos <sup>6</sup>.

Paralelamente à obtenção da certificação da Norma IFS *Food*, a Centralrest, Lda. tem o dever de cumprir com regulamentos da comissão europeia como é o caso do Regulamento (CE) N.º 852/2004 que estabelece as regras gerais destinadas aos operadores das empresas do sector alimentar no que se refere à higiene dos géneros alimentícios <sup>9</sup>.

## 2.2 Conservação de alimentos

O processamento de alimentos surgiu há 2 milhões de anos, com o antecessor do ser humano, pré-Histórico, a cozinhar alimentos, o que constituiu a primeira forma de conservação de alimentos. Posteriormente surgiram outras formas de processamento como a fermentação, a secagem e a salga que permitiram a formação e sobrevivência de comunidades. O ser humano aprendeu inicialmente a cozinhar os alimentos, depois aprendeu a transformá-los, preservá-los e por fim armazená-los. Apesar da limitação do conhecimento científico desta época estes processos intuitivos baseados na experiência estiveram na base das técnicas de processamento alimentar mais recentes <sup>10</sup>.

Atualmente a preservação de alimentos consiste na aplicação de tecnologias e procedimentos para prevenir a deterioração dos produtos e estender o seu prazo de validade <sup>11</sup>. O prazo de validade é o período de tempo no qual i) o produto se mantém seguro ii) o produto retém as suas características sensoriais, químicas, físicas, microbiológicas e funcionais iii) o produto cumpre com as declarações nutricionais indicadas no rótulo sob as condições recomendadas <sup>12</sup>.

O pior caso de deterioração acontece quando o produto provoca doença ou mesmo a morte do consumidor <sup>12</sup>. Nos casos menos graves, a deterioração do produto resulta na perda de qualidade incluindo o seu sabor, textura e outras propriedades organolépticas. A qualidade nutricional e o aspeto visual também são afetados <sup>13</sup>.

**Tabela 1.** Mecanismos que levam à perda de qualidade de produtos alimentares. Adaptado de <sup>11</sup>

Microbiológico	Enzimático	Químico	Físico	Mecânico
Crescimento de microrganismos	Acastanhamento	Perda de cor/sabor	Cristalização	Escurecimento devido à vibração
Produção de toxinas	Alteração de cor	Aparecimento de Rancidez	Mudança de fase	Fraturas
Aparecimento de <i>Off-flavor</i>	Aparecimento de <i>Off-flavor</i>	Escurecimento não enzimático	<i>Shrinkage</i>	Danos devido à pressão
		Perda de nutrientes	Ocorrência de colapso	

Na Tabela 1 estão sistematizados os mecanismos que levam à perda de qualidade de alimentos. Pode-se dividir estes mecanismos em cinco categorias: deterioração microbiológica, enzimática, química, física e mecânica <sup>11</sup>. Existem algumas sobreposições entre as categorias e, muitas vezes, um tipo de deterioração ajuda a promover outro tipo de reações <sup>12</sup>. Os microrganismos são os que provocam maior deterioração nos alimentos, uma vez que estes se desenvolvem mais rapidamente relativamente à velocidade das reações enzimáticas, químicas e alterações físicas e mecânicas. A deterioração microbiológica deve-se não só à proliferação de microrganismos, mas também à produção de toxinas (ex: toxina emética no caso de *B. cereus* <sup>14</sup>) e aromas ou sabores desagradáveis (*off-flavors*) (ex: metilamina <sup>12</sup>) <sup>15</sup>. Relativamente às reações enzimáticas destacam-se as reações de acastanhamento enzimático (ex: enzima polifenoloxidase <sup>16</sup>), alteração de cor nos alimentos e o surgimento de *off-flavors*. Na categoria de reações químicas considera-se a oxidação lipídica também designada por rancidez, o escurecimento não enzimático (reações de *Maillard*) e a perda de nutrientes. De entre as reações físicas podemos destacar a formação de cristais de gelo em produtos alimentares congelados, mudança de fase, *shrinkage* (perda de volume devido a desidratação) e ocorrência de colapso <sup>12</sup>.

Existem fatores que influenciam o tipo e extensão de deterioração onde se inclui: temperatura, pH, atividade da água, exposição ao oxigénio e luz, nutrientes e agentes químicos.

A deterioração dos alimentos não pode ser completamente evitada; no entanto o objetivo é limitar a taxa de ocorrência destas reações nos produtos alimentares através da sua própria formulação, processamento, embalagem, armazenamento e transporte <sup>12</sup>.

### **2.3 Fatores que determinam a estabilidade dos alimentos**

Os parâmetros principais que condicionam o crescimento microbiano e por consequência determinam a estabilidade de alimentos são o pH e a atividade da água ( $a_w$ ).

O **pH** é uma característica determinada pela concentração de iões de hidrogénio e que define uma escala de acidez. Os alimentos com pH inferior a 4.6 são considerados alimentos muito ácidos enquanto que os alimentos com pH superior a esse valor são

considerados alimentos pouco ácidos (Figura 1) <sup>17</sup>. Este limite foi definido uma vez em alimentos pouco ácidos onde o patogénico mais perigoso que pode estar presente é o *Clostridium botulinum*. Em condições de anaerobiose esta bactéria ubiqüitária no solo pode crescer e produzir a toxina botulínica que é suficientemente potente para ser 65% fatal para humanos o que corresponde à sua taxa de mortalidade <sup>18</sup>. Por essa mesma razão esta bactéria é uma referência no setor alimentar.

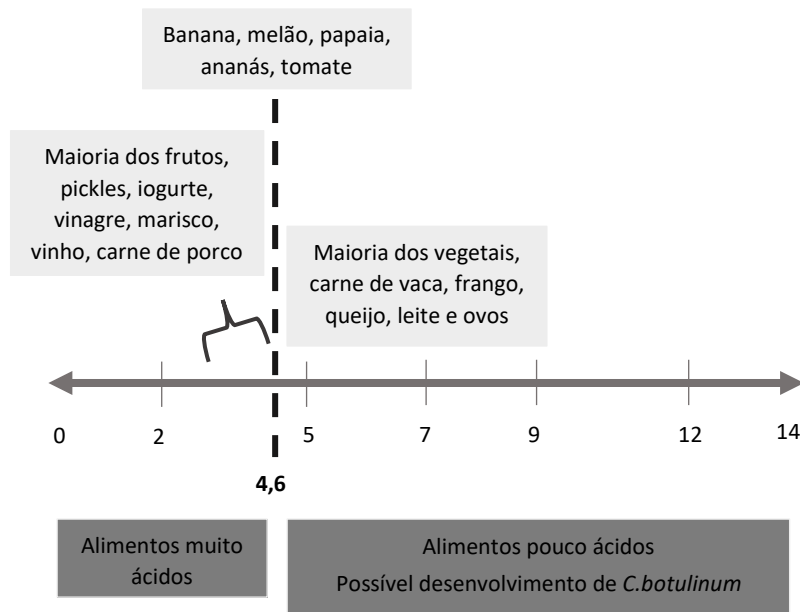
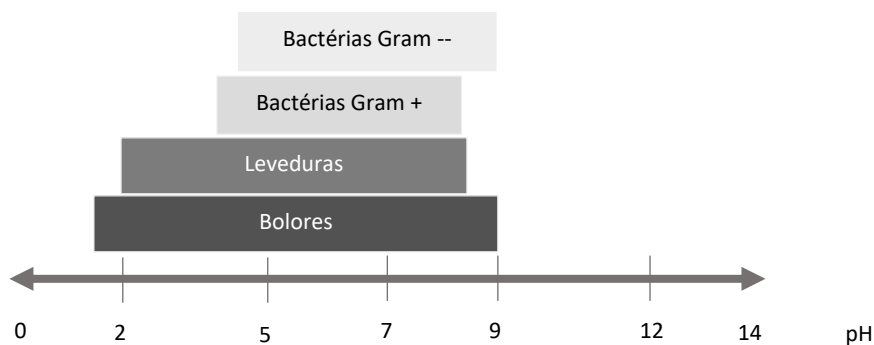


Figura 1. Valores de pH de alguns alimentos e respetiva classificação<sup>17</sup>

Por outro lado, cada tipo de microrganismo apresenta um valor de pH ótimo no qual o seu crescimento é máximo e um intervalo de valores de pH acima ou abaixo do qual o microrganismo não cresce ou apresenta uma taxa de crescimento muito baixa <sup>19</sup>. As gamas de pH para o crescimento de bolor, leveduras, bactérias Gram positivas e Gram negativas estão esquematizadas na Figura 2.





**Figura 2.** Gamas de valores de pH para os quais é possível verificar o crescimento de bolores, leveduras e bactérias Gram positivas e Gram negativas. Adaptado de <sup>17</sup>

Para além do pH, o conteúdo em água é um fator importante que condiciona a taxa de deterioração nos alimentos. Mais concretamente, a disponibilidade da água para atividade microbiana, enzimática e química determina o prazo de validade do alimento.<sup>18</sup> Esta disponibilidade da água é medida pela **atividade da água** ( $a_w$ ) que, num alimento, é definida como a razão entre a pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura (equação 1). Assim, a água pura tem uma atividade de 1 <sup>17</sup>.

$$A_w = \frac{P_s}{P_0} \quad (\text{equação 1})$$

Onde  $P_s$  é a pressão de vapor de água no alimento e  $P_0$  é a pressão de vapor da água à mesma temperatura.

A atividade de água mínima de um microrganismo é o limite abaixo do qual um microrganismo ou um grupo de microrganismos não se consegue multiplicar. Na maioria dos alimentos este limite situa-se entre 0.6 e 0.7. As bactérias patogénicas não conseguem crescer em ambientes com valores de atividade de água abaixo de 0.85-0.86. No entanto, as leveduras e os fungos são mais tolerantes e conseguem resistir a valores de atividade de água de 0.8. O valor da atividade da água pode, por exemplo, ser reduzido removendo água, adicionando um soluto ou alterando a interação água-soluto <sup>11</sup>. Na Figura 3 estão representadas as velocidades das reações de degradação em função da atividade da água.

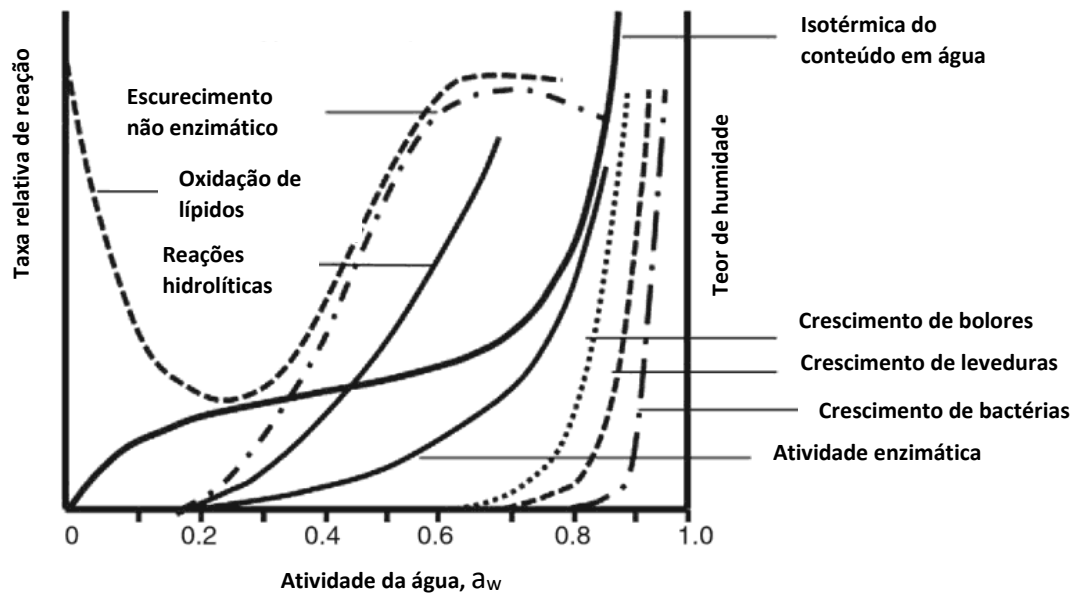


Figura 3. Mapa de estabilidade de alimentos. Adaptado de <sup>20</sup>

Quando a atividade de água é inferior a 0.3 estamos perante um alimento muito estável porque nesse ponto as reações ocorrem em pouca extensão uma vez que as moléculas de água estão muito ligadas à superfície de moléculas polares. Com o aumento da atividade da água verifica-se um aumento da velocidade das reações de degradação uma vez que a água está mais disponível para participar nas reações através da solubilização dos reagentes e respetivo aumento da mobilidade. No entanto a partir de um certo valor de atividade da água verifica-se uma diluição dos reagentes o que diminui a velocidade das reações <sup>20</sup>.

A oxidação lipídica é um tipo de reação química que, ao contrário das restantes, em valores de atividade de água baixos apresenta uma velocidade de reação considerável o que pode ser justificado por duas razões: 1) a mudança de hidratação do catalisador metálico da reação torna-o mais ativo; 2) alterações na disponibilidade e mobilidade do catalisador metálico pode move-lo para a interface lipídica aumentando a velocidade da reação <sup>21</sup>.

Tal como já tinha sido indicado anteriormente a atividade microbiana ocorre a partir de valores de atividade de água de 0.6 - 0.7 e a atividade enzimática é mais significativa a partir de valores de atividade de água de 0.7 - 0.8 <sup>20</sup>.

## 2.4 Princípios para a conservação de alimentos

As técnicas de conservação de alimentos podem ser divididas em três categorias de acordo com o seu modo de ação: (a) podem inativar diretamente bactérias, fungos, leveduras ou enzimas, (b) podem desacelerar/inibir a deterioração química e o crescimento microbiano, (c) ou evitar a recontaminação antes e depois do processamento <sup>11</sup>. Os métodos principais de cada categoria estão indicados na Tabela 2.

*Tabela 2. Técnicas de preservação de produtos alimentares. Adaptado de <sup>9</sup>*

<input type="checkbox"/> <b>Inativação</b>	<input type="checkbox"/> <b>Inibição</b>	<input type="checkbox"/> <b>Evitar a recontaminação</b>
<input type="checkbox"/> Branqueamento	<input type="checkbox"/> Congelação	<input type="checkbox"/> Embalamento
<input type="checkbox"/> Esterilização	<input type="checkbox"/> Fermentação	<input type="checkbox"/> Processamento higiênico
<input type="checkbox"/> Pasteurização	<input type="checkbox"/> Adição de conservantes	<input type="checkbox"/> Armazenamento higiênico
<input type="checkbox"/> Irradiação	<input type="checkbox"/> Secagem	<input type="checkbox"/> GMP
<input type="checkbox"/> Cozedura	<input type="checkbox"/> Revestimento da superfície	<input type="checkbox"/> HACCP
<input type="checkbox"/> Alta pressão	<input type="checkbox"/> Diminuição de oxigénio	<input type="checkbox"/> ISO 9001:2015
<input type="checkbox"/> Extrusão		

Os métodos baseados na **inativação** de microrganismos e enzimas recorrem a: processamentos com aplicação de temperaturas elevadas (ex: pasteurização, esterilização), alta pressão, ultrassons, eletricidade (microondas ou aquecimento óhmico) ou radiação. Os métodos que se baseiam no princípio da **inibição** incluem o controlo do ambiente (ex: congelação), o ajuste de propriedades intrínsecas do produto (ex: adição de sais para redução da  $a_w$ ) ou aqueles que resultam de métodos particulares de processamento (ex: fermentação). Existem outras medidas (menos diretas) que permitem **evitar a recontaminação** onde se inclui o embalamento, processamento e armazenamento higiênicos, normas de GMP (*Good Manufacturing Practices*) que estão na base do HACCP e da norma ISO 9001:2015. Esta é a norma mais recente da família das ISO 9000 que no seu conjunto foram o primeiro sistema global de gestão de qualidade criado para melhorar e

uniformizar o comércio internacional. De uma forma geral inclui um foco na posição do cliente, motivação/implicação de uma gestão de topo e melhoria contínua do processo. A implementação desta norma ajuda a garantir que o cliente adquira um produto/serviço de boa qualidade e com consistência o que traz benefícios para o negócio no futuro <sup>11,22</sup>.

Os fatores que devem ser considerados antes de selecionar um ou vários processos de preservação são as características desejáveis do produto, a economia do processo e impacto ambiental do processo <sup>11</sup>.

## **2.5 Processos combinados (Efeito *hurdle*)**

A segurança e o tempo de prateleira de muitos produtos não resultam apenas de uma técnica de conservação, mas da combinação do efeito de vários mecanismos <sup>23</sup>. Por exemplo em alimentos tradicionais como compota de fruta estamos perante a conjugação de calor, atividade de água baixa e elevada acidez <sup>18</sup>. As possibilidades dependem do tipo de produto: podemos combinar a secagem com adição de conservantes químicos ou pasteurização seguida de embalagem e armazenamento refrigerado <sup>10</sup>.

O conceito de conservar alimentos através da combinação de várias técnicas foi proposto por Leistner em 1995 com o nome de “Efeito *hurdle*”. Com a combinação de *hurdles* (barreiras) a intensidade de aplicação de cada técnica individual é mantida baixa o que minimiza a perda de qualidade do produto. A definição deste conceito permite estudar as interações entre a temperatura, pH, atividade da água, conservantes químicos, etc. <sup>18</sup>.

Assim apesar de se conservarem alimentos há muitos anos, com recurso a vários fatores e em diferentes culturas, o conceito do “efeito *hurdle*” é relativamente recente.

## 2.6 Fatores que afetam a resistência dos microrganismos ao calor

Os principais fatores que afetam a resistência dos microrganismos ao calor são os seguintes:

- i. **Tipo de microrganismo:** a resistência é diferente de espécie para espécie e é maior em esporos relativamente a células vegetativas <sup>24</sup>;
- ii. **Humidade/ atividade de água:** a resistência térmica de microrganismos aumenta com a diminuição da humidade/atividade de água uma vez que a desnaturação de proteínas (que se relaciona diretamente com a morte celular) ocorre mais rapidamente com calor húmido. O mecanismo específico que justifica que a água facilita a desnaturação de proteínas pelo calor não está completamente clarificado mas a razão que se aponta tem a ver com a formação de grupos -SH livres que aumentam a capacidade de ligação com água das proteínas. A presença da água facilita a quebra das ligações peptídicas por ação do calor <sup>25</sup>;
- iii. **Composição do meio:** a presença de proteínas, lípidos ou sacarose aumenta a resistência térmica dos microrganismos <sup>24</sup>;
- iv. **pH:** os microrganismos são mais resistentes ao calor no seu pH ótimo de crescimento que normalmente corresponde ao pH neutro. Quando o pH é superior ou inferior a este valor verifica-se um aumento da sensibilidade ao calor, o que, no caso de alimentos muito ácidos, é uma vantagem uma vez que é necessário aplicar menos calor para atingir a esterilidade quando comparado com alimentos com pH perto da neutralidade <sup>25</sup>;
- v. **Temperatura de crescimento:** a resistência térmica de microrganismos (especialmente os formadores de esporos) tem tendência a aumentar com a subida da temperatura de incubação devido à seleção genética que favorece o crescimento das estirpes mais resistentes <sup>25</sup>;
- vi. **Número de microrganismos:** quanto maior o número de microrganismos mais resistência térmica se verifica o que pode ser justificado pela produção de substâncias protetoras como proteínas, maior probabilidade de estarem presentes organismos com diferentes graus de resistência ao calor <sup>25</sup>.

## 2.7 Processamento térmico

A aplicação industrial do processamento térmico surgiu com o *Nicolas Appert* (1749-1841) que demonstrou que é possível preservar alimentos durante longos períodos de tempo aquecendo-os em recipientes de vidro e cortiça hermeticamente fechados. No início do século XIX *Peter Durand* introduziu o conceito das latas de metal. Mais tarde, *Louis Pasteur* demonstrou a relação entre a destruição térmica dos microrganismos e a preservação de alimentos <sup>10,23</sup>.

O objetivo principal do processamento térmico de alimentos é reduzir ou destruir as atividades enzimática e microbiana <sup>26</sup>. O efeito conservante do calor é justificado pela inativação de enzimas que catalisam as reações enzimáticas no próprio alimento e que catalisam também as reações do metabolismo dos microrganismos <sup>18</sup>.

Dependendo da intensidade, o processamento térmico de alimentos compreende quatro processos:

- i. **Branqueamento:** processo de pré-aquecimento de alimentos através da imersão em água ou vapor (2-3 minutos a uma temperatura inferior a 100°C). Normalmente é aplicado em alimentos que vão ser posteriormente enlatados, desidratados ou congelados. Tem como principal objetivo inativar ou reduzir a atividade das enzimas que ocorrem naturalmente nos alimentos e que catalisam alterações de sabor, textura ou cor <sup>10</sup>.
- ii. **Cozedura:** processamento térmico utilizado para obter alimentos com características específicas e simultaneamente reduzir o número de microrganismos o que leva ao aumento do tempo de conservação <sup>11,14,23,27</sup>.
- iii. **Pasteurização:** processamento térmico a temperaturas relativamente moderadas (normalmente <100 °C). Este processo destrói patogénicos e inativa bactérias vegetativas e enzimas de forma a obter produtos alimentares seguros. No entanto tem pouca influência nos esporos <sup>10,28</sup>.
- iv. **Esterilização:** processamento térmico a elevada temperatura (>100 °C) que destrói todas as formas de microrganismos incluindo esporos. Este tipo de processamento permite obter produtos com estabilidade prolongada <sup>23,28,29</sup>.

As condições do processamento térmico são relativamente fáceis de controlar e alguns alimentos sujeitos a processamentos térmicos mais severos como a esterilização não necessitam de refrigeração posterior<sup>18</sup>. O pH dos alimentos determina a severidade do tratamento térmico que é necessário atingir para obter um produto seguro. Neste sentido nos alimentos muito ácidos o pH constitui uma barreira para o crescimento microbiano pelo que as condições impostas não precisam de ser muito severas, por outro lado nos alimentos poucos ácidos o pH não constitui uma barreira e por conseguinte as condições impostas devem ser mais severas<sup>30,31</sup>.

### 2.7.1 Cinética de inativação térmica de microrganismos

A cinética de inativação de microrganismos é muito importante no *design* de processos de tratamento térmico de alimentos uma vez que neste tipo de processos é esperada uma perda substancial de viabilidade celular. Numa população inicial de microrganismos existentes num dado alimento, à qual são impostas determinadas condições de *stress* (temperatura, por exemplo), não ocorre a inativação de todas as células em simultâneo. Em vez disso, a inativação das culturas ocorre ao longo do tempo e depende do número inicial de células viáveis e da severidade das condições impostas<sup>32</sup>.

A perda da viabilidade celular pode ser descrita matematicamente por uma cinética de primeira ordem (equação 2):

$$\frac{-dN}{dt} = K_T N \quad (\text{equação 2})$$

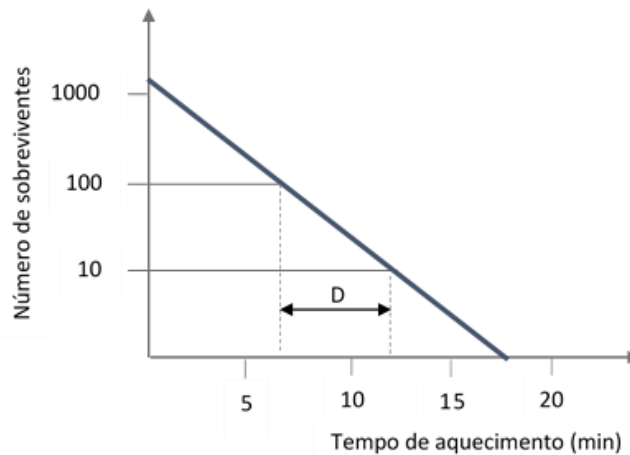
Onde N é o número de microrganismos sobreviventes após o processamento e  $K_T$  é a constante cinética da reação ( $s^{-1}$ ).

Integrando e rescrevendo a equação obtemos:

$$\log_{10} \left( \frac{N}{N_0} \right) = \frac{-t}{D} \quad (\text{equação 3})$$

Onde  $D=2.303/K_T$ , t é o tempo de processamento e  $N_0$  é o número inicial de microrganismos<sup>23,29</sup>.

O tempo necessário para destruir 90% dos microrganismos existentes é o **tempo de redução decimal** ou **valor D** (5 minutos na Figura 4). Este valor difere entre espécies de microrganismos e um valor elevado indica que esse microrganismo tem uma elevada resistência ao calor <sup>18</sup>.



*Figura 4. Curva de mortalidade. Adaptado de <sup>23</sup>*

Com base na definição do valor de **D** surgem algumas conclusões: quanto maior for o número inicial de microrganismos mais tempo é necessário para reduzir o número de microrganismos para um número aceitável o que demonstra a importância da qualidade das matérias primas e das condições de higiene anteriores ao processamento<sup>24</sup>.

Teoricamente é impossível destruir todos os microrganismos; por isso, o tratamento térmico reduz a probabilidade de surgir um patogénico num dado alimento <sup>24,26</sup>. Se inicialmente temos 1000 microrganismos presentes numa lata após processamento térmico de 12 ciclos logarítmicos ou 12 D ficamos com  $10^{-9}$ , ou seja, existe a probabilidade de termos 1 microrganismo em  $10^9$  latas.<sup>18</sup>



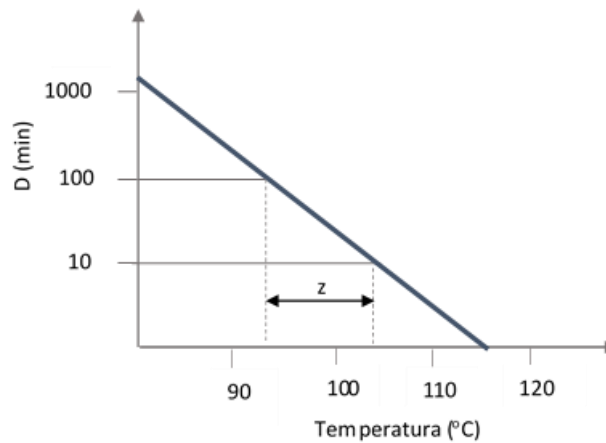


Figura 5. Curva de morte térmica. Adaptado de<sup>9</sup>

A destruição de microrganismos é dependente da temperatura, ou seja, quanto maior for a temperatura menos tempo é necessário para destruir as células. Neste sentido ao desenhar o gráfico dos valores de **D** (escala logarítmica) em função da temperatura obtém-se a curva de morte térmica. O declive desta reta é o valor **z** que é definido como o número de graus Celsius necessários para provocar uma alteração de dez vezes no tempo de redução decimal (10 °C na Figura 5).

Os valores de **D** e **z** são utilizados para caracterizar a resistência dos microrganismos ao calor<sup>18</sup>.

O efeito da temperatura no valor de **D** é descrito pela seguinte equação:

$$\log_{10} \left( \frac{D_T}{D_{ref}} \right) = \frac{D_{ref} - T}{z} \quad (\text{equação 4})$$

Onde  $D_T$  é o valor de **D** à temperatura **T** e o  $D_{ref}$  é o valor de **D** calculado para a temperatura  $T_{ref}$ .

A razão entre  $D_T$  e **D** é a taxa de letalidade (**L**).

O valor **F** de um processo é definido como o tempo necessário para atingir uma certa redução no número de microrganismos a temperatura constante. As equações 5 e 6 permitem calcular o valor de **F**:

$$F_{T_{ref}}^z = \int_0^t L_t dt = \int_0^t \left(10^{\frac{T-T_{ref}}{z}}\right) dt \quad (\text{equação 5})$$

$$F_{T_{ref}}^z = -D_{ref} \log \frac{N}{N_0} \quad (\text{equação 6})$$

Para um processo a temperatura constante a equação 6 reduz-se à equação 7:

$$F_{T_{ref}}^z = 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} t \quad (\text{equação 7})$$

O conceito de **F** é particularmente útil para comparar processos térmicos com diferentes combinações de tempo/temperatura <sup>23</sup>.

O valor **F** a uma temperatura de referência de 121.1 °C e um valor de *z* de 10 °C é referido como  $F_0$ . Tal como dito anteriormente, o microrganismo mais preocupante nos alimentos pouco ácidos é o *Clostridium botulinum* que tem um tempo de redução decimal  $D_{121.1}$  de 0.21 minutos. Assim, para os processos em que *C. botulinum* é o microrganismo alvo o valor  $F_0$  representa o tempo de processo necessário para atingir 12 reduções decimais na população deste microrganismo a 121.1 °C. Este processo designa-se por *bot cook*. O valor de  $F_0$  para o *bot cook* é 2.52 minutos (12 x 0.21). O  $F_0$  de 2.52 minutos indica que o processamento utilizado é equivalente ao alimento estar exposto a 121.1 °C durante 2.52 minutos. No entanto existem muitas combinações possíveis de tempo/temperatura que são equivalentes a este valor de  $F_0$  <sup>29</sup>.

Um conceito semelhante a  $F_0$  que se utiliza para determinar o tratamento térmico de produtos são as unidades de pasteurização (PU, do inglês *pasteurisation units*) - 1 PU equivale a 1 minuto a 60 °C.

Apesar de  $F_0$  ser baseado numa temperatura de referência num processo real a temperatura do produto não é constante: o produto é lentamente aquecido, é mantido a uma temperatura constante por um intervalo de tempo e depois é arrefecido. Tanto o período de aquecimento como o de arrefecimento contribuem para a severidade do processo e por isso é crucial calcular o impacto do processamento na sua totalidade <sup>33</sup>.

$$L = 10^{\frac{T-T_0}{z}} \text{ (equação 8)}$$

Para calcular o  $F_0$  deste processo é necessário somar a contribuição de cada variação da temperatura e converter num valor equivalente de  $F_0$  recorrendo ao cálculo do fator de letalidade ou valor  $L$  através da equação 8.

### 2.7.2 Pasteurização

Como referido anteriormente a pasteurização é um processamento térmico a temperatura moderada (<100°C) capaz de inativar células vegetativas de microrganismos e enzimas mas tem muito pouco efeito ao nível dos esporos<sup>23,29</sup>.

A pasteurização pode ser realizada de duas formas: 1) após o embalamento do produto ou 2) antes do embalamento. No caso da pasteurização ocorrer após o embalamento existe o método descontínuo no qual o produto é imergido no banho de água ou aquecido por ação de vapor e o método contínuo que consiste numa calha longa com uma correia que transporta o produto para as zonas de aquecimento a vapor e no fim a zona de arrefecimento<sup>34</sup>.

Podem ser utilizadas diferentes combinações de tempo e temperatura para pasteurizar determinado produto. Existem três categorias: i. *LTLT Low-Temperature, Long-Time* (63 °C durante 30 min); ii. *HTST High-Temperature, Short-Time* (72 °C durante 15 s); iii. *Ultrapasteurização* (135 °C durante 2 s a 2 min)<sup>29</sup>.

Para estabelecer um processo de pasteurização é essencial determinar o microrganismo mais resistente que constitui uma ameaça para a saúde pública para que o processo de pasteurização inative esse microrganismo. O processo deve ser projetado de forma a garantir um efeito letal no ponto de aquecimento mais lento do produto de forma a que, nas restantes zonas do produto, o microrganismo alvo seja inativado<sup>16</sup>.

No passado, a bactéria *Mycobacterium tuberculosis* era considerada o microrganismo alvo para os processos de pasteurização de leite. No entanto, ultimamente, esta bactéria foi substituída pela *L. monocytogenes* que passou a ser o microrganismo alvo em processos de pasteurização de produtos cárneos, marisco e vegetais. Uma vez que a

pasteurização não permite inativar os esporos de *C. botulinum* os produtos pasteurizados requerem refrigeração imediata após a pasteurização principalmente se o pH destes produtos for superior a 4,6, a atividade da água superior a 0,92 e houver zonas de anaerobiose <sup>35</sup>.

*C. botulinum* é uma bactéria Gram-positiva formadora de esporos e produtora de neurotoxinas. Com base nas suas características serológicas e culturais, as espécies de *C. botulinum* são divididas em quatro subgrupos sendo ainda consideradas sete tipos de toxinas, classificadas de A a G (Tabela 3). Em Portugal, a maioria dos casos descritos estão associados à ingestão de toxina de tipo B <sup>36,37</sup>.

**Tabela 3.** Características dos subgrupos de *C. Botulinum*. Adaptado de <sup>34,35</sup>

Subgrupo	Tipo de toxina	Fisiologia
I	A, B, F	Proteolítico, mesófilo
II	B, E, F	Não proteolítico, psicotrófico
III	C, D	Não proteolítico
IV	G	Ligeiramente proteolítico

Existem três tipos de mecanismos através dos quais os microrganismos provocam contaminação: **i) infecção** que é causada pela ingestão de alimentos que contêm microrganismos vivos capazes de causar doença, exemplo: *Salmonella spp.* causa *Salmonelose*; **ii) intoxicação** que é causada pela ingestão de alimentos que contêm toxinas pré-formadas, exemplo: *C. botulinum*; **iii) Infecção mediada por toxinas ou toxico-infecção** que é causada por toxinas produzidas no corpo pelo microrganismo ingerido com o alimento, exemplo: *C. perfringens* <sup>38</sup>.

De uma forma geral, os microrganismos potencialmente patogénicos que devem ser incluídos na avaliação de risco são: *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* não proteolítico, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus* e *Yersinia enterocolitica*. Tendo em conta a distribuição e armazenamento de produtos pasteurizados estes microrganismos são os que se devem considerar uma vez que têm temperaturas mínimas de crescimento inferiores a 7.2 °C <sup>16</sup>.

**Tabela 4.** Valores de D (inferiores a 1 minuto) para microrganismos psicotróficos a temperaturas de pasteurização; do lado esquerdo a cinzento claro são microrganismos não formadores de esporos; a branco são microrganismos deteriorantes não formadores de esporos e do lado direito a cinzento escuro são microrganismos patogênicos formadores de esporos. Adaptado de <sup>15</sup>

	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C	95°C	>95°C
<i>Listeria monocytogenes</i>										
<i>Escherichia coli</i>										
<i>Salmonella spp.</i>										
<i>Yersinia enterocolitica</i>										
<i>Aeromonas hydrophila</i>										
<i>Mycobacterium avium</i>										
Lactic acid bacteria										
Yeast										
<i>Clostridium botulinum</i> (nonproteolytic type B)										
<i>Bacillus cereus</i>										
<i>Coxiella burnetii</i>										

Na Tabela 4 estão sumariadas as temperaturas que causam uma redução decimal no espaço de 1 min nos microrganismos enumerados anteriormente.

Analisando a Tabela 4 é possível concluir que o *C. botulinum* (não proteolítico tipo B) e *B. cereus* são as bactérias que podem surgir em alimentos pouco ácidos pasteurizados com a maior resistência térmica (valores D mais elevados).

De acordo com a ECFF (*European Chilled Food Federation*) as práticas mais comuns para alimentos congelados tratados termicamente é atingir 6 reduções decimais em *L. monocytogenes* (este tratamento também controla outros patogênicos vegetativos) ou atingir 6 D em *C. botulinum* (neste caso o tratamento não controla outros patogênicos formadores de esporos como *B. cereus*).

Para a pasteurização de alimentos pouco ácidos, a ECFF recomenda 70 °C durante 2 minutos para atingir os 6 D de *L. monocytogenes* que se reflete num prazo de validade máximo de 10 dias a 5 °C. Um processo de pasteurização de 90 °C durante 10 minutos com o objetivo de atingir 6 D de *C. botulinum* permite obter um prazo de validade máximo de 6 semanas a 5 °C <sup>16</sup>.

### 2.7.3 Qualidade dos produtos tratados termicamente

Atualmente a maioria dos problemas relacionados com contaminações microbianas e preservação de alimentos são solucionados com recurso a técnicas de preservação onde está incluído o processamento térmico. No entanto este tipo de processos (ex: pasteurização) leva a uma perda de nutrientes, alterações físicas e químicas como as reações de *Maillard* <sup>39</sup>.

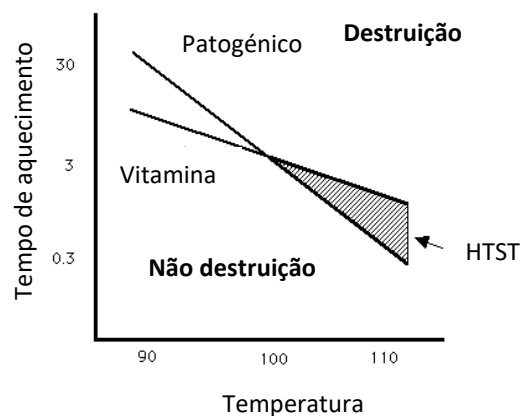
A destruição de nutrientes e inativação de enzimas segue uma cinética semelhante à cinética de destruição dos microrganismos, ou seja, uma cinética de primeira ordem. Como tal, cada nutriente/enzima tem um valor D e z associado (Tabela 5) <sup>29</sup>.

*Tabela 5. Valores D e z para enzimas e atributos de qualidade a uma temperatura de 121,1 °C. Adaptado de <sup>23, 28</sup>*

Enzima ou atributo de qualidade	Temperatura (°C)	Valor D (min)	Valor z (°C)
Tiamina (em ervilhas)	121,1	164	26,1
Tiamina (em carne de ovelha)	121,1	120	25
Lisina (em farinha de soja)	121,1	786	21,1
Clorofila (puré de espinafres)	121,1	13,9	45
Peroxidase (em ervilhas)	110-138	3	37,2
Textura (em ervilhas)	121,1	1,4	32,2
Cor (feijão verde)	121,1	21	38,9
Esporos de <i>C. Botulinum</i> tipo A+B	104	0,1-0,3	5,5-10

Na Tabela 5 verifica-se que os valores D e z da destruição dos atributos nutricionais e de qualidade dos produtos são bastante elevados quando comparados com os valores para os Esporos de *C. Botulinum* tipo A+B.

O objetivo do processamento de alimentos é obter produtos seguros capazes de reter os nutrientes e atributos de qualidade numa extensão aceitável. Na Figura 6 estão representados os perfis de tempo - temperatura da destruição de microrganismos e atributos de qualidade como as vitaminas.



*Figura 6. Alterações no perfil de tempo-temperatura para a destruição de microrganismos patogênicos e vitaminas*

Na Figura 6, podemos ver, acima e à direita de cada linha os microrganismos ou os fatores de qualidade são destruídos enquanto abaixo e à esquerda de cada linha os microrganismos ou os fatores de qualidade não são destruídos.

Os valores **D** e **z** da destruição dos atributos nutricionais e de qualidade dos produtos são geralmente superiores aos valores dos microrganismos. Assim, surge uma região indicada na Figura 6 como HTST onde os patogênicos são destruídos enquanto as vitaminas são mantidas. Por esta razão o processamento de alimentos a temperatura elevada e tempos curtos permite atingir a inativação extensiva de microrganismos e melhor retenção dos atributos de qualidade <sup>29</sup>.

Os vegetais, em particular, são objeto de estudo relativamente aos efeitos da pasteurização na qualidade dos mesmos, nomeadamente a cor, textura, carotenoides, compostos fenólicos, vitaminas e antioxidantes <sup>16,35</sup>.

A cor e a textura, em particular, são as características que têm um papel preponderante na aceitação dos produtos pelos consumidores. A cor dos vegetais é justificada pela presença de clorofilas, antocianinas e carotenoides (onde se inclui o licopeno). A descoloração dos vegetais durante o processo de pasteurização ocorre devido ao acastanhamento enzimático e não enzimático. A perda de textura, por outro lado, é justificada pela quebra das membranas celulares e degradação da parede celular devido a alterações na estrutura e composição da pectina <sup>16</sup>.

De entre as vitaminas presentes nos vegetais, o ácido ascórbico (vitamina C) é o mais termolábil e facilmente oxidado pela oxidase do ácido ascórbico. A destruição desta vitamina é mais extensa quanto maior for o tempo e temperatura de processamento.

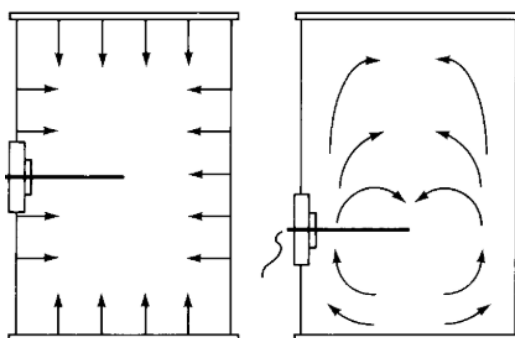
As antocianinas são compostos bioativos responsáveis pelos tons vermelho, azul ou roxo dos vegetais e frutas. A degradação destes compostos resulta da oxidação e quebra de ligações covalentes durante o processamento térmico e ocorre rapidamente a temperaturas de pasteurização <sup>35</sup>.

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis presentes nos vegetais amarelos, laranja e verde escuro <sup>35</sup>. Ao contrário das antocianinas, os carotenoides são relativamente estáveis durante processos de pasteurização <sup>16</sup>.

#### 2.7.4 Transferência de calor no processamento térmico

O processamento térmico envolve a transferência de calor desde a superfície até ao interior do alimento. No caso de alimentos que são pasteurizados após o embalamento e hermeticamente fechados o calor é transferido desde o meio (vapor da câmara) para a superfície da embalagem, depois é transferido dentro da embalagem e por fim atinge o ponto de aquecimento mais lento <sup>23</sup>.

O calor é transferido por condução e/ou convecção: os alimentos sólidos, que têm pouca mobilidade, são aquecidos por condução (Figura 7 a); nos alimentos líquidos (fluido em movimento) o calor é transferido por condução e convecção (Figura 7b). No caso de produtos que consistem em partículas sólidas num meio líquido, o calor é transferido da embalagem para o meio líquido e daí para os componentes sólidos <sup>23</sup>.



*Figura 7. Calor transferido nas embalagens: condução (esquerda) b) convecção (direita). Adaptado de <sup>18</sup>*



Para um produto que é aquecido por condução numa lata cilíndrica, o ponto de aquecimento mais lento ou ponto frio coincide com o centro geométrico da lata. Para um produto nas mesmas condições mas que aquece por convecção o ponto de aquecimento mais lento situa-se entre o centro geométrico e a base da lata <sup>29</sup>. Se o produto se tratar de partículas sólidas num meio líquido de baixa viscosidade o ponto de aquecimento mais lento está distribuído pelo centro das partículas sólidas <sup>23</sup>. Este último caso coincide, por exemplo, com as refeições prontas de Almôndegas (partículas sólidas) com molho de tomate (líquido de baixa viscosidade).

Os fatores que influenciam a transferência do calor nos produtos são os seguintes:

- i. Tipo de produto: os produtos líquidos aquecem mais rapidamente do que os produtos sólidos uma vez que as correntes de convecção facilitam o seu aquecimento. No caso dos alimentos que são aquecidos por condução o que limita o aquecimento é a baixa condutividade térmica dos alimentos;
- ii. Tamanho do recipiente: o calor é transferido mais rapidamente para o centro geométrico de recipientes pequenos comparativamente com recipientes maiores;
- iii. Tipo de recipiente: o calor penetra mais rapidamente em metal comparativamente com vidro ou plástico que são materiais com menor condutividade térmica;
- iv. Agitação do recipiente: a agitação promove a convecção natural e melhora a taxa de aquecimento do produto;
- v. Temperatura: uma diferença maior entre a temperatura do produto e do meio causa uma taxa de aquecimento mais rápida <sup>18</sup>.

## **2.8 Conservação a temperaturas reduzidas**

A conservação de alimentos a baixa temperatura engloba dois processos distintos: refrigeração e congelação. A refrigeração consiste na aplicação de temperaturas entre 0 °C e 8 °C, ou seja, temperaturas acima do ponto de congelação dos alimentos enquanto que a congelação utiliza temperaturas inferiores a este ponto, ou seja, na ordem de -18 °C a -10 °C <sup>10,23</sup>.

A preservação de alimentos a baixa temperatura é justificada pela redução da mobilidade molecular que conseqüentemente retarda as reações bioquímicas e os processos biológicos. Ao contrário do processamento térmico, a temperatura baixa não destrói os microrganismos ou enzimas, apenas reprime a sua atividade <sup>23</sup>.

### **2.8.1 Refrigeração**

Na gama de temperaturas de refrigeração o período de adaptação dos microrganismos (fase *lag*) é maior, a taxa de crescimento na fase logarítmica é menor o que, no seu conjunto, contribui para um menor número de microrganismos no final do tempo de armazenamento<sup>38</sup>.

De acordo com o efeito da temperatura na atividade microbiana podemos agrupar os microrganismos em quatro categorias: termófilos que possuem temperaturas ótimas entre 55 °C e 65 °C, mesófilos (entre 30 °C e 45 °C), psicotróficos (entre 20 °C e 30 °C) e psicotrófilos (entre 12 °C e 15 °C) <sup>23</sup>. Em produtos refrigerados deve-se ter particular atenção aos microrganismos psicotróficos e psicotrófilos uma vez que têm temperaturas mínimas de crescimento entre -5 °C e 5 °C.

Na Tabela 6 estão enumerados microrganismos e a sua respetiva temperatura mínima e ótima de crescimento. Para além do tipo de microrganismos a temperatura mínima de crescimento também depende do tipo de alimento em questão. Apesar de vários patogénicos crescerem a temperaturas inferiores a 0 °C o risco de segurança alimentar é bastante reduzido a temperaturas inferiores a 5 °C.

**Tabela 6.** Temperaturas mínima e ótima para o crescimento de microrganismos patogênicos. Adaptado de <sup>35,38,39</sup>

Microrganismo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura ótima (°C)
<i>Campylobacter spp.</i>	30	42 - 43
<i>Clostridium perfringens</i>	12	43-47
<i>Clostridium botulinum</i> proteolítico	10	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	-
<i>E. coli</i> O157:H7	6 - 7	42
<i>Salmonella spp.</i>	5	35 - 43
<i>Bacillus cereus</i>	5	-
<i>Clostridium botulinum</i> não proteolítico	3	-
<i>Aeromonas hydrophila</i>	-0.1 - 1.2	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	-1 - 0	30 - 37
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-2	28 - 29
<i>V. parahaemolyticus</i>	5	37

No entanto, e de acordo com a Tabela 6, *C. botulinum* não proteolítico, *A. hydrophila*, *L. monocytogenes* e *Y. enterocolitica* continuam a representar um risco para os produtos refrigerados <sup>41</sup>.

## 2.8.2 Congelação

Quando os produtos alimentares são congelados a água presente separa-se dos outros componentes na forma de cristais de gelo fazendo com que a restante porção fique mais concentrada em termos de solutos. Neste sentido pode-se comparar a congelação com a concentração ou secagem <sup>23</sup>.

Por outro lado, esta concentração devido à congelação acelera reações como a desnaturação de proteínas, oxidação lipídica e destruição de estruturas coloidais como géis e emulsões nos alimentos. Alterações físicas como a formação de cristais de gelo grandes, a expansão ou a alteração do equilíbrio osmótico entre as células e o seu ambiente induz modificações irreversíveis nos alimentos.

De uma forma geral o processo de congelação afeta ligeiramente o valor nutricional, o sabor e a cor e o principal fator de qualidade que é afetado é a textura, devido à formação de cristais de gelo. No entanto é aceite que os danos da congelação são minimizados se este processo ocorrer de forma rápida <sup>23</sup>.

De acordo com o Instituto Internacional de Refrigeração o processo de congelação está dividido em três etapas de acordo com as alterações de temperatura (Figura 8):

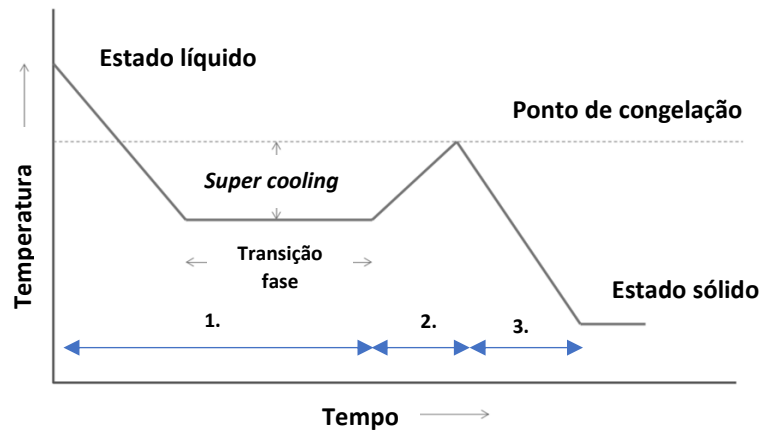


Figura 8. Perfil de temperatura durante a congelação de alimentos. Adaptado de <sup>42</sup>

Tal como se pode observar, na etapa:

1. Dá-se o arrefecimento do produto até à temperatura de congelação. Neste ponto o estado líquido e o sólido estão em equilíbrio e começam a aparecer os primeiros cristais de gelo. O calor sensível é libertado dos alimentos, a água presente é removida na forma de gelo. Uma vez que a fração do calor sensível é baixa esta fase de arrefecimento é rápida (reta com declive acentuado na Figura 8)
2. Ocorre o aumento ligeiro da temperatura do produto imediatamente após a nucleação (formação de um núcleo de moléculas de água necessário para a posterior formação de cristais de gelo), que corresponde à remoção do calor latente. Nesta fase a maior parte da água presente está congelada.
3. A temperatura do produto é reduzida até à temperatura final de congelação. Uma pequena quantidade de calor é libertada nesta fase e a maior parte da água restante congela nesta fase <sup>42</sup>.

A velocidade de congelação afeta a formação dos cristais de gelo: uma taxa de arrefecimento rápida promove mais nucleação o que se traduz num maior número de cristais de menores dimensões. Neste caso resultam menos danos físicos para a estrutura e textura dos alimentos <sup>29</sup>.

Na indústria alimentar a forma de congelação mais comum é o túnel/câmara de congelação através da incorporação de ar frio. Apesar de ser uma forma lenta de arrefecer comparativamente com as técnicas de imersão, vácuo ou através de permutadores de calor de placas, o túnel/câmara é higiénico, económico e versátil uma vez que permite arrefecer diferentes produtos simultaneamente. O tempo de congelação pode ser reduzido aumentando a velocidade do ar frio que circula na câmara/túnel.

Apesar das desvantagens que existem, o método de congelação permite obter produtos com qualidade microbiológica, organolética e nutricional superiores a produtos que são submetidos a secagem ou esterilização em lata, por exemplo <sup>42</sup>.

## **2.9 Produtos embalados pasteurizados e refrigerados/ultracongelados**

Produtos alimentares de conveniência são definidos como alimentos preparados parcial ou totalmente na empresa processadora de alimento de forma a transferir o tempo de preparação, habilidades culinárias e energia consumida na cozinha de casa, para a empresa. Existem diversos sistemas de categorização para alimentos de conveniência. Segundo Costa et al. (2001), existem quatro categorias de alimentos de conveniência: 1) *Ready-To-Eat* (RTE) onde se incluem produtos prontos a comer tais como produtos de *take-away*, saladas, tartes, etc.; 2) *Ready-To-Heat* (RTH) são produtos que necessitam de até 15 minutos de aquecimento, antes de serem consumidos, como é o caso de pizzas, refeições refrigeradas/congeladas, alimentos desidratados ou enlatados; 3) *Ready to end-cook* (RTEC) como é o caso de lasanhas refrigeradas/congeladas e pratos de massa desidratados que necessitam de mais de 15 minutos, de aquecimento, antes de serem consumidos; 4) *Ready-to-cook* (RTC) inclui produtos minimamente preparados nos quais é necessário cozinhar um ou mais componentes <sup>43</sup>. A classificação dos produtos RTH e RTEC tendo em conta o limite de 15 minutos, pode variar de acordo com o tamanho do produto, por exemplo, se um produto for de 2 kg necessita de mais de 15 minutos para aquecer mas mantém-se na classificação de RTH e não RTEC.

Existem produtos que são classificados como *sous-vide*, *cook-chill* ou *Refrigerated Processed Foods of Extended Durability* (REFPEDs) (o acrónimo também é utilizado em

inglês para significar *refrigerated-pasteurised-foods-for-extended-durability* que significa alimentos pasteurizados refrigerados com durabilidade alargada). Estes produtos são cozinhados e embalados e, posteriormente, conjugam-se as técnicas de pasteurização e conservação a temperatura reduzida que evitam a necessidade de utilizar conservantes<sup>37,44,45</sup>.

Tendo em conta as classificações descritas anteriormente, os produtos da Centralrest, Lda. são maioritariamente refeições RTH, RTEC ou REPFED. Após a confeção dos produtos, estes são embalados e pasteurizados a temperatura moderada (85 °C) e posteriormente rapidamente arrefecidos e armazenados.

Apesar do processamento térmico sofrido pelos alimentos é importante realçar que estes produtos não são estéreis, pelo que a validade depende do tratamento térmico aplicado e da temperatura de armazenamento. As propriedades intrínsecas do alimento (pH,  $a_w$ , etc.) também contribuem para a extensão do seu prazo de validade que pode chegar aos 42 dias<sup>37</sup>.

## **2.10 Validação do prazo de validade proposto para um produto alimentar**

Como definido no ponto 2.2 a validade de um produto alimentar é o período durante o qual o produto é seguro e retém as suas características sensoriais, químicas, físicas, microbiológicas e funcionais. Neste sentido, o prazo de validade é uma propriedade multifacetada e muito importante tanto para o produtor como para o consumidor.

A segurança e a qualidade alimentar são os dois aspetos essenciais para um prazo de validade aceitável e não é possível obter um produto inseguro com qualidade por isso se diz que a qualidade e a segurança são dois conceitos indissociáveis.

Validar o prazo de validade de um produto passa por obter provas que esse prazo está correto, ou seja, que o produto alimentar mantém a sua segurança e qualidade nesse período. Não existe um método genérico para estimar e definir o prazo de validade de um produto, uma vez que existem muitos fatores que condicionam a estabilidade do produto<sup>46</sup>.

As etapas possíveis para se estabelecer o prazo de validade de um produto alimentar encontram-se esquematizadas na Figura 9.

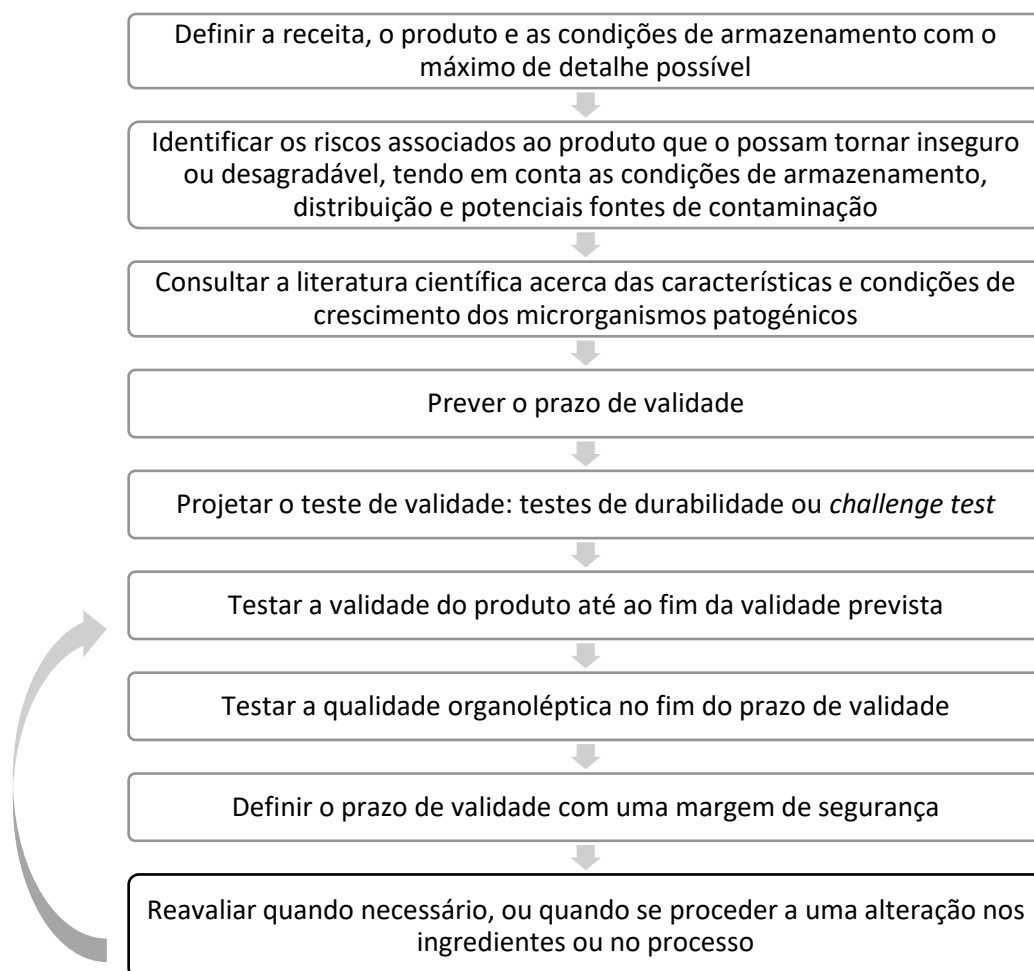


Figura 9. Boas práticas em estimar, validar e estabelecer a validade de produtos. Adaptado de <sup>46,47</sup>

Uma forma de prever a validade de produtos alimentares é através da microbiologia preditiva que utiliza modelos matemáticos e *software* para descrever graficamente a resposta de microrganismos a características intrínsecas e extrínsecas do produto. No entanto esta abordagem não substitui as análises laboratoriais e assim surgem duas abordagens diferentes: *challenge test* e testes de durabilidade.

Num ***challenge test*** os produtos alimentares são inoculados deliberadamente com estirpes de microrganismos que têm potencial para sobreviver no produto durante as condições normais de armazenamento. O objetivo deste ensaio é testar o risco de intoxicação no caso de ocorrer contaminação <sup>47</sup>.

Os **testes de durabilidade** permitem determinar o crescimento de microrganismos nos produtos alimentares nas condições de distribuição e armazenamento. Deve-se determinar quais os microrganismos que são importantes detetar e determinar quais os dias em que deverão ser feitas as análises aplicando uma margem de segurança. Se, após esta data, os critérios ainda estão a ser cumpridos pode-se continuar a realizar os testes até serem cumpridos os mesmos. Caso contrário, se o produto não cumprir com os critérios, antes do prazo estabelecido, deve-se aceitar o prazo de validade obtido ou desenvolver outro processo de conservação do produto para obter o prazo de validade inicialmente pretendido e/ou ajustar a validade em função do limite em que os resultados foram conformes <sup>46</sup>.

As metodologias de deteção e identificação dos microrganismos de interesse são muito variadas para irem ao encontro das suas características diferenciadoras. Neste sentido, surgiram inicialmente os **métodos clássicos** que pressupõem um enriquecimento (pré e pós enriquecimento quando necessário), cultura em meio seletivo/diferencial e um passo de confirmação (teste bioquímico ou serológico). Posteriormente surgiram os métodos rápidos de análise onde se incluem: “kits” miniaturizados de identificação bioquímica, métodos imunológicos, métodos bioluminescentes, métodos baseados em alterações das propriedades elétricas do meio de cultura, métodos genéticos, etc. <sup>48</sup>.

Os laboratórios que realizam estes ensaios são sujeitos a uma acreditação que consiste na avaliação e reconhecimento da competência técnica para efetuar atividades específicas de avaliação da conformidade (e.g. ensaios, calibrações, certificações e inspeções). No caso de Portugal existe o IPAC (Instituto Português de Acreditação) que é membro da infra-estrutura europeia de acreditação, a *European cooperation for Accreditation* (EA), bem como das estruturas mundiais de acreditação, a *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC) e o *International Accreditation Forum* (IAF)<sup>49</sup>.

Na Tabela 7 estão caracterizados os métodos acreditados pela IPAC que são utilizados no laboratório da Controlvet Segurança Alimentar S.A. para a análise de amostras da Centralrest, Lda. para, nomeadamente, os testes de durabilidade.



**Tabela 7.** Sumário dos métodos acreditados pela IPAC para a análise das amostras da Centralrest, Lda.

<b>Ensaio</b>	<b>Método</b>	<b>Princípio do teste</b>	<b>Resultado positivo</b>
<i>Salmonella spp.</i> <sup>50</sup>	Rapid SalmonellaAFNOR BRD 07/11-12/05	Meio cromogénico: deteção da atividade da C8-esterase. Deteção da $\beta$ galactosidase permite distinguir de outras bactérias	Colónias magenta, (as restantes bactérias são azuis/incolores)
Contagem de Bolores <sup>51</sup>	ISO21527-1:2008	Meio seletivo micológico incubadas a 25 °C	Propágulos lisos/ fofos ou colónias com estruturas coloridas/ esporos
Contagem de Leveduras <sup>51</sup>	ISO21527-1:2008	Meio seletivo micológico incubadas a 25 °C	Colónias redondas mate ou brilhantes na superfície do meio com um contorno regular
Contagem de Clostrídios sulfitorreductores <sup>52</sup>	ISO 15213:2003	Meio <i>Iron Sulfite Modified Agar</i> . Sementeira em dupla camada (para promover anaerobiose)	Colónias pretas rodeadas ou não por uma zona preta são presuntivamente <i>Clostridium spp.</i>
Contagem de <i>E. coli</i> <sup>53</sup>	ISO 16649-2:2001	Meio TBX ( <i>tryptone-bile-glucuronic</i> ) que é cromogénico e seletivo	Colónias verdes/azuis
Contagem de microrganismos a 30 °C <sup>54</sup>	ISO 4833-1:2013	Meio PCA ( <i>Plate Count Agar</i> ) - meio não seletivo	Todas as colónias
Contagem de Enterobactérias <sup>55</sup>	Rapid'Enterobacteriaceae AFNOR BRD:07/24-11/13	Meio VRBG ( <i>violet red bile glucose</i> ): as enterobactérias têm a capacidade de fermentar a glucose e os restantes componentes inibem as bactérias Gram + e algumas Gram -	Colónias vermelhas no meio cinzento claro
Contagem de <i>Bacillus cereus</i> <sup>56</sup>	ISO 7932:2004	Meio MYP ( <i>Mannitol Yolk Polymyxin Agar</i> ): <i>Bacillus cereus</i> é manitol-negativo e resistente a polimixina que inibe a restante flora.	Colónias grandes, rosa e rodeadas por um precipitado
Contagem de <i>Staphylococcus coagulase +</i> <sup>55</sup>	NF V08-057-1:2004	Meio Baird-Parker agar com gema de ovo e telurite; deteção da coagulase (meio BHI + plasma de coelho)	Colónias negras brilhantes rodeadas de halo claro
Contagem de <i>L. monocytogenes</i> <sup>57</sup>	Compass Listeria AgarAFNOR (BKR23/05-12/07)	Água peptonada tamponada/BPW – Fraser	Colónias azuis/azul esverdeadas rodeadas por um halo opaco

### 3. Materiais e métodos

#### 3.1 Identificação dos microrganismos associados às matérias-primas e respetiva caracterização

Inicialmente foi feita uma atualização da base de dados existente na empresa relativamente às matérias-primas usadas à data pela empresa, bem como aos microrganismos patogénicos associados a cada uma delas. Para tal utilizou-se o portal do *Rapid Alert System for Food and Feed* (RASFF) que é um sistema de alerta europeu que permite a comunicação entre os vários países e garante que existe uma reação rápida quando são detetados riscos para a saúde pública na cadeia alimentar evitando riscos maiores. Neste portal estão notificações emitidas no passado acerca de perigos identificados em matérias primas/produtos quer sejam perigos físicos, químicos, microbiológicos, entre outros. No enquadramento deste trabalho foram sistematizadas as ocorrências reportadas no portal do RASFF relativamente aos perigos microbiológicos que poderão existir nas matérias-primas da empresa.

O INSA (Instituto Nacional Saúde Doutor Ricardo Jorge) elaborou o Guia para o Estabelecimento de Critérios Microbiológicos em Géneros Alimentícios em que identifica os microrganismos patogénicos associados a vários grupos de alimentos.<sup>58</sup> Assim, foi consultado o referido Guia para completar os dados anteriormente recolhidos no portal do RASFF. Da mesma forma a *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF) editou o livro *Microorganisms in Foods* no qual também indica os microrganismos patogénicos identificado em vários grupos de alimentos.<sup>59</sup> Da mesma forma foram consultados outros livros da área como *Modern Food Microbiology*<sup>60</sup>, *Food Processing Technology*<sup>24</sup> e *Understanding and measuring the shelf-life of food*<sup>12</sup> para completar a informação.

Posteriormente foi necessário pesquisar e compilar dados da literatura supra indicada relativamente aos microrganismos patogénicos como: temperatura mínima e máxima de crescimento, formas de inativação do microrganismo, doenças associadas ao microrganismo, dose infecciosa, grupos sensíveis, tempo até manifestação dos sintomas,

sintomas associados, duração dos sintomas e taxa de mortalidade. Desta forma a base de da empresa ficou mais completa e atualizada.

### **3.2. Condições de pasteurização, condições de armazenamento e respetivo prazo de validade para algumas refeições prontas**

Foram definidas as condições de pasteurização, os microrganismo-alvo de cada matéria prima, as condições de armazenamento e o respetivo prazo de validade presentes em referências bibliográficas.

### **3.3 Classificação dos produtos da Centralrest, Lda./ Seleção das receitas para serem acompanhadas**

Devido à elevada diversidade de produtos e referências na empresa foi fundamental rever a classificação/divisão dos produtos em grupos para selecionar produtos representativos tendo em conta o histórico de validações feito pela empresa.

### **3.4 Acompanhamento do processo produtivo**

O acompanhamento do processo produtivo envolveu todas as etapas desde a armazenagem/preparação das matérias-primas até à expedição do produto final embalado e transporte que é assegurado pela empresa Irmãos Monteiro, S.A. (Tabela 8) No entanto foi dado mais ênfase à análise das etapas a partir da preparação das matérias primas.

A indústria de refeições prontas é por si só uma indústria complexa e a Centralrest, Lda., em particular, aposta na inovação e flexibilidade dos produtos para ir ao encontro dos interesses dos clientes o que leva à necessidade de apostar em equipamentos/processos versáteis. Neste sentido, a empresa trabalha com, pelo menos, 400 matérias-primas diferentes, 10 etapas possíveis de preparação de matérias-primas e, à data deste levantamento, com 140 referências de produtos pasteurizados. Estes números refletem a complexidade da gestão dos processos do dia-a-dia na empresa.

**Tabela 8.** Etapas do processo produtivo

Receção	<ul style="list-style-type: none"> <li>de mercadorias, de ingredientes e de matérias subsidiárias e embalagem</li> </ul>
Armazenagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>a temperatura ambiente, a temperatura de refrigeração ou temperatura de congelação</li> </ul>
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> <li>operações como descartonagem, demolha, descongelação, tempero, pesagem, corte mecânico, corte manual, desinfeção de vegetais, abertura de latas, empratamento pré-assadura</li> </ul>
Confeção	<ul style="list-style-type: none"> <li>utilização das marmitas a vapor, marmita a gás (basculantes), forno ou estufa</li> </ul>
Empratamento/ Embalagem primária e selagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>pesagem do produto ou diferentes frações que são reunidas na embalagem</li> <li>o empratamento é feito em sacos ou cuvetes (fechadas com filme de termoselagem)</li> </ul>
Rotulagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>consoante se trata de produto rotulado com cinta, sem cinta, a granel ou produtos em que o rótulo é colocado na caixa de cartão; as etiquetas contêm as informações obrigatórias descritas na legislação em vigor, sobre produto e empresa que o produz e comercializa.</li> </ul>
Tratamento térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>é colocada sonda no ponto de aquecimento mais lento do produto/equipamento e monitoriza-se o tratamento térmico.</li> </ul>
Arrefecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>os produtos são arrefecidos num equipamento de arrefecimento ou numa câmara até atingirem a temperatura entre 0 e 3 °C (produtos pasteurizados refrigerados) ou a temperatura de -18 °C (produtos congelados)</li> </ul>
Embalagem secundária e terciária	<ul style="list-style-type: none"> <li>é feito o controlo metrológico e último controlo de conformidade/qualidade; depois do produto estar colocado na embalagem/caixa final deve passar pelo detetor de metais</li> </ul>
Expedição e Transporte (IM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>preparação das encomendas e distribuição do produto encomendado nas instalações do cliente</li> </ul>

As etapas do processo produtivo não seguem sempre a sequência da Tabela 8 uma vez que a Centralrest, Lda. comercializa produtos pasteurizados e produtos congelados. Neste sentido, após o empratamento/embalamento primário o produto pode ser diretamente pasteurizado ou pode ser congelado e, se necessário, pasteurizado posteriormente conforme as encomendas.

### **3.4.1 Receção**

O processo produtivo inicia-se com a receção das matérias-primas e subsidiárias. Estas dividem-se consoante o tipo de produto (carnes e seus produtos, mercearias, produto certificado MSC (peixe capturado de forma sustentável), outros produtos da pesca e do mar, vegetais, etc.) e a respetiva forma de armazenamento (refrigerado, congelado, perecíveis ou não perecíveis). Os materiais subsidiários correspondem às caixas de embalagem secundária, cuvetes, filmes, etiquetas, entre outros. Nesta etapa é confirmada a conformidade dos produtos recebidos e regista-se alguma irregularidade encontrada relativamente ao estado das embalagens, possíveis contaminações, prazo de validade/data de durabilidade, quantidade, peso, etc.

### **3.4.2 Armazenagem**

Na etapa de armazenagem separam-se os produtos consoante as condições específicas de cada um. Os produtos certificados MSC são armazenados em local diferente do produto normal (prateleiras diferentes, por exemplo) e devidamente identificado. Quando é necessário abrir uma embalagem de produto ou retirar a embalagem exterior mantém-se a rastreabilidade até que o produto seja totalmente utilizado.

### **3.4.3 Preparação**

Na etapa de preparação incluem-se operações como descartonagem, demolha, descongelação, tempero, pesagem, corte mecânico ou manual, desinfeção de vegetais, abertura de latas e empratamento pré-assadura. Idealmente a preparação de vários tipos de géneros alimentícios deve ser feita desfasada no tempo e/ou espaço para evitar contaminações cruzadas. Se após a preparação os ingredientes não forem confeccionados dentro de 30 minutos, então deverão ser devidamente protegidos, identificados e colocados no equipamento de conservação de produtos refrigerados.

No contexto deste trabalho foram acompanhadas várias etapas diferentes de preparação nas quais foi registada a variação da temperatura ao longo do processo

recorrendo ao equipamento de medição e registo de temperatura *Testo Data Logger T172 - T2* (precisão de  $\pm 0.5$  °C), adiante designado por *Data Logger* (Figura 10).



*Figura 10. Testo Datalogger T172-T2*



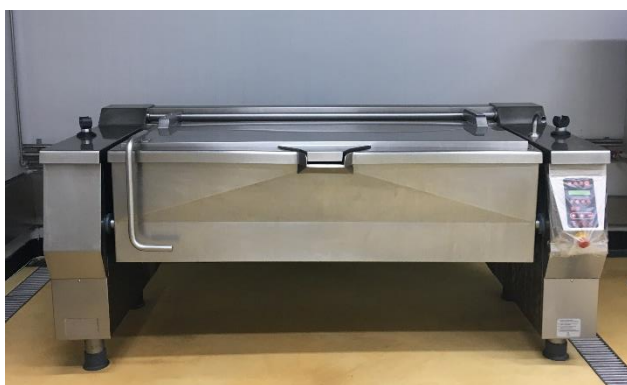
*Figura 11. Waterproof Testo Thermometer IP67*

Foram também registadas as temperaturas mínima e máxima da etapa com o equipamento *Waterproof Testo Thermometer IP67* (precisão de  $\pm 0.8$  °C) (Figura 11), a duração total da etapa, número de colaboradores envolvidos e rastreabilidade das matérias-primas, ou seja, o respetivo lote e prazo de validade.

### **3.4.4 Confeção**

A confeção representa uma etapa do processo no qual as matérias-primas são sujeitas a uma fonte de calor com o objetivo de modificar ou transformar a sua estrutura. As matérias-primas podem ser cozidas, fritas, assadas ou salteadas.

Consoante o produto que se pretende obter pode-se recorrer a marmitas elétricas (Figura 12), marmitas a gás (Figura 13), forno elétrico (Figura 14) ou a uma estufa (Figura 15).



*Figura 12. Equipamento basculante (elétrico)*



*Figura 13. Marmita a gás*



**Figura 14.** Fotografias do forno e o respectivo controlador adjunto



**Figura 15.** Estufa e respectivo controlador adjunto

Antes das matérias-primas serem submetidas à etapa de confeção foram registados os respetivos valores de temperatura para se ter uma indicação das condições de armazenamento das mesmas. Após a etapa de confeção foi medida e registada a temperatura do produto.

### **3.4.5 Empratamento/ Embalagem primária e Selagem**

O empratamento pressupõe a pesagem do produto ou das diferentes frações que são reunidas na embalagem. Pode ser feito em sacos PA/PEHD (poliamida/polietileno de alta densidade) ou cusetes de PP (polipropileno) ou de CPET [(poli)tereftalato de etileno cristalino]. As cusetes são fechadas com filme de termoselagem PP (polipropileno) ou PET (politereftalato de etileno) coextrudido com APET (politereftalato de etileno amorfo).

No decorrer do trabalho contabilizou-se o tempo de espera desde o final da confeção até ao início da etapa de empratamento, registou-se o número de cusetes embaladas e o número de colaboradores envolvidos que no conjunto determinam a duração da etapa de empratamento/embalagem primária e selagem. Ao longo do tempo de espera e do empratamento com recurso a um *Data Logger* (Figura 10) foi possível traçar o perfil de temperatura do produto durante estes períodos. Em paralelo, recorrendo ao equipamento *Waterproof Testo Thermometer IP67* (Figura 11), mediu-se a temperatura das primeira e última cusetes a serem embaladas.

### **3.4.6 Rotulagem**

A rotulagem dos produtos inclui a rotulagem da embalagem primária, secundária e terciária. Os rótulos (etiquetas ou cintas) contêm as informações descritas na legislação em vigor e aplicáveis a estes géneros alimentícios, bem como outras, comerciais e/ou logísticas tais como: data de validade, declaração nutricional, designação legal do produto, EAN13 – código de barras, estado de conservação, lista de ingredientes e alergénios, logótipo da empresa, lote, morada e nome da empresa que comercializa e produz, número de controlo veterinário da empresa, peso líquido do produto, preparação/regeneração do produto e referência a produto certificado MSC.

No caso dos produtos rotulados com cinta não é colocada etiqueta uma vez que as informações vêm impressas na cinta e na altura do embalamento são apenas impressos o lote e a validade do produto.

### **3.4.7 Tratamento térmico de produtos**

O tratamento térmico dos produtos pode ser feito num forno convector ou numa estufa. Associado ao forno existe um equipamento de medição e conversão de dados de temperatura em Unidades de Pasteurização (UP).

Previamente à utilização destes equipamentos foi necessário colocar a sonda de medição de temperatura no centro geométrico da amostra que se encontra no local do equipamento que aquece mais lentamente (exemplo no caso da estufa controlada através de equipamento de controlo, existente na empresa: terceira grade a contar de baixo no canto inferior esquerdo à frente). Desta forma garantiu-se que todas as amostras têm no mínimo o tratamento térmico imposto a essa amostra.

No contexto deste trabalho pretendeu-se compreender inicialmente o funcionamento dos equipamentos para posteriormente submeter produtos a novos binómios (t,T) de pasteurizar e avaliar o respetivo prazo de validade e impacto na qualidade e segurança alimentar dos mesmos.



### **3.4.8 Arrefecimento**

A etapa de arrefecimento dos produtos pasteurizados refrigerados ou congelados deve ser feita de forma a arrefecer o alimento até ao seu centro geométrico tão rapidamente quanto possível através da incorporação de ar frio e um processo de distribuição de ar. A Centralrest Lda. tem três câmaras de arrefecimento rápido. Após a saída do produto do equipamento de arrefecimento, os produtos devem ser rapidamente armazenados respetivamente nas câmaras de conservação de refrigerados ou de congelados.

No contexto deste trabalho foi registada a temperatura do último produto de cada lote a ser embalado, no momento em que entrou no equipamento de arrefecimento/ congelação, recorrendo ao equipamento *Waterproof Testo Thermometer* IP67 (Figura 11). Também foi acompanhado o arrefecimento na sua totalidade dos produtos recorrendo ao equipamento de medição e registo de temperatura *Testo Data Logger* T172-T2 (Figura 10). Desta forma foi possível aferir acerca do tempo necessário para que cada produto atingisse  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  no centro geométrico da embalagem.

### **3.4.9 Embalagem secundária e terciária**

Antes de proceder ao embalamento secundário e terciário a temperatura do produto deve ser verificada: inferior a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  para os produtos congelados e entre  $0$  e  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  para os produtos pasteurizados refrigerados. Depois do produto estar embalado (caixas de cartão fechadas com fita cola) passa pelo detetor de metais.

Nesta etapa em concreto foi registado o tempo total da etapa, a temperatura do produto no início e no fim desta etapa, o tempo que o produto esteve embalado no cais de expedição até ser colocado na câmara respetiva e a temperatura do produto quando chegou ao cais e quando foi colocado na respetiva câmara (medida entre duas cuvets antes do embalamento e entre duas caixas após o embalamento). Recorreu-se ao equipamento *Waterproof Testo Thermometer* IP67 (Figura 11, acima).

### **3.4.10 Registos durante o processo produtivo**

Conforme referido em cada etapa foram realizados vários registos de forma a caracterizar/avaliar cada etapa de um conjunto de produtos pasteurizados. As medições de temperatura foram sempre realizadas no ponto de aquecimento mais lento (centro da marmitta, centro do carrinho ou centro da cuvette/saco) e, como referido acima, recorrendo a dois tipos de termómetro nomeadamente um termopar - *Waterproof Testo Thermometer* IP67 (precisão de  $\pm 0.8$  °C) (Figura 11, acima) e um termómetro digital - o *Testo Data Logger* T172-T2 (precisão de  $\pm 0.5$  °C)- mais à frente designado por *Data Logger* ambos calibrados anualmente por uma entidade certificada externa. O *Data Logger* estava programado para medir e registar a temperatura de minuto a minuto e em dois locais: a temperatura do local onde está colocada a sonda e a temperatura ambiente.

Para além das temperaturas, para cada etapa foi registado a) o local onde se realiza b) o número de colaboradores envolvidos uma vez que este último é um fator preponderante na duração de cada etapa.

### **3.5. Validação de um binómio tempo/temperatura de pasteurização**

Os produtos pasteurizados na estufa da empresa são todos submetidos a um tratamento térmico. No entanto, dependendo do equipamento utilizado, tamanho das embalagens e combinações de produtos no interior do equipamento, o tratamento térmico atual pode conduzir à sobrepasteurização de alguns produtos, em especial das embalagens de menores dimensões, bem como à descolagem do filme, na zona de selagem com a cuvette, facilitada pela extrema expansão da embalagem durante a pasteurização. Posteriormente, com o arrefecimento rápido do produto a embalagem pode retrair e o aspeto do produto no final passar a não ser satisfatório. Face a estas possibilidades e/ou realidades justifica-se propor e validar um binómio tempo/temperatura de pasteurização para estes produtos, mais favorável do ponto de vista de aspeto final do produto e foi este o objetivo principal do trabalho desenvolvido neste Estágio na Empresa.

A etapa de pasteurização é o PCC1 do plano de HACCP, ou seja, é um ponto do controlo onde um perigo (neste caso, microbiológico) é controlado e a segurança dos produtos é garantida. Segundo a norma IFS *Food*, requisito 5.3.5: “A validação do processo deve ser realizada utilizando dados coletados que sejam relevantes para a segurança do produto e dos processos. Se ocorrerem modificações substanciais, uma revalidação deve ser realizada.”<sup>6</sup> Neste sentido, atendendo à intenção de alterar o binómio tempo/temperatura da pasteurização, foi necessário revalidar o processo com as devidas alterações, para posteriormente a etapa modificada fazer parte da prática comum da empresa.

Os ensaios de pasteurização foram realizados no equipamento de tratamento térmico estufa. Utilizaram-se as condições mais próximas possíveis da realidade das condições utilizadas diariamente neste equipamento, ou seja, a carga máxima possível que exige mais tempo para os produtos atingirem a temperatura que se pretende. A pior condição que habitualmente se utiliza são oito “torres” de grades, distribuídas por duas paletes. Cada torre com 15 grades em que cada grade contém 10 kg de produto, 2 sacos de 5kg. No entanto, nos ensaios teste realizados não foi possível reunir um número tão elevado de grades cheias com produto, uma vez que o produto utilizado nos ensaios não poderia ser comercializado. Assim optou-se por se utilizar pequenos sacos com amostras, com o prazo de validade expirado só por uma questão de carga, volume e massa total no equipamento.



*Figura 16. Vista frontal das grades colocadas na estufa e localização da sonda- terceira palete à esquerda*

11 grades	11 grades
11 grades	11 grades

6 grades	6 grades
3 grades	5 grades

*Figura 17. Vista superior das grades colocadas na estufa e respetiva distribuição*

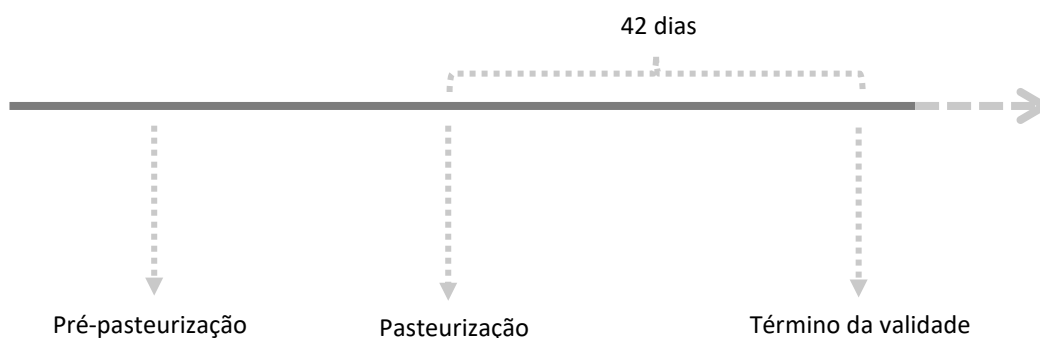
Os produtos que tinham sido acompanhados desde a etapa de preparação e que iam ser submetidos a ensaios microbiológicos, após a pasteurização foram também dispostos em grades. A disposição das grades está explícita nas Figuras 16 e 17. O peso médio do conteúdo das grades foi  $5,430 \pm 0,898$  kg o que corresponde aproximadamente ao peso médio de uma palete com cassetes pequenas ou médias.

Foram testados os seguintes binômios tempo/temperatura: W, X, Y e Z. Para cada um, adiante chamado de condição, foram pasteurizadas duas cassetes de cada produto para analisar microbiologicamente, um logo após a pasteurização e outro 42 dias após a pasteurização. Se, após este limite, as análises microbiológicas estivessem dentro dos limites definidos pela empresa, então os produtos ficariam validados para um prazo de validade de 28 dias (2/3 de 42 dias). Para os produtos terem um prazo de validade de 42 dias teriam de ser validados para 63 dias. A estufa estava programada de forma a contabilizar o tempo a que o produto estava à temperatura pretendida. Se a temperatura do produto oscilasse ligeiramente, a fração de tempo na qual o produto estava a temperatura inferior à pretendida não era contabilizada.

No final de cada programa de pasteurização foi possível exportar os dados registados referentes à percentagem de humidade da câmara (%), temperatura da câmara (TC) e temperatura no centro geométrico do produto (TCGP) ao longo do tempo da pasteurização para posterior análise.

### **3.6. Análises microbiológicas**

Cada produto foi analisado em três momentos: antes da pasteurização, logo após a pasteurização (congelaram-se os produtos até serem recolhidos pelo laboratório), e após 42 dias relativamente ao dia da pasteurização (Figura 18). As análises efetuadas não tiveram em conta a etapa de regeneração (aquecimento) que os produtos sofrem previamente a serem consumidos. Neste caso, ficando validado para 42 dias, poderiam ser atribuídos 28 dias de validade ao produto a comercializar.



**Figura 18.** Esquema temporal das análises microbiológicas realizadas aos produtos.

As amostras de produto foram enviadas para o laboratório acreditado pelo IPAC – n.º L0224 - Controlvet Segurança Alimentar S.A.

Os ensaios para aferirem a qualidade microbiológica dos produtos foram selecionados de acordo com a identificação dos microrganismos associados a cada matéria-prima e foram feitos através dos métodos acreditados descritos na introdução (Tabela 7) aos microrganismos seguintes: *Salmonella spp.*, contagem de bolores, contagem de leveduras, contagem de Clostrídios sulfitorreduzores, contagem de *E. coli*, contagem de microrganismos a 30 °C, contagem de Enterobactérias, contagem de *Bacillus cereus*, contagem de *Staphylococcus coagulase +* e contagem de *L. monocytogenes*.

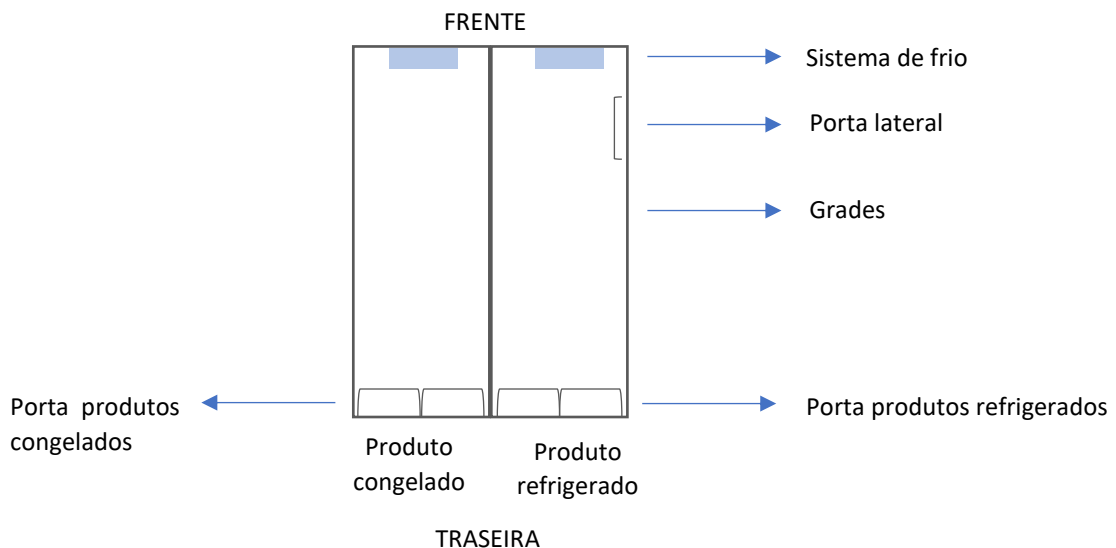
A recolha e amostragem dos produtos foi um passo essencial para garantir a manipulação correta e a representatividade relativamente ao lote. A norma NP-1828 (1982) define as condições gerais a que deve obedecer a colheita de amostras dos géneros alimentícios e alimentos para animais para análise microbiológica: até serem analisados, os produtos foram mantidos em condições que preservam as suas características na altura da colheita <sup>61</sup>. Tendo em conta o procedimento já realizado pela Centralrest, Lda., as cuvetes foram enviadas seladas para o laboratório. Devido às dimensões de alguns produtos, no laboratório, foram selecionados 5 locais representativos do produto para avançar com os ensaios microbiológicos <sup>62</sup>. O Regulamento (CE) N.º 2073/2005 estabelece os critérios microbiológicos para certos microrganismos e as regras de execução a cumprir pelos operadores das empresas do setor alimentar quando aplicarem as medidas de higiene gerais e específicas referidas no artigo 4.º do Regulamento (CE) N.º 852/2004 <sup>63</sup>.

### 3.7. Transporte de produtos pasteurizados refrigerados

Foi feito o acompanhamento da etapa de transporte/ distribuição das encomendas das rotas com mais paragens, aberturas de porta e avaria do sistema de frio. Esta etapa é assegurada pela empresa Irmãos Monteiro S.A.

O principal objetivo foi verificar/validar as temperaturas desta etapa e os procedimentos aplicados ao longo de todo o circuito até entrega do produto ao cliente de forma a obter um produto conforme e completamente satisfatório no âmbito da Segurança Alimentar. Neste sentido foi colocado um equipamento de medição e registo de temperatura (Figura 10) entre duas cuvetes de produto refrigerado. Foram acompanhadas duas rotas. No final de cada rota os dados registados foram exportados e analisados.

As amostras de produto refrigerado que foram sujeitas às duas rotas de transporte descritas (Chilli com carne 300g) foram enviadas para o laboratório acreditado pelo IPAC – n.º L0224 - Controlvet Segurança Alimentar S.A., tendo sido alvo dos ensaios microbiológicos indicados em 3.6 Análises Microbiológicas.



**Figura 19.** Esquema da caixa de carga frigorífica da viatura com duas divisórias- congelados e refrigerados e localização das portas e sistemas de frio

Na Figura 19 está esquematizado a estrutura de uma das Viaturas de Pesados de Mercadorias da Irmãos Monteiro S.A. através das quais é realizado o transporte e distribuição dos produtos.

### **3.8 Relatório de validação dos processos produtivos acompanhados**

No final de cada processo produtivo foi necessário sintetizar a informação recolhida num relatório: rastreabilidades das matérias-primas, temperaturas de início e fim de cada etapa, acompanhamento da temperatura do produto, local onde se realiza cada etapa, equipamento utilizado, duração de cada etapa, número de colaboradores envolvidos e quantidade produzida.

## 4. Resultados

### 4.1 Binómios tempo/temperatura de pasteurização propostos na literatura

Através da pesquisa de referências bibliográficas foi possível resumir binómios tempo/temperatura, condições de armazenamento e respetivo prazo de validade para algumas refeições prontas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Binómios tempo/temperatura, condições de armazenamento e respetivo prazo de validade para refeições prontas. Adaptado de <sup>64,65</sup>

Produto	T (°C)	Tempo (min)	Tamanho embalagem	Bactéria alvo	T armazen. (°C)	Tempo de prateleira expectável
Caranguejo azul	85	31	n.d.	<i>C. botulinum</i> tipo B, E, F	5	< 6 semanas
Peixe bandong Peito frango e peru	70	2	300 g	<i>L. monocytogenes</i>	3/8	3-4/1-2 semanas
Filé de frango, marinada	82.2	83.9*	200x500 mm, 1500g	<i>C. botulinum</i> tipo B, E, F	8	21 dias
Cubos de carne de vaca	82.2	496.7*/186.7*	200x500 mm, 1500 g			21/14 dias
Cubos de suíno	82.2	153.5*	200x500 mm, 1500 g			30 dias
Tornedó de vaca Perna de cordeiro Bife de lombo assado	68-69	2	n.d.	<i>L. monocytogenes</i>	3/8	3-4/1-2 semanas
Frango	75	**	300 g	<i>Spoilage microflora</i>	4	12/13 dias
Batatas pequenas Juliana de cenoura	90	5	n.d.	<i>L. monocytogenes</i>	3/8	3-4/1-2 semanas
Puré de bróculos Puré de curgete	80	30	400 g ou 180 g	Bactérias formadoras de esporos	4 10	21 dias <12 dias

n.d.- não determinado

\* O tempo inclui o tempo de aquecimento

\*\* Não específico mas o produto é pasteurizado até o ponto mais frio atingir pelo menos os 75 °C



A pesquisa e recolha destas informações teve como principal objetivo propor um novo binómio de tempo/temperatura de pasteurização de refeições prontas para posteriormente realizar a respetiva validação.

Na Tabela 9 estão resumidas as condições encontradas nas referências bibliográficas. Os resultados relativamente ao peixe *bandong* e produtos cárneos, como bife de frango e bife de peru, foram promissores uma vez que nesses produtos foi possível atingir um prazo de validade de 3/4 semanas considerando uma pasteurização de 2 minutos a 70 °C e temperatura de conservação do produto 3 °C. No entanto, muitas das condições descritas foram validadas em produtos simples ou produtos constituídos apenas por uma matéria-prima, produtos que não se assemelham com a realidade dos produtos da Centralrest, Lda.

## **4.2 Classificação dos produtos da Centralrest, Lda.**

Devido às cerca de 140 referências diferentes de produtos pasteurizados e à impossibilidade de validar a etapa de pasteurização, em cada produto individualmente, foi necessário agrupar os produtos em grupos que contivessem produtos com características semelhantes e/ou regeneração similar. Assim surgiram os grupos dos produtos menores (m) que são produtos com menos de 1kg e os produtos maiores (M) onde estão incluídos os produtos com mais de 1 kg.

Os produtos que foram acompanhados na maioria das etapas e o respetivo grupo encontram-se descritos na Tabela 10.

**Tabela 10.** Classificação dos produtos da Centralrest, Lda. em grupos menores (m) e maiores (M)

<b>Grupo</b>	<b>Produtos</b>	<b>Produto acompanhado</b>	<b>Referência resumida</b>
1m	Sopas		
2m	Produtos com arroz, vegetais, guarnições no geral	Batata aos Gomos com ervas aromáticas 250g para pasteurizar Arroz branco 250g para pasteurizar Arroz à Valenciana 800g	BatErvas ArrozBra ArrozValen
3m	Produtos com bacalhau	Bacalhau à Brás novo 400g para pasteurizar Bacalhau à Brás 800g para pasteurizar	BacBrás novo BacBrás
4m	Produtos com massas	Fusilli com molho de natas, camarão, brócolos e toucinho fumado 400g para pasteurizar	Fusilli
5m	Produtos com carne picada ou cortada	Almôndegas com arroz 300g para pasteurizar Rancho 250g para pasteurizar	AlmArroz Rancho
6m	Caril de gambas, espetadas de frango, strogonoff de bovino, etc.	Feijoada de chocos 250g para pasteurizar	Feijchocos
7m	Alheira assada, hambúrguer, croquetes, etc.		
9m	Francesinhas	Francesinha 450g para pasteurizar	Franc
17m	Pastas		
1M	Sopas		
2M	Produtos com arroz, vegetais, guarnições no geral		
3M	Produtos com bacalhau para gratinar		
4M	Produtos com massas	Lasanha de Carne 2kg congelada	LasCar
5M	Produtos com bacalhau		
6M	Produtos com carne picada ou cortada		
7M	Produtos de carne estufada/guisada e/ou molho	Moelas de frango 2kg congeladas para pasteurizar	Moelas
8M	Produtos assados no forno	Batata doce assada 1,5kg para pasteurizar	BatDoce
17M	Pastas		
18M	Prod. Intermédios para serem incorporados noutros produtos		

### 4.3 Acompanhamento do processo produtivo antes da pasteurização

Segundo a norma IFS *Food*, requisito 5.3.2: “Quando o controlo do processo e de parâmetros do ambiente de trabalho (temperatura, tempo, pressão, propriedades químicas etc.) é essencial para assegurar os requisitos do produto, tais parâmetros devem ser monitorados e registados continuamente e/ou em intervalos apropriados.”<sup>6</sup> Neste sentido, foram acompanhadas as etapas de produção de vários lotes de produtos para caracterizar as condições a que estes foram sujeitos. Estas condições juntamente com a qualidade microbiológica das matérias-primas determinam o número de microrganismos presentes nos produtos antes da pasteurização. Apesar da grande parte das formas patogénicas vegetativas serem eliminadas pela pasteurização, no caso da utilização de matérias-primas de má qualidade microbiológica, a pasteurização é insuficiente para reduzir a carga microbiana para níveis aceitáveis. Na Tabela 11 encontram-se indicados os produtos selecionados e as respetivas etapas de produção acompanhadas.

*Tabela 11. Produtos e etapas acompanhadas*

Referência resumida	Prep.	Confeção	Empratamento/ Selagem	Arref.	Emb. sec/ter	Transporte/ Distribuição (IM)
Fusilli		x	x	x		
ArrozValen		x	x	x		
Feijchocos	x	x	x	x		
Rancho		x	x	x		
LasCar		x	x	x		
ArrozBra		x	x	x		
AlmArroz		x	x	x		
BacBrás novo		x	x	x		
BacBrás		x	x	x		
Franc		x	x	x		
BatErvas	x	x	x	x		
BatDoce	x	x	x	x		
ArrozBra750		x	x	x		
Moelas	x	x	x	x		
Franc2		x	x	x		
Arroz pato					x	
Arroz camarão					x	
Caldo verde					x	
Chilli carne						x

### 4.3.1. Preparação

Foram acompanhadas várias etapas de preparação dos produtos onde se incluem: a demolha, descongelação, corte, higienização e limpeza.

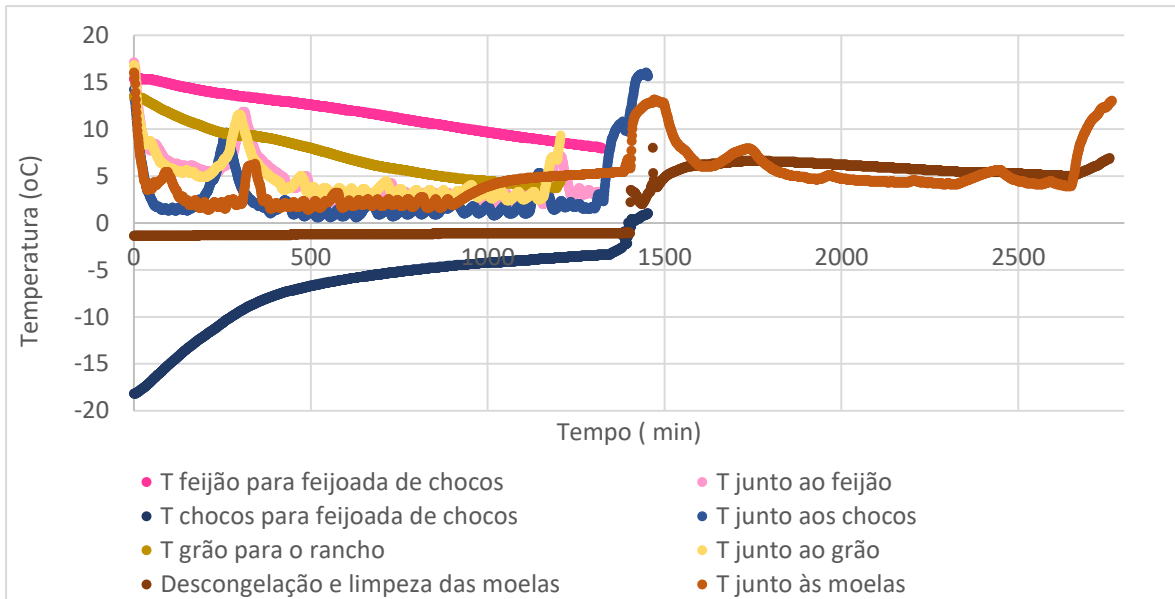
No artigo 7 do capítulo IX do Regulamento (CE) N.º 852/2004 é particularizado o caso da descongelação: “A descongelação dos géneros alimentícios deve ser efetuada de forma a minimizar o risco de desenvolvimento de microrganismos patogénicos ou a formação de toxinas nos alimentos. (...) Depois da descongelação, os alimentos devem ser manuseados de forma a minimizar o risco de desenvolvimento de microrganismos patogénicos ou a formação de toxinas.” Assim, as etapas de demolha e descongelação foram efetuadas no equipamento de conservação de matérias-primas refrigeradas, enquanto que as etapas de corte, limpeza e higienização foram realizadas na sala de preparações. Todos os colaboradores envolvidos manuseavam as matérias-primas utilizando equipamento de proteção individual como é o caso das luvas. Na Tabela 12 estão indicadas as etapas de preparação acompanhadas.

*Tabela 12. Etapas de preparação acompanhadas, duração e temperaturas máxima e mínima*

Produto	Tipologia da etapa	Preparação		
		Duração (h)	T mínima (°C)	T máxima (°C)
Feijchocos	Demolha feijão (28kg)	22:03	7,9	15,3
	Descongelação chocos (60kg)	22:08	-18,2	-3,4
	Escaldão e corte dos chocos	2:04	-3,4	1,0
BatErvas	Higienização e corte das batatas (34kg)	0:50	10,0	11,3
BatDoce	Higienização e corte das batatas (150kg)	1:52	9,4	11,9
Rancho	Demolha do grão de bico (18kg)	20:06	4,4	13,4
Moelas	Descongelação das moelas (280kg) *	27:45	-1,4	-1,1
	Limpeza das moelas	01:45	-1,1	6,9

\* No total foram 51:40h

A duração de algumas etapas é independente do volume de matérias-primas como é o caso da demolha de feijão/grão. Por outro lado, a duração de outras etapas, como a higienização das batatas e a limpeza das moelas depende do volume de matérias-primas a tratar.



**Figura 20.** Variação da temperatura do feijão, chocos, grão, moelas e temperatura junto às matérias-primas durante as etapas de preparação

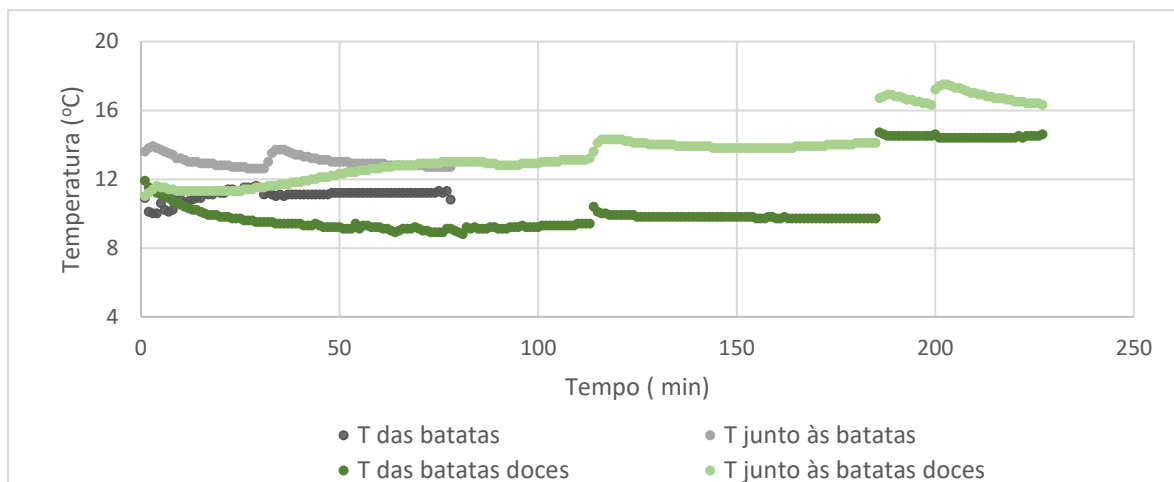
Na Figuras 20 estão os dados da temperatura de algumas matérias-primas e do ambiente próximo das mesmas obtidos através de um *Data Logger* introduzido no equipamento que continha as matérias-primas.

O perfil da temperatura junto às matérias-primas (feijão, grão, chocos e moelas) é semelhante, dado que grande parte das etapas de preparação, foram realizadas no mesmo ambiente – equipamento de conservação de refrigerados. Este perfil foi condicionado pelas aberturas de porta da câmara: durante o período da noite e alguns períodos do dia a temperatura oscilou entre 0 e 5 °C enquanto que durante alguns momentos atingiu os 11 °C. A temperatura ambiente superior a 5 °C é potencialmente perigosa para as porções de matéria-prima que estão mais à superfície e mais expostas uma vez que permitem o desenvolvimento microbiano nestas frações.

Os chocos foram colocados a descongelar durante 22h; no entanto esse tempo não foi suficiente para que os chocos ficassem totalmente descongelados uma vez que se tratava de um volume muito grande num único carrinho - equipamento com rodas que permite a deslocação das matérias-primas entre os espaços. Com o tempo de espera até se iniciar a confeção (cerca de 1 hora), os chocos estiveram expostos a temperaturas que atingiram os 15,6 °C o que poderá ter permitido o desenvolvimento de perigos biológicos

como *V. parahaemolyticus*, *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes*, *C. botulinum*, *E.coli O157:H7*, nas porções mais expostas do produto.

As moelas foram um exemplo semelhante aos chocos: apesar de estarem 51:40h a descongelar, ao fim desse tempo não estavam totalmente descongeladas. Nestas condições, em que parte do produto estava descongelado, existia a possibilidade de ocorrer principalmente o desenvolvimento de *Salmonella spp.* e *L. monocytogenes*.



**Figura 21.** Variação da temperatura da batata e da batata doce e temperatura junto às mesmas durante as etapas de preparação

Na Figuras 21 estão os dados da temperatura de matérias-primas (batata e batata doce) e do ambiente próximo das mesmas obtidos através de um *Data Logger* introduzido no equipamento que continha as matérias-primas.

As batatas foram higienizadas e cortadas na sala de preparações pelo que a temperatura ambiente oscilou entre 11 °C e 17,3 °C, o que fez com que a temperatura das batatas/água variasse entre 9,4 °C e 11,9 °C (Figura 21). O gráfico da Figura 21 tem porções descontínuas que correspondem às várias fases de etapas de preparação em que se teve de mudar a localização do *Data Logger*: higienização, corte, junção do molho de temperos e distribuição por tabuleiros. Nesta gama de temperaturas e tendo em conta a matéria-prima em questão os perigos microbiológicos mais relevantes são a *L. monocytogenes* e *E.coli O157:H7*.

### 4.3.2 Confeção

Foram acompanhados os processos de confeção de 15 lotes diferentes de produtos (Tabela 11, acima). Esta etapa deve ser temporalmente próxima da preparação das matérias-primas para evitar períodos de espera à temperatura ambiente.

Na Tabela 13 estão sistematizados os dados recolhidos durante os processos de confeção acompanhados: a respetiva duração e a temperatura inicial de matérias-primas.

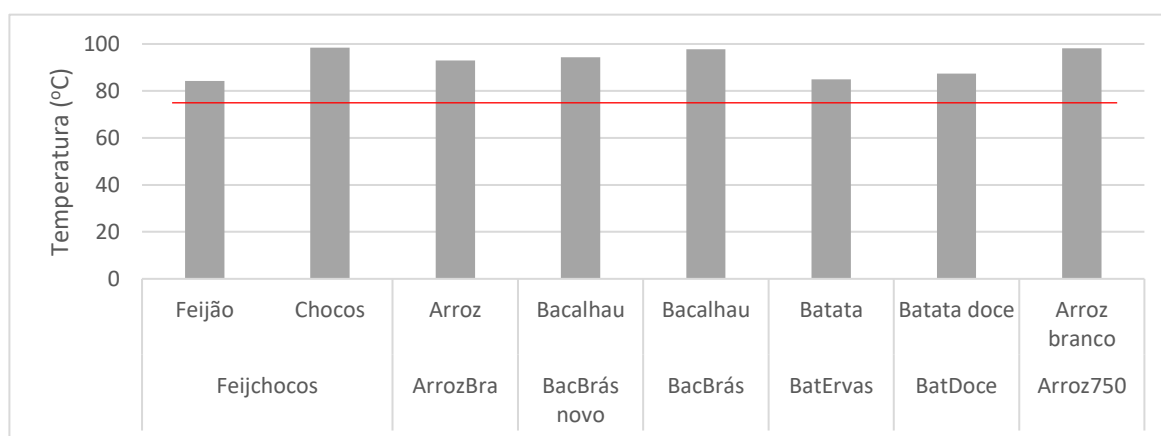
*Tabela 13. Produtos e respetiva temperatura inicial e duração da etapa de confeção*

Referência resumida	Componente (medição de T)	Confeção	
		Duração (h)	T inicial (°C)
Fusilli	Fusilli	00:50	-
	Toucinho	00:22	
	Molho branco	00:27	
ArrozValen	Arroz açafião	00:40	51,9 (água)
	Carnes e marisco	01:47	2,4
Feijchocos	Feijão	1:00	7,9
	Chocos	00:46	1,0
Rancho	Grão de bico, cenoura, couve e massa	01:50	4,4
	Suíno s/osso	01:57	3,7
	Chouriça		13,5
	Morcela		14,2
LasCar	Molho de carne	00:47	-
	Molho bechamel	01:45	
ArrozBra		00:40	-
AlmArroz	Molho tomate	00:40	-
	Arroz branco	00:45	
BacBrás novo	Migas de bacalhau e paloco	01:15	-
	Junção do ovo, batata palha, natas, azeitonas e salsa	01:00	-
BacBrás	Migas de bacalhau e paloco	01:43	
	Junção do ovo, batata palha e salsa	00:37	
Franc	Bife	00:20	-
	Molho de francesinha	02:12	-
BatErvas		00:50	-
BatDoce		02:18	14,6
ArrozBra750		01:15	-
Moelas		04:15	-
Franc2	Bife	00:24	5,1
	Molho de francesinha	04:15	-

A temperatura das matérias-primas como o choco, o suíno e os bifes situava-se entre 0 e 5 °C uma vez que se tratavam de matérias-primas que foram diretamente do equipamento de conservação de refrigerados para a marmita enquanto que o feijão, a chouriça e a batata doce tiveram um período de tempo mais longo na sala de preparações/cozinha à temperatura ambiente. O tempo de confeção depende do equipamento de confeção que é utilizado, do produto pretendido e da quantidade que é confeccionada. Variou entre 20 minutos (bifes para francesinha) e 4h15 (molho de francesinha e moelas). Comparando as duas receitas de molho de francesinha, e sabendo que se tratava da mesma quantidade de molho, houve uma discrepância de 2h12 para 4h15, devido à indisponibilidade de equipamentos, facto que não permitiu fazer várias etapas da confeção em simultâneo.

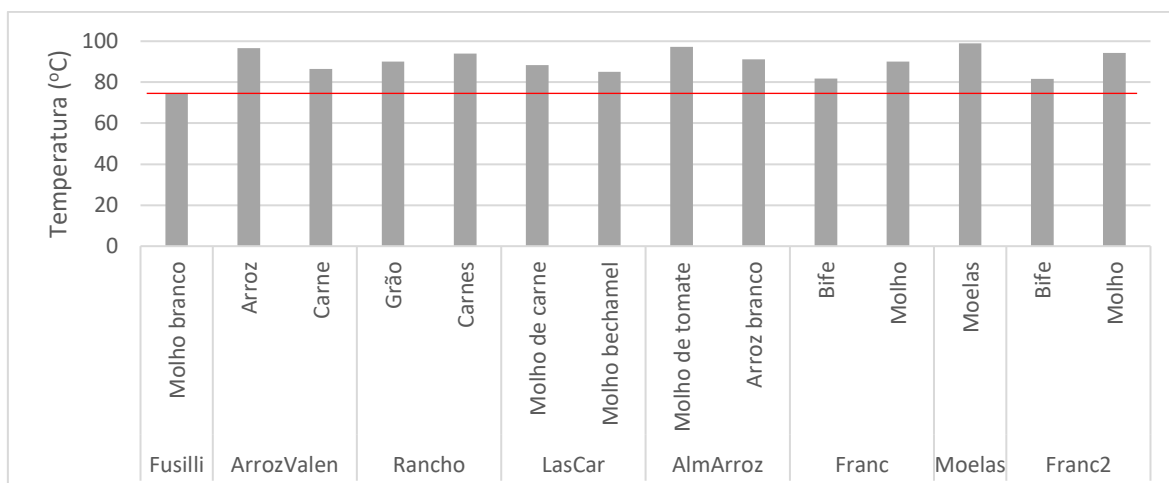
Através da análise da Tabela 13 é notória a variabilidade da duração dos processos de confeção. No entanto, e de uma forma geral, é importante otimizar a confeção de forma a reduzir o tempo de espera das matérias-primas, principalmente à temperatura ambiente, ou componentes do produto confeccionados. Por exemplo confeccionar o molho de tomate e o arroz branco simultaneamente, para prevenir que um dos componentes fique em espera, para a preparação do produto Almôndegas com Arroz.

Na etapa de confeção, o parâmetro mais importante é a temperatura final do produto<sup>66,67</sup>. Nas Figuras 22 e 23 estão indicadas as temperaturas finais de confeção dos produtos testados/acompanhados.



**Figura 22.** Temperatura final de confeção dos produtos à base de peixe e acompanhamentos





**Figura 23.** Temperatura final de confeção dos produtos à base de carne

Todos os produtos, após a confeção, atingiram pelo menos os 75 °C no centro geométrico da marmita.

Posteriormente à confeção, os produtos foram colocados em carrinhos, foram pesados e ficaram a aguardar o empratamento/embalagem primária e selagem.

#### 4.3.3 Empratamento/embalagem primária e Selagem

Foram acompanhados os processos de empratamento/ embalagem primária e selagem de 15 lotes diferentes de produtos. Numa situação ideal esta etapa deve ser iniciada imediatamente após a confeção para evitar contaminação do produto e tempos de espera à temperatura ambiente, que faz com que a temperatura do produto diminua lentamente e possibilita o desenvolvimento de microrganismos. A duração desta etapa depende do número de cuvetes a embalar, da disponibilidade do equipamento e do número de colaboradores envolvidos.

Entre algumas normas alimentares não existe consenso relativamente à gama de temperaturas que se deve evitar para minimizar o desenvolvimento microbiano:

- O código de práticas de higiene para os produtos embalados refrigerados de tempo de vida útil alargada (CAC/RCP 46-(1999)) recomenda a redução do tempo a que os produtos permanecem entre 10 °C e 60 °C. Quando possível a temperatura do produto deve arrefecer até aos 10 °C em menos de duas horas. <sup>68</sup> ;

- A agência de Normas Alimentares da Austrália e Nova Zelândia (FSANZ- *Food Standards Australia New Zealand*) considera a gama de temperaturas críticas entre 5 °C e 60 °C, durante um período máximo de 4 horas, uma vez que é necessário este período de tempo para as bactérias causadoras de intoxicações crescerem até níveis perigosos. No entanto, este limite de 4 horas foi estabelecido para alimentos potencialmente perigosos e prontos a comer, o que não é o caso dos produtos da Centralrest, Lda., uma vez que estes são regenerados antes de serem consumidos <sup>69</sup>.
- O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA - *United States Department of Agriculture*) considera a gama de temperaturas críticas, entre 4 °C e 60 °C, uma vez que a maioria das bactérias crescem nesta gama de temperaturas, conseguindo duplicar o seu número, em curtos períodos de tempo como 20 minutos. Neste sentido, esta entidade recomenda um período máximo de 2 horas nesta gama de temperaturas<sup>70</sup>.

Qualquer que seja a gama de temperaturas considerada é importante que, caso existam diversos produtos para embalar em simultâneo, se opte por colocar alguns num equipamento de arrefecimento rápido, começando por embalar os produtos que não estão neste equipamento e no fim embalar os produtos arrefecidos. Desta forma consegue-se reduzir a exposição dos produtos, a temperaturas críticas de crescimento de microrganismos.

Os dados recolhidos relativamente a esta etapa encontram-se na Tabela 14.

**Tabela 14.** Dados referentes ao empratamento/selagem dos lotes acompanhados

\*Tempo de espera do primeiro elemento do prato a ser confeccionado

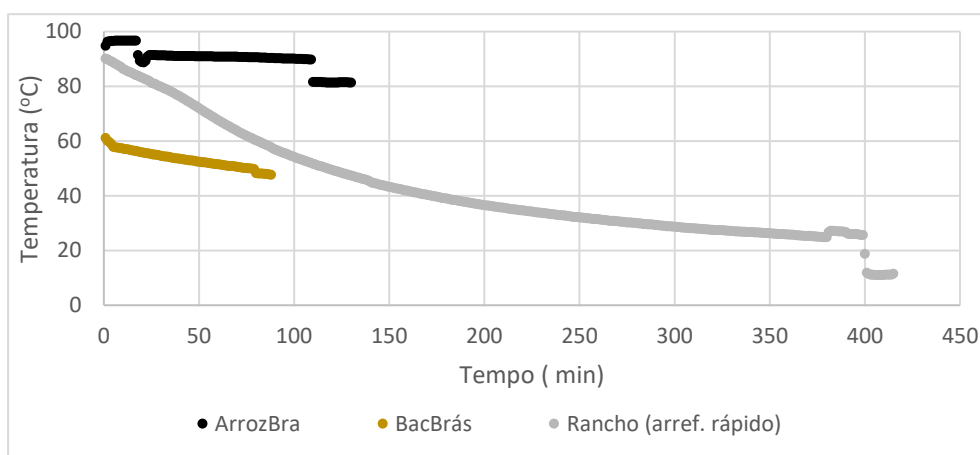
\*\* Tempo de espera durante o qual o produto foi colocado no equipamento de arrefecimento rápido

Referência resumida	Empratamento/Selagem					
	Tempo espera*	Cuvetes	Duração (h)	Nº de colaboradores	T primeira cuvette (°C)	T última cuvette (°C)
<b>Fusilli</b>	4:53 (camarão)	574 de 400g	01:25	6	27,2	24,8
<b>ArrozValen</b>	03:10 **	184 de 800g	00:43	6	51,9	47,8
					39,4	44,6
<b>Feijhococos</b>	04:07 **	386 de 250g	01:05	4	34,1	27,4
<b>Rancho</b>	02:27 **	538 de 250g	01:21	5	39,7	33,2
<b>LasCar</b>	01:50	97 de 2kg	00:45	4	50,2	49,2
		29 de 2kg	00:20		57,2	56,3
<b>ArrozBra</b>	00:13	643 de 200g	01:50	4	74,0	56,6
<b>AlmArroz</b>	01:27	278 de 300g (bipartida)	00:25	4	37,7 (arroz)	35,4 (arroz)
					38,6 (molho)	35,9 (molho)
<b>BacBrás novo</b>	01:15 **	247 de 400g	00:25	3	20,3	25,3
<b>BacBrás</b>	0:15	130 de 800 g	00:25	3	35,6	37,8
<b>Franc</b>	00:18 (bifes)	550 cuvetes de 450g (bipartida)	03:42	4-7	-	16,4 (sandés)
					48,5 (molho)	49,6 (molho)
<b>BatErvas</b>	-	137 de 250g	00:28	3	50,9	40,2
<b>BatDoce</b>	-	109 de 1,5kg	01:14	3	41,0	55,5
<b>ArrozBra750</b>	01:10	232 de 750g	00:30	3	56,5	66,4
<b>Moelas</b>	00:15	148 de 2kg	00:55	4	70,2	53,5
<b>Franc2</b>	00:13	576 de 450g (bipartidas)	02:10 (sandés)	4-7	6,5	9,8
			01:40 (molho)	4	61,5	39,1

O *ArrozBra*, as *Moelas* e o *molho de francesinha* foram os produtos cujas primeiras embalagens foram seladas acima dos 60 °C. Todos os restantes produtos foram embalados na gama crítica de temperaturas (5/10 °C - 60 °C), no entanto, o tempo de empratamento foi inferior a 2 horas, com exceção da francesinha, o qual não é suficiente para que ocorra o desenvolvimento de microrganismos até níveis potencialmente perigosos. No entanto, se adicionarmos ao tempo de embalagem, o tempo de espera, obtêm-se períodos de tempo consideráveis nos quais o produto esteve exposto: o camarão no *Fusilli* (superior a

6 horas), a *LasCar* e o *ArrozBra750* (superior a 2 horas). As restantes referências cujo tempo de espera se previa ser prolongado, foram colocadas no equipamento de arrefecimento rápido.

O empratamento da *Franc/Franc2* é particularmente diferente dos restantes: envolve a colocação de vários ingredientes ordenadamente numa parte da cuvete (pão, bife, queijo, enchidos) e o molho de francesinha na segunda parte da cuvete, o que leva a que, muitas vezes, este processo se prolongue por várias horas. Este tempo pode ser reduzido se forem alocados mais colaboradores para estas tarefas e se, previamente ao empratamento da francesinha, o molho já estiver confeccionado para que as cuvetes tenham todos os elementos e as embalagens sejam seladas o mais rapidamente possível. Na Figura 24 estão os valores de temperatura de três produtos ao longo do tempo de espera após a confeção e durante o embalamento.



**Figura 24.** Variação da temperatura de produtos durante o tempo de espera após a confeção e durante o embalamento.

O Rancho é o exemplo dos produtos que foram arrefecidos no equipamento de arrefecimento rápido previamente ao embalamento. Comparando o declive das retas da Figura 24 verifica-se que, como esperado, o equipamento de arrefecimento rápido permite a redução da temperatura dos produtos de uma forma mais eficiente (neste caso, a título de exemplo, o Rancho). No entanto, ao contabilizar o tempo a que o Rancho esteve entre 10 e 60 °C verificou-se que se tratou de um período superior a 5 horas (300 minutos). No caso do *ArrozBra* e *BacBrás* o embalamento foi feito de forma eficaz pelo que não foi

necessário equacionar a utilização de equipamentos de arrefecimento rápido. Todos os valores de temperatura foram recolhidos aproximadamente no centro geométrico do carrinho o que implica que estes valores de temperatura não representam outras zonas do produto como junto à superfície e paredes do carrinho.

Com os dados recolhidos concluiu-se que o equipamento de arrefecimento rápido nem sempre é suficientemente eficaz, para evitar a exposição do produto a temperaturas favoráveis ao crescimento microbiano. No entanto, isto não significa que haja crescimento, como foi provado adiante, com as análises microbiológicas.

#### **4.3.4 Arrefecimento**

Foi acompanhado o processo de arrefecimento de 15 lotes diferentes dos produtos. O arrefecimento dos produtos selados e colocados em grades foi feito num equipamento de arrefecimento rápido/ congelação por incorporação de ar frio através de um processo de distribuição de ar.

Considerou-se que o produto estava congelado a temperatura igual ou inferior a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  uma vez que, em circunstâncias normais, neste valor de temperatura é minimizada a deterioração enzimática, química e microbiana. Este valor de temperatura não é letal para os microrganismos mas o seu crescimento é prevenido <sup>42</sup>.

Na Tabela 15 está indicada a temperatura dos produtos antes de serem colocados numa câmara de arrefecimento rápido/ congelação e o tempo necessário para estes atingirem os  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

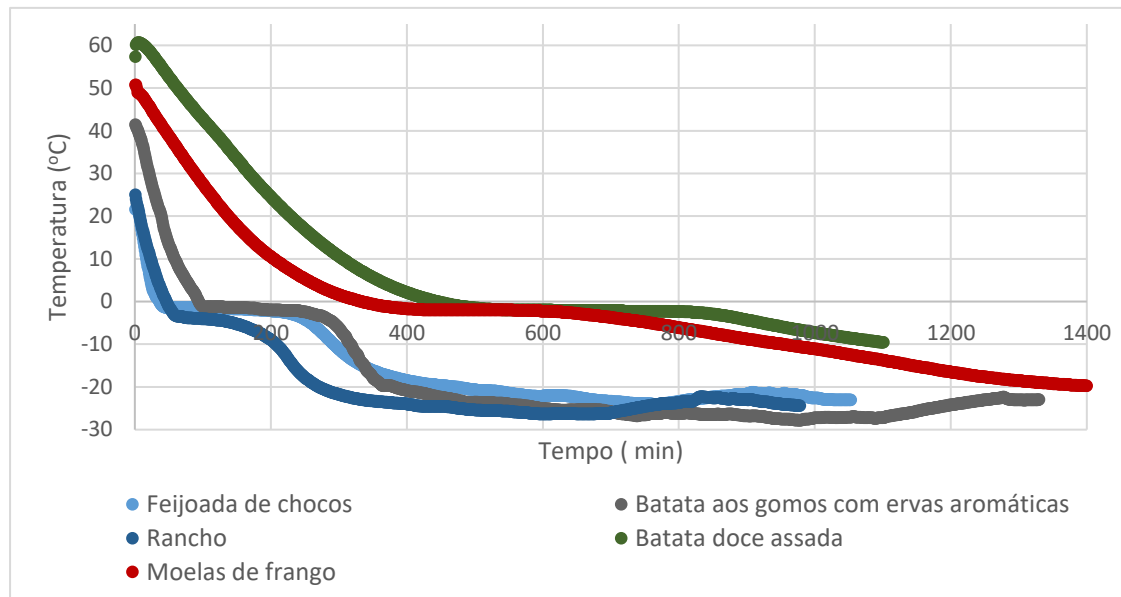
**Tabela 15.** Temperatura inicial e tempo necessário até os produtos atingirem -18 °C.

Referência resumida	Arrefecimento	
	Duração até atingir -18 °C (hh:mm)	T inicial (°C)
Fusilli	03:31	20,0
ArrozValen	04:55	30,3
Feijchocos	06:24	21,5
Rancho	04:10	25,0
LasCar	04:36	49,2
ArrozBra	06:09	29,6
AlmArroz	03:25	15,9
BacBrás novo	05:47	25,1
BacBrás	13:25	31,1
Franc (bife)	05:59	16,4
BatErvas	05:50	41,4
BatDoce*	18:17*	60,6
ArrozBra750	13:56	56,1
Moelas	21:02	50,7
Franc2 (bife)	09:20	9,8
(molho)	05:12	39,1

\*A temperatura final foi -9,6 °C.

Este tempo variou entre 3h25 no caso das *AlmArroz* e 21h02 no caso das *Moelas*. De uma forma geral o tempo de congelação é tanto maior quanto: a) maior for o peso do produto, b) mais afastado estiver da direção da saída de ar frio, c) mais ocupado estiver o Túnel e d) maior o número de aberturas de porta. A *BatDoce*, o *ArrozBra750* e as *Moelas* foram os produtos que demoraram mais tempo a atingir a temperatura pretendida provavelmente devido à temperatura inicial elevada e, no caso da *BatDoce* e das *Moelas*, devido à dimensão das cuvetes (2 kg). O arrefecimento da *LasCar*, pelo contrário, foi relativamente curto dada a reduzida dimensão da cuvette e a sua temperatura inicial, o que significa que a localização na câmara favoreceu o arrefecimento do produto.

Na Figura 25 está representada a variação da temperatura de alguns produtos ao longo da etapa de arrefecimento/congelação na câmara de arrefecimento rápido/congelação.



*Figura 25. Variação da temperatura no centro geométrico do produto ao longo da etapa de arrefecimento na câmara de arrefecimento/ congelação*

Inicialmente todos os produtos arrefeceram rapidamente (declive acentuado) o que correspondeu à libertação do calor sensível e remoção da água presente sob a forma de gelo até ao ponto em que os produtos atingiram um patamar aos  $-1/-2$  °C. Esta temperatura corresponde à temperatura de congelação. Nesse momento o estado líquido e o estado sólido encontravam-se em equilíbrio. O produto manteve-se a esta temperatura enquanto foi removido o calor latente do produto. Posteriormente, na terceira e última fase, a temperatura do produto baixou lentamente até à temperatura final de congelação ou, neste caso, até os produtos atingirem um equilíbrio com a temperatura do Túnel que chegou aos  $-26$  °C.

A congelação a temperaturas inferiores a  $-18$  °C permite a comercialização de produtos congelados com um ano e meio de validade. O processo de congelação retarda alterações bioquímicas nos produtos, inibe a atividade enzimática e o crescimento microbiano devido a 1) formação de gelo intracelular e extracelular, 2) concentração de solutos intracelulares e extracelulares, 3) redução do volume celular e 4) desidratação <sup>42</sup>.

Congelar os produtos e posteriormente proceder à pasteurização não é energeticamente vantajoso, no entanto, esta opção facilita a gestão da produção face às encomendas. Os produtos congelados têm um prazo de validade alargado e podem ser

considerados produtos intermédios, ou seja, caso surjam encomendas os produtos podem ser pasteurizados e comercializados refrigerados.

#### 4.4 Binómios tempo/temperatura de pasteurização

Foram testados quatro binómios tempo/temperatura diferentes de pasteurização (Tabela 16).

*Tabela 16. Binómios tempo/temperatura de pasteurização testadas e respetivos produtos acompanhados*

Produto	W L=2 UP	X L=164 UP	Y L=253 UP	Z L=340 UP
Fusilli	x			
ArrozValen		x		
Feijchocos	x			
Rancho	x			
LasCar				x
ArrozBra	x			
AlmArroz	x			
BacBrás novo		x		
BacBrás		x		
Franc		x		
BatErvas	x			
BatDoce				x
Arroz750		x		
Moelas			x	

As UP indicadas na Tabela acima correspondem à letalidade equivalente de cada binómio tempo/temperatura considerando a temperatura de referência de 70 °C e Z correspondente a 10 (equação 8).

##### 4.4.1 Programa: W

Foi utilizado o programa W que visa inativar o microrganismo alvo *L. monocytogenes* (Tabela 11). Neste caso foram submetidas as referências indicadas na Tabela 16 que correspondem a produtos até 400 g. Os produtos foram distribuídos no

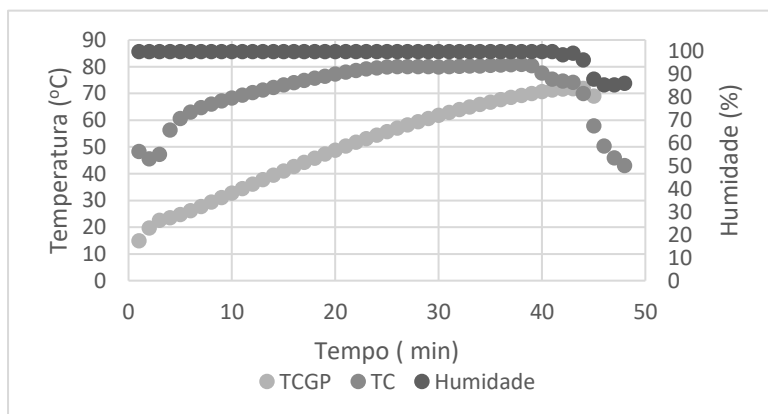


tabuleiro conforme a Figura 26 e a sonda foi colocada numa almôndega que é o ponto de aquecimento mais lento, é um sólido em contacto com o líquido (molho de tomate).

Na Figura 27 encontra-se o gráfico com os dados extraídos da variação da temperatura na câmara (TC), temperatura no centro geométrico do produto (TCGP) e a percentagem de humidade da estufa (%) durante a pasteurização W.



**Figura 26.** Disposição das amostras na grade e localização da sonda (almôndega)



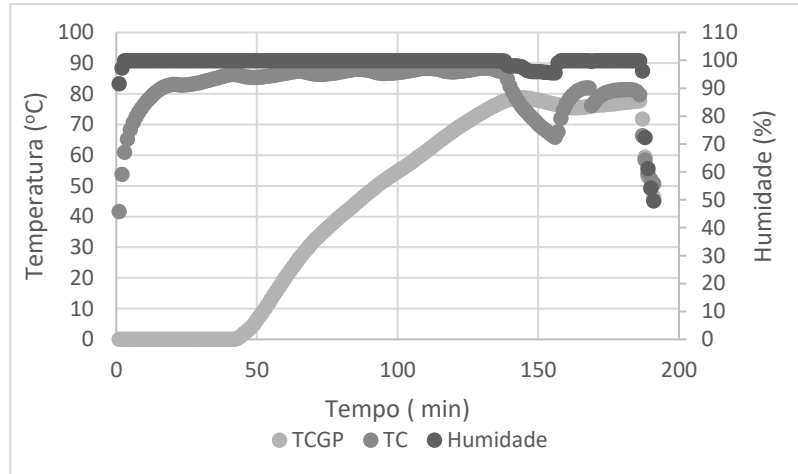
**Figura 27.** Variação da percentagem de humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura do centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização W

Foram necessários 40 minutos no total até o produto atingir a temperatura pretendida. A percentagem de humidade da estufa manteve-se perto dos 100% o que facilitou o aquecimento dos produtos. O programa demorou cerca de 50 minutos na sua totalidade o que permitia em 9 horas de trabalho diário (8 horas + 1 hora almoço) a realização de 10 ciclos de pasteurização para produtos de dimensões pequenas. Em termos visuais os produtos não apresentavam sinais de sobrepasteurização quando comparados com os produtos pasteurizados habitualmente pela empresa.

#### 4.4.2 Programa X

Foi selecionado o programa X. Neste caso foram submetidas as referências indicadas na Tabela 16 que correspondem a produtos entre 400g e 800g.

Os produtos estavam distribuídos no tabuleiro conforme a Figura 28 e a sonda foi colocada numa cuvete de Bacalhau à Brás. Na Figura 29 encontra-se o gráfico com os dados extraídos da pasteurização X.



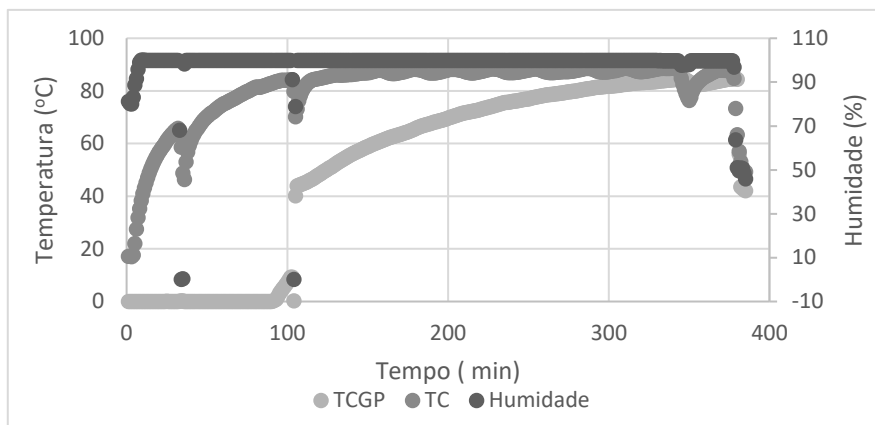
**Figura 28.** Disposição das amostras na grade e localização da sonda (*BacBrás*)

**Figura 29.** Variação da percentagem de humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura no centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização a X

Nos primeiros 40 minutos da pasteurização a temperatura no centro geométrico do produto foi negativa, no entanto este valor é considerado zero quando os dados são extraídos para o computador. Após 140 minutos de pasteurização verificou-se uma descida acentuada da temperatura da câmara que se justificada pela abertura da porta do pasteurizador para verificar a localização da sonda. O programa demorou cerca de 190 minutos na sua totalidade o que permitia num dia de 9 horas de trabalho a realização de dois ciclos de pasteurização de produtos das dimensões indicadas acima. Em termos visuais os produtos não apresentavam sinais de sobrepasteurização com exceção do *BacBrás* que ficou com duas tonalidades (tom mais escuro junto à embalagem e tom mais claro no centro).

#### 4.4.3 Programa: Y

Foi selecionado o programa Y. Neste caso foram utilizadas apenas as Moelas de Frango 2 kg conforme indicado na Tabela 16. A sonda foi colocada no ponto de aquecimento mais lento dos produtos que neste caso era uma moela. Na Figura 30 encontra-se o gráfico com os dados extraídos da pasteurização Y.



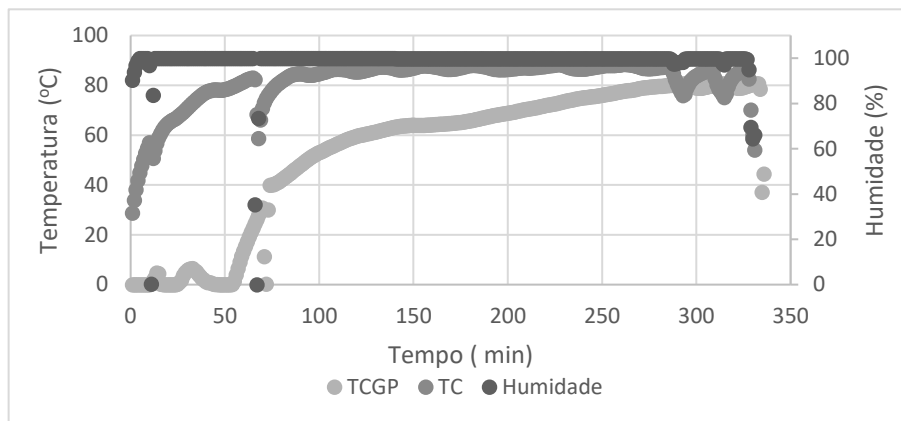
**Figura 30.** Variação da humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura do centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização Y

Nos primeiros 90 minutos a temperatura no centro geométrico do produto foi negativa (este valor foi considerado zero na Figura 30). Ao fim de 103 minutos foi aberta a porta para verificar a localização da sonda e pela análise da Figura 30 verificou-se uma descontinuidade na linha da temperatura o que significa que a sonda não ficou precisamente na mesma localização. O programa demorou cerca de 385 minutos na sua totalidade e, relativamente às condições anteriores, verificou-se que este programa foi bastante mais longo devido ao tamanho e peso das cuvetes (2 kg face a produtos com menos de 800g). O filme de termoselagem permaneceu intacto e no final os produtos não apresentavam sinais visuais de sobrepasteurização quando comparados com os produtos pasteurizados habitualmente pela empresa.

#### 4.4.4 Programa Z

Foi selecionado o programa Z. Neste caso foram utilizadas as amostras de Lasanha de carne e Batata Doce ambas de 2 kg conforme indicado na Tabela 16.

A sonda foi colocada no centro geométrico de uma cuvette de Lasanha de carne. Na Figura 31 encontra-se o gráfico com os dados extraídos da pasteurização Z.



**Figura 31.** Variação da humidade da estufa, da temperatura na câmara (TC) e da temperatura do centro geométrico do produto (TCGP) durante a pasteurização Z

Nos primeiros 54 minutos da pasteurização a temperatura no centro geométrico do produto é negativa (este valor é considerado zero no gráfico da Figura 31). Ao fim de 66 minutos foi aberta a porta para verificar a localização da sonda o que justifica o aumento da temperatura verificada no gráfico da Figura 31. O programa demorou cerca de 335 minutos na sua totalidade.

Comparando o programa de Y e o programa Z verifica-se uma diferença no tempo total do programa (385 e 335 minutos, respetivamente) que se deve à diferença entre os produtos utilizados e aos 4 °C que diferem os dois programas. Foram necessários 96 minutos para que as moelas aquecessem entre da temperatura de Y até à temperatura de Z o que corresponde a um período de tempo bastante longo. No final a Batata Doce, em particular, tinha as características visuais esperadas. A Lasanha de Carne não estava com o aspeto esperado uma vez que o filme de termoselagem teve que ser quebrado para introduzir a sonda durante o ensaio.

#### 4.4.5 Arrefecimento das amostras pasteurizadas

Foram pasteurizadas duas amostras de cada referência: uma para ser analisada após a pasteurização e outra para ser analisada após 42 dias. A amostra para analisar após a pasteurização foi congelada no Túnel 5 para inativar o metabolismo microbiano até ser recolhida pelo laboratório de análises microbiológicas. A amostra para analisar após os 42 dias foi arrefecida e mantida em refrigeração entre 0 e 3 °C.

Na Tabela 17 estão compilados os dados relativamente ao arrefecimento dos produtos pasteurizados.

*Tabela 17. Condições de arrefecimento acompanhadas dos produtos pasteurizados*

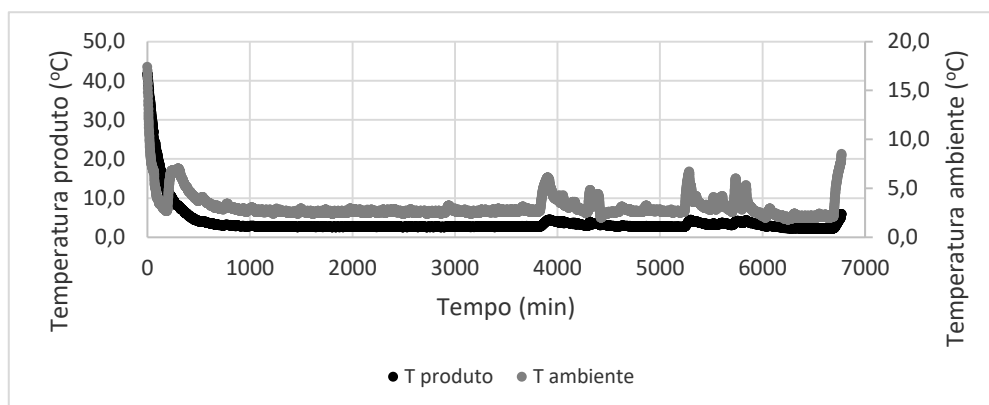
<b>Binómio tempo/temperatura</b>	<b>Tempo até produto atingir 3 °C</b>	<b>Tempo entre 5 °C e 60 °C</b>
W	13h16 min	7h32 min
X	14h57 min	9h18 min
Y	17h07 min	10h24 min
Z	23h29 min	14h02 min
	28h15 min *	5h11 min**

\* tempo até atingir -18 °C

\*\* Câmara de congelados

Devido ao reduzido número de *Data Loggers* foi dada prioridade ao acompanhamento dos produtos arrefecidos no equipamento de conservação de refrigerados, que eram os produtos arrefecidos de forma mais lenta.

Na Figura 32 está representada a variação da temperatura entre duas cuvetes de produto pasteurizado W e a temperatura da câmara ao longo do arrefecimento. Como indicado na Tabela 17 foram necessárias 13h16 min para o produto atingisse 3 °C e no total, o produto, esteve 7h32 min entre 5 °C e 60 °C.



**Figura 32.** Arrefecimento dos produtos pasteurizados W: temperatura do produto e temperatura ambiente

No gráfico da Figura 32 observa-se uma oscilação na temperatura da câmara a partir dos 3800 minutos que correspondeu a uma manhã de segunda-feira, altura em que a porta é aberta frequentemente para preparações de novos produtos. A temperatura da câmara atingiu um máximo a 6 °C o que fez com que a temperatura do produto aumentasse de 2,7 °C para 4,4 °C. Ocorreram outras oscilações semelhantes nomeadamente ao minuto 5300.

Os produtos pasteurizados X estiveram sujeitos às mesmas condições de arrefecimento do que os produtos pasteurizados W. No entanto, como os produtos eram de maiores dimensões foi necessário um período de tempo maior para os produtos atingirem a temperatura pretendida: 14h57 minutos para o produto atingir 3 °C e o produto esteve 9h18 minutos sujeito a temperatura entre 5 e 60 °C (Tabela 17).

Os produtos pasteurizados Y foram colocados inicialmente a arrefecer em câmara de arrefecimento/ congelação. Passadas cerca de 2 horas os mesmos foram transferidos para a câmara de refrigeração. No total foram necessárias 17h07 minutos para os produtos atingirem os 3 °C e estiveram 10h24 minutos entre 5 °C e 60 °C (Tabela 17).

Os produtos pasteurizados Z foram colocados inicialmente no Túnel 5 e 1 hora depois foram transferidos para a câmara de refrigeração. Apesar de serem de dimensões iguais aos produtos pasteurizados Y, os produtos Z estiveram menos uma hora no Túnel o que fez com que fosse necessário mais tempo para atingir as temperaturas pretendidas: no total foram necessárias 23h29 minutos para atingirem os 3 °C e 14h02 minutos entre 5 °C e 60 °C (Tabela 17). Os produtos Z que foram congelados até serem recolhidos pelo laboratório demoraram cerca de 28h15 minutos a atingir -18 °C na câmara de congelados

e estiveram sujeitos a temperaturas entre 5 °C e 60 °C durante 5h11 minutos. Este último valor contrasta bastante com as 14h02 minutos que foram necessárias para os produtos arrefecerem no equipamento de conservação de refrigerados até os 5 °C. Desta forma torna-se claro o contraste entre o arrefecimento nos dois equipamentos.

Todos os ensaios de pasteurização foram realizados à sexta feira uma vez que coincidiu com dias em que os equipamentos de tratamento térmico não estavam a ser utilizados para a produção. Neste sentido não foi possível deixar os produtos pasteurizados que aguardavam 42 dias a arrefecer na câmara de congelação uma vez que, caso tal acontecesse, apenas seriam retirados na segunda feira seguinte e os 42 dias iriam incluir 2 dias em que o produto estaria congelado. Assim, as cuvetes que ficaram a aguardar 42 dias para serem analisadas foram arrefecidas num equipamento de conservação de refrigerados, o que deu origem a um arrefecimento lento que poderá ter influenciado os resultados microbiológicos posteriores. No dia-a-dia da produção não se coloca esta questão porque evita-se pasteurizar produtos à sexta-feira. Os gráficos do arrefecimento dos produtos do segundo, terceiro e quarto programas de pasteurização encontram-se no Anexo A.

#### **4.6 Análises microbiológicas**

A legislação portuguesa é omissa no que se refere à grande maioria dos produtos prontos a comer tornando imprescindível a elaboração de Valores Guia para apreciação de resultados analíticos, isto é, limites a partir dos quais as determinações microbiológicas quantitativas e qualitativas permitem qualificar o produto e implementação de medidas corretivas posteriores. Os produtos da Centralrest, Lda. não são exatamente produtos prontos a comer já que necessitam de uma etapa de regeneração (aquecimento no forno ou micro-ondas) antes do respetivo consumo. No entanto, os produtos prontos a comer são a realidade mais próxima dos produtos da empresa.

O INSA dividiu os alimentos prontos a comer em três grupos de acordo com o tipo de ingredientes e para cada ensaio microbiológico estabeleceu 4 níveis de qualidade microbiológica: satisfatório que corresponde a uma boa qualidade microbiológica;

aceitável que indica que o produto se encontra dentro dos limites estabelecidos; não satisfatório caso o produto não satisfaça um ou mais valores estabelecidos ou inaceitável se forem detetados microrganismos patogénicos ou toxinas no produto que podem constituir um risco para a saúde <sup>71</sup>. A FSAI, por outro lado, estabeleceu apenas 3 níveis: satisfatório, *borderline* e não satisfatório <sup>67</sup>. De forma a facilitar a análise dos resultados dos ensaios microbiológicos a empresa sistematizou os critérios anteriores definindo apenas o limite superior para cada ensaio microbiológico.

Os resultados das análises microbiológicas realizadas no âmbito deste trabalho pela Controlvet Segurança Alimentar S.A. encontram-se nas Tabelas 18, 19 e 20.

Em todos os produtos analisados (antes da pasteurização, depois da pasteurização e depois de 42 dias) não foi detetada *Salmonella spp.* (em 25g). As contagens de Clostrídios sulfitorreduzidores, *E.coli*, *Staphylococcus coagulase +* e *L. monocytogenes* foram sempre inferiores a  $1,0 \times 10^1$  ufc/g. As contagens de *B. cereus* foram sempre inferiores a  $1,0 \times 10^2$  ufc/g. Estes resultados negativos ou inferiores ao limite de deteção dos respetivos métodos foram omitidos das Tabelas seguintes para facilitar a compreensão.

**Tabela 18.** Resultados microbiológicos dos produtos pasteurizados W

Referência resumida		C. bolores (ufc/g)	C. leveduras (ufc/g)	C. microrganismos a 30 °C (ufc/g)	C. Enterobactérias (ufc/g)
Fusilli	Pré Past			$1 \times 10^3$	
	Pós Past			$3,7 \times 10^3$	
	Após 42 d		$>1,5 \times 10^5$	$3,0 \times 10^8$	$>1,5 \times 10^6$
FeijChocos	Pré Past			$1,5 \times 10^2$	
	Pós Past			$<4,0 \times 10^1$ *	
	Após 42 d		$1,5 \times 10^3$	$>3,0 \times 10^8$	
ArrozBra	Pré Past			$<4,0 \times 10^1$ *	
	Pós Past				
	Após 42 d	$4,0 \times 10^4$	$3,4 \times 10^4$	$>3,0 \times 10^8$	
AlmArroz	Pré Past		$<4,0 \times 10^2$ *	$2,8 \times 10^5$	
	Pós Past			$4,2 \times 10^2$	



	Após 42 d			1,4x10 <sup>4</sup>	
<b>BatErvas</b>	Pré Past				
	Pós Past				
	Após 42 d			8,0x10 <sup>6</sup>	
<b>Rancho</b>	Pré Past				
	Pós Past				
	Após 42 d			3,8x10 <sup>2</sup>	

\*inferior a 4x a diluição

Legenda:

	<1,0x10 <sup>2</sup>		<1,0x10 <sup>1</sup>
--	----------------------	--	----------------------

Na Tabela 18 estão indicados os resultados microbiológicos obtidos dos produtos que foram submetidos ao programa de pasteurização W. Previamente à pasteurização o *Fusilli* e as *AlmArroz* foram os produtos com contagens mais elevadas de microrganismos a 30 °C: no caso do *Fusilli* devido ao perfil de temperatura verificado durante o tempo de espera do empratamento (camarão e brócolos) que potenciou o desenvolvimento microbiano e no caso das almôndegas uma vez que se trata de um produto cárneo muito manipulado.

Por outro lado, o *ArrozBra*, as *BatErvas* e o *Rancho* foram os produtos com as menores contagens microbiológicas antes da pasteurização já que foram produtos totalmente confeccionados o que permitiu reduzir a flora microbiana das matérias-primas. Tendo em conta os resultados após a pasteurização W concluiu-se que este binómio tempo/temperatura foi eficaz na redução das contagens microbiológicas em todos os produtos com exceção do *Fusilli*. A falta de representatividade do produto na amostra que foi analisada é a única explicação plausível para as contagens.

Nos produtos que não tinham contagens anteriormente (*BatErvas* e *Rancho*) também não foram reportadas contagens após a pasteurização. Neste caso podia-se questionar o objetivo em pasteurizar estes produtos, que aparentemente sem pasteurização são seguros. No entanto, a etapa de pasteurização representa um ponto de controlo para, no caso de haver desenvolvimento microbiano durante o processo, se obter um produto seguro no final.

Após os 42 dias os resultados microbiológicos não foram satisfatórios para o *Fusilli*, *FeijChocos*, *ArrozBra* uma vez que se obtiveram contagens elevadas de microrganismos a 30°C, leveduras e no caso do *ArrozBra* também se obteve contagens de bolores significativas. O facto das amostras terem arrefecido lentamente poderia também ter influenciado estes resultados insatisfatórios.

O binómio W permitiu obter resultados satisfatórios para os produtos *AlmArroz* e *Rancho* ambos pertencentes ao grupo 5m. Nos restantes produtos este binómio poderia ser uma possibilidade a considerar no caso de se pretender comercializá-los com prazo de validade mais reduzido. Como indicado na Tabela 9 no Ponto 4.1, este binómio de tempo/temperatura permitiu obter produtos de peixe *bandong*, peito de frango e peru seguros durante 21-28 dias a uma temperatura de armazenamento de 3 °C. Neste caso devia-se proceder à respetiva validação (considerando uma margem de segurança de 1/3), mas previam-se resultados mais satisfatórios.

Na Tabela 19 estão indicados os resultados microbiológicos obtidos dos produtos que foram submetidos ao programa de pasteurização X.

Tabela 19. Resultados microbiológicos dos produtos pasteurizados X

Referência resumida		C. bolores (ufc/g)	C. leveduras (ufc/g)	C. microorganismos a 30 °C (ufc/g)	C. Enterobactérias (ufc/g)
ArrozValen	Pré Past		NE9,0x10 <sup>2</sup>	1,9x10 <sup>3</sup>	
	Pós Past				
	Após 42 d			2,3x10 <sup>3</sup>	
BacBrás novo	Pré Past	NE8,0x10 <sup>2</sup>	NE8,0x10 <sup>2</sup>	2,3x10 <sup>3</sup>	
	Pós Past				
	Após 42 d			8,8x10 <sup>3</sup>	
BacBrás	Pré Past			1,5x10 <sup>2</sup>	
	Pós Past				
	Após 42 d			NE5,0x10 <sup>1</sup>	
Franc	Pré Past		>1,5x10 <sup>5</sup>	2,0x10 <sup>4</sup>	
	Pós Past			1,5x10 <sup>6</sup>	
	Após 42 d			4,8x10 <sup>5</sup>	
ArrozBra750	Pré Past			<4,0x10 <sup>1</sup> *	
	Pós Past				
	Após 42 d			1,2x10 <sup>8</sup>	

\*inferior a 4x a diluição

Legenda:

	<1,0x10 <sup>2</sup>		<1,0x10 <sup>1</sup>
--	----------------------	--	----------------------

Previamente à pasteurização X todos os produtos com exceção do ArrozBra750 tinham contagens microbiológicas consideráveis. Os produtos que continham componentes que foram adicionados a frio como os camarões no *ArrozValen*, a batata frita, natas e ovo no caso do *BacBrás* e o queijo e produtos cárneos no caso da *Franc* apresentaram contagens superiores uma vez que a etapa de confeção não abrangeu estes ingredientes e por essa mesma razão não foram eliminados os microrganismos naturalmente presentes.

Os produtos pasteurizados submetidos ao binómio X apresentaram contagens abaixo dos limites definidos pela empresa. De uma forma geral verificaram-se reduções

mais significativas nas contagens após a pasteurização X face à pasteurização W o que está de acordo com a diferença de letalidade dos processos. Após 42 dias obtiveram-se contagens relativamente baixas em todos os produtos e dentro dos limites estabelecidos pela empresa. Os grupos de produtos 2m (*ArrozValen* como referência), 3m (*BácBrás/BacBrás novo*) e 9m (*Franc*) foram validados para 42 dias o que permitiria atribuir 28 dias de validade aos produtos a comercializar. O *ArrozBra750* foi a exceção já que este produto teve contagens significativas de microrganismos a 30 °C. Por outro lado, os resultados da *Franc*, em particular, não foram muito congruentes: a contagem de leveduras após a pasteurização diminuiu face ao estado antes da pasteurização, mas verificou-se um aumento no número de microrganismos a 30 °C após a pasteurização. Após 42 dias este último parâmetro reduziu ligeiramente. O que se esperava era uma redução significativa da contagem dos microrganismos a 30 °C após a pasteurização e um aumento ao fim de 42 dias. A falta de representatividade da amostra que foi analisada ou o arrefecimento lento podem ter estado na origem dos resultados.

Apesar do objetivo principal do trabalho se focar na revalidação da pasteurização de produtos de pequenas dimensões, com o avançar do trabalho foi possível ponderar a revalidação desta etapa, em produtos de maiores dimensões. Na Tabela 20 estão indicados os resultados microbiológicos obtidos dos produtos que foram submetidos às pasteurizações Y e Z.

Tabela 20. Resultados microbiológicos dos produtos pasteurizados Y e Z

Referência resumida		C. bolores	C. leveduras	C. microrganismos a 30 °C	C. Enterobactérias
<b>Moelas (Y)</b>	Pré Past			9,8x10 <sup>3</sup>	
	Pós Past			7,8x10 <sup>2</sup>	1,4x10 <sup>2</sup>
<b>LasanhaCar (Z)</b>	Pré Past		<4,0x10 <sup>2</sup> *	8,8x10 <sup>2</sup>	
	Pós Past				
	Após 42 d		2,0x10 <sup>4</sup>	1,1x10 <sup>6</sup>	
<b>BatDoce (Z)</b>	Pré Past			2,1x10 <sup>2</sup>	
	Pós Past				
	Após 42 d	NE6,0x10 <sup>2</sup>		<4,0x10 <sup>1</sup> *	

\*inferior a 4x a diluição

Legenda:

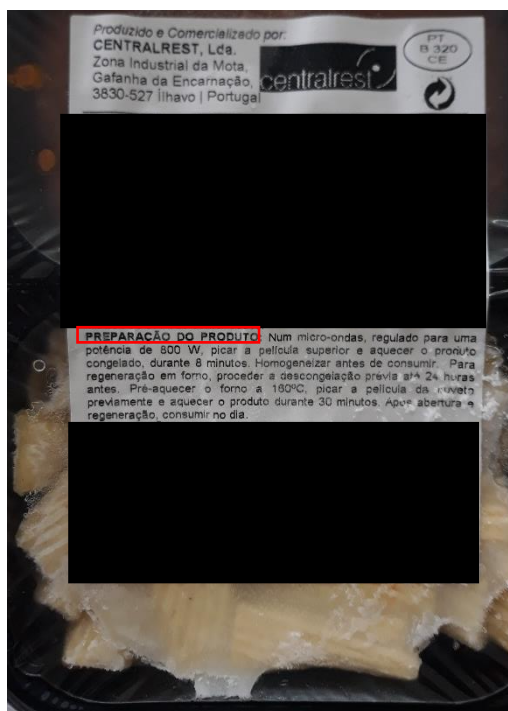
	<1,0x10 <sup>2</sup>		<1,0x10 <sup>1</sup>
--	----------------------	--	----------------------

Antes da pasteurização foram detetadas contagens significativas de microrganismos a 30°C nas Moelas, no entanto, após a pasteurização para além destas contagens foram detetadas Enterobactérias o que não tem uma explicação aparente a não ser a justificação anterior que identifica a falta de representatividade da amostra analisada. Como foram detetadas Enterobactérias mas não foram detetadas *Salmonella spp.* e *E.coli* que pertencem a este grupo de bactérias, significa que as Enterobactérias poderiam ser dos géneros *Klebsiella*, *Shigella* e *Yersinia*.

Antes da pasteurização da *LasCar* e da *BatDoce* os resultados microbiológicos foram satisfatórios. Após a pasteurização as contagens indicaram que a carga microbiana presente era muito baixa. Após 42 dias de pasteurização na *LasCar* foram determinadas contagens elevadas de microrganismos a 30 °C e leveduras o que indica que o produto não tinha qualidade microbiológica. Na *BatDoce* foram contabilizados bolores que também indicam baixa qualidade microbiológica considerando a possível formação de micotoxinas.

#### 4.6.1 Regeneração

Apesar da qualidade microbiológica dos produtos ser um parâmetro fulcral na validação do processo é necessário ter em conta que estes produtos não se incluíam na categoria dos produtos *ready-to-eat*, incluíam-se antes na categoria *ready-to-heat* uma vez que, os consumidores devem regenerar os produtos antes do seu consumo. A regeneração é indicada no rótulo e é testada de forma a que o produto atinja 75 °C no centro geométrico da embalagem pela mesma razão que se deve atingir esta temperatura no fim da confeção (Figura 33).



*Figura 33. Exemplo de rótulo com etapa de regeneração evidenciada*

Esta etapa pode ser realizada num forno, micro-ondas ou num fogão. Previamente pode ser necessário descongelar o produto e pré-aquecer o forno. Neste sentido, ao analisar os resultados microbiológicos, deve-se ter em conta que os produtos são submetidos a uma etapa de aquecimento que inativa os microrganismos previamente ao consumo.

## 4.7 Embalagem secundária/terciária

Foi feito o acompanhamento da etapa de embalagem secundário e terciário de alguns produtos. As condições verificadas encontram-se na Tabela 21.

*Tabela 21. Condições de embalagem secundário/terciário*

Referência	Tempo embalagem (horas)	T inicial (°C)	T após embalagem sec/ter (°C)*	Tempo no cais até colocação na CF14	T início cais* (°C)	T fim cais* (°C)
Arroz de pato pasteurizado (8 caixas=48 cuvetes)	00:25	-	11,0	00:26	11,0	12,1
Arroz de camarão 300gr pasteurizado (31 caixas=186 cuvetes)	00:15	4,0	5,4	00:20	5,4	5,9
Caldo verde 350g pasteurizado (11 caixas=132 taças)	00:08	11,7	11,2	00:33	11,9	12,4

\*O DL foi colocado entre caixas de produtos

Nos três produtos acompanhados verificou-se que a sua temperatura era superior à temperatura alvo dos produtos pasteurizados que é 3 °C. Neste caso, os produtos deveriam ter ficado mais tempo na câmara de arrefecimento até atingirem a temperatura pretendida e depois prosseguiam para a embalagem. O Arroz de pato pasteurizado foi a referência cujo embalagem demorou mais tempo possivelmente porque estava a decorrer o embalagem de outros produtos em simultâneo.

Após esta fase foi realizado o controlo metrológico (n=5 caixas) para confirmar o peso dos produtos, foi feita a verificação de rótulos e, por fim, antes de serem colocadas numa palete, as caixas foram encaminhadas para o detetor de metais (PCC2). Posteriormente as paletes foram encaminhadas para o Cais de Expedição ficando a aguardar pela respetiva verificação que se prolongou, no máximo, por 33 minutos. No fim os produtos ficaram no equipamento de conservação de refrigerados junto ao Cais até serem encaminhadas para um veículo de transporte.

## 4.8 Transporte de produtos pasteurizados refrigerados

De acordo com a norma IFS *Food*, requisito 4.15.4: “Quando os produtos devem ser transportados em determinadas temperaturas, a manutenção da faixa adequada de temperatura durante o transporte deve ser assegurada e documentada.”<sup>6</sup>

O objetivo desta etapa do trabalho foi acompanhar a variação da temperatura do produto, junto ao produto e temperatura da câmara durante o transporte. Foram selecionadas as rotas com mais paragens e conseqüentes aberturas de porta. A Rota 2 encontra-se no Anexo B.

### 4.8.1 Rota 1

A Rota 1 incluiu no total 19 paragens. Desde a saída das instalações da empresa até à entrega da última encomenda decorreram 9 horas de transporte. Na Figura 34 está representada a evolução da temperatura dos produtos refrigerados ao longo do transporte/distribuição.

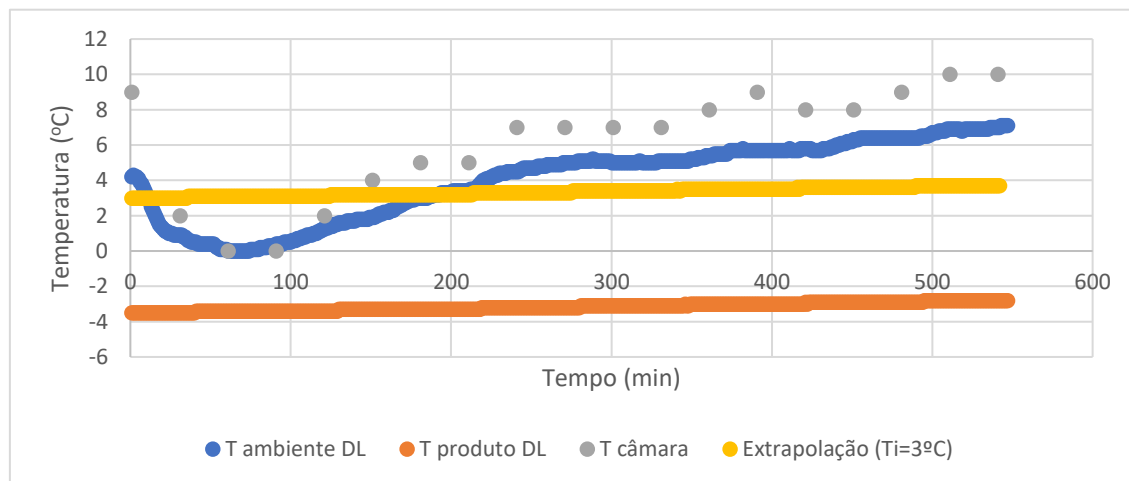


Figura 34. Temperaturas de conservação de refrigerados registadas ao longo do tempo de transporte/distribuição

#### Legenda:

As linhas a cinzento e a preto são os dados recolhidos por um equipamento de medição e registo de temperatura (no centro geométrico do produto e junto ao produto respetivamente).

A linha amarela corresponde aos dados extrapolados a partir do registo de dados do produto considerando que a temperatura inicial do mesmo é 3 °C.

Os dados indicados pelos triângulos laranja correspondem aos dados obtidos pelo gravador R16404 do ticket diário (são registados de meia em meia hora).



Durante a primeira hora registou-se uma descida da temperatura ambiente junto ao produto de aproximadamente 3,9 °C. Passados cerca de 90 minutos do início de transporte constatou-se uma avaria no sistema de ar frio da caixa de carga, tendo sido os produtos mantidos nessas condições até ao final da distribuição de encomendas, o que justifica a subida gradual da temperatura ambiente ao longo do tempo. As subidas mais acentuadas da temperatura ambiente correspondem a aberturas de porta da caixa de carga frigorífica para entrega de encomendas.

Ainda que durante o período de transporte/distribuição de encomendas a amplitude térmica ambiente junto ao produto tenha sido 7,1 °C, esta subida de temperatura não se refletiu na temperatura do produto, cuja amplitude térmica foi de 0,7°C: a temperatura no início do transporte foi -3,5 °C e no final -2,8 °C.

Caso a temperatura inicial do produto fosse 3°C, por extrapolação dos dados relativos a este transporte e assumindo o mesmo delta T, seria de esperar que a partir dos 36 minutos o produto passasse a estar acima da temperatura alvo de transporte de produtos refrigerados que é 3 °C até ao fim da distribuição de encomendas; no entanto, durante o transporte, não se verificariam temperaturas superiores a 3,7 °C.

Apesar da avaria do sistema de frio do veículo de transporte, a amostra de produto refrigerado que foi sujeita às condições descritas encontrava-se conforme em termos microbiológicos e com resultados satisfatórios em termos de segurança alimentar.

## 5. Conclusão

A Centralrest, Lda. espelha a realidade atual de muitas empresas do setor nas quais já não são efetuados controlos de qualidade através de análises microbiológicas extensivas, mas sim através de um sistema de controlo preventivo como o sistema HACCP que além de mais eficaz é também mais económico. Por si só as análises microbiológicas não garantem a segurança do produto final devido a razões relacionadas com a amostragem, metodologia e distribuição dos microrganismos na matriz.

As refeições prontas indicadas neste trabalho são produtos nos quais os fatores como o pH e  $a_w$  não facilitam a respetiva conservação: de uma forma geral são produtos pouco ácidos ( $\text{pH} > 4,6$ ), com exceção dos produtos que contêm uma elevada percentagem de tomate na sua composição, e têm uma elevada atividade de água que também permite o desenvolvimento microbiano.

No decorrer do trabalho foram acompanhados os processos produtivos de 15 lotes diferentes de produtos: durante as etapas de preparação, confeção, empratamento, arrefecimento e embalagem foram respeitados os princípios gerais do sistema HACCP. A etapa de preparação foi realizada, sempre que possível, em ambiente refrigerado. No período de espera entre a confeção e o embalagem/selagem evitou-se ao máximo expor os produtos a temperaturas entre 5/10 °C e 60 °C.

Atendendo à intenção de propor uma alteração ao binómio tempo/temperatura da pasteurização foi necessário revalidar o processo, com as devidas alterações, para posteriormente a etapa modificada fazer parte da prática comum da empresa. Neste sentido foram testados quatro binómios tempo/temperatura em produtos de variadas dimensões: W, X, Y e Z. Foram realizadas análises microbiológicas em três momentos dos produtos: previamente à pasteurização, posteriormente à pasteurização e após 42 dias da pasteurização, para posteriormente se avançar para os 63 dias e perceber se é de manter os 42 dias para estes binómios ou se se altera para o aqui validado – 28 dias de validade no produto a comercializar e respeitando assim a margem de segurança.

Ao fim de 42 dias a maioria dos produtos pasteurizados W, com exceção de dois, não eram seguros em termos microbiológicos, pelo que este binómio tempo/temperatura

apenas poderia ser considerado no futuro para validar alguns produtos com um prazo de validade mais curto. Os produtos submetidos à pasteurização X com exceção do *ArrozBra750* revelaram-se promissores uma vez que estavam conformes em termos microbiológicos ao fim de 42 dias, tendo em conta os limites definidos pela empresa. Este binómio tempo/temperatura poderia ser uma solução a ponderar para melhorar o processo de pasteurização dos produtos em geral. Os produtos pasteurizados Z analisados ao fim de 42 dias apresentavam contagens significativas de microrganismos a 30 °C ou bolores pelo que esse processo, em particular, não foi considerado validado.

O binómio W de pasteurização foi validado em termos microbiológicos para o grupo de produtos 5m. O binómio X da mesma forma foi validado para os grupos 2m, 3m e 9m.

Na etapa de transporte foram verificados alguns abusos de temperatura e *inclusivé* avaria do sistema de frio do veículo numa das rotas. No entanto, após análise microbiológica do produto refrigerado verificou-se que este se encontrava conforme e com resultados satisfatórios em termos de segurança alimentar.

Apesar da etapa de pasteurização ter um papel fundamental na produção de produtos pasteurizados e na discussão deste trabalho, o acompanhamento de todo o processo produtivo e o transporte foi preponderante para compreender a importância e impacto de todas as etapas na qualidade do produto final.

## **6. Trabalho futuro**

Como trabalho futuro destaca-se a necessidade de propor e revalidar a pasteurização dos grupos de produtos que não foram considerados neste trabalho e continuar a validação com a margem de segurança desejada. Seria igualmente importante incluir a etapa de regeneração e análise organolética dos produtos. Neste trabalho foi utilizada a estufa pelo que, no futuro, é importante considerar o forno convector onde também são realizadas pasteurizações.

Deve-se considerar a margem de segurança no prazo de validade dos produtos, ou seja, os produtos deverão ser avaliados em termos microbiológicos e organoléticos após um terço ou um quinto do fim da validade.

## 7. Bibliografia

1. Incoronato, A. L., Gammariello, D., Conte, A. & Nobile, M. A. Del. Ready-to-cook fresh meal : study for shelf life prolongation. **53**, 990–995 (2016).
2. Geeroms, N., Verbeke, W. & Kenhove, P. Van. Consumers ' health-related motive orientations and ready meal consumption behaviour. **51**, 704–712 (2008).
3. Leroy, F. & Degreef, F. Convenient meat and meat products . Societal and technological issues. *Appetite* **94**, 40–46 (2015).
4. Irmãos Monteiro S.A.; Centralrest. *Manual do Sistema de Gestão Qualidade*. (2019).
5. IAPMEI PME 2011. Disponível em: <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Qualificacao-Certificacao/PME-Lider/Documentos-PME-Lider-e-PME-Excelencia/ListaPMEEExcelencia2011site.aspx>. (Acedido: 11 Outubro 2019)
6. IFS Food Norma para auditoria da qualidade e segurança de alimentos para produtos alimentícios. (2017).
7. FAO. Disponível em: [www.fao.org/3/v7700t/v7700t09.htm](http://www.fao.org/3/v7700t/v7700t09.htm). (Acedido: 25 Outubro 2019)
8. HACCP. Disponível em: [www.asae.gov.pt/pagina.aspx?back=1&codigono=54105579AAAAAAAAAAAAAAAAAA](http://www.asae.gov.pt/pagina.aspx?back=1&codigono=54105579AAAAAAAAAAAAAAAAAA) . (Acedido: 25 Outubro 2019)
9. Parlamento e Conselho Europeu. Regulamento (CE) N.º 852/2004. *J. Of. da União Eur.* 139–193 (2004).
10. Floros, J. D. *et al.* Feeding the World Today and Tomorrow : The Importance of Food Science and Technology An IFT Scientific Review. *Food Sci. Food Saf.* **9**, 572–599 (2007).
11. Rahman, M. S. Food Preservation: Overview. em *Handbook of food preservation* (ed. Rahman, M. S.) 3–15 (Taylor & Francis Group, LLC, 2007).
12. Steele, R. Shelf-life testing. em *Understanding and measuring the shelf-life of food* 340–354 (Woodhead Publishing Limited, 2004).
13. M.F. Sancho-Madriz. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. em 4766–4772 (2003).
14. Daelman, J. *et al.* A quantitative microbiological exposure assessment model for *Bacillus cereus* in REPFEDs. *Int. J. Food Microbiol.* **166**, 433–449 (2013).
15. Jay, J., Loessner, M. & Golden, D. Protection of Foods with Low-Temperatures, and Characteristics of Psychrotrophic Microorganisms. em *Modern Food Microbiology* 395–409 (Springer, 2005).
16. Peng, J. *et al.* Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **57**, 2970–2995 (2017).
17. Basic Food Microbiology. em *Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation* (ed. Gaurav, Tewari; Vijay, K. J.) 1–31 (Blackwell, 2007).
18. Fellows, P. Heat sterilisation. em *Food Processing Technology* 250–276 (Woodhead Publishing Limited, 2000).

19. Vieira, E. R. Microbial Activity. em *Elementary Food Science* 47–52 (Springer, 1999).
20. Prakash, V; Martin-Belloso, Olga; Keener, Larry; Astley, Siân B. ; Braun, Susanne; McMahon, H. L. H. Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods. em 11–12 (2016).
21. Labuza, T. P. The effect of Water Activity on Reaction Kinetics of Food Deterioration. *Food Technol.* (1980).
22. ISO 9000. Disponível em: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>. (Acedido: 14 Janeiro 2020)
23. Berk, Z. Food Process Engineering and Technology. em *Food Process Engineering and Technology* 351–426 (2009). doi:10.1016/B978-0-12-373660-4.X0001-4
24. Fellows, P. Properties of foods and processing theory. em *Food Processing Technology* 9–59 (Woodhead Publishing Limited, 2000).
25. James, S. J. JAMES, S. J.-F. P. with H. T. E. M. F. M. 7. ed. I. 9780387231808. p. 415–435. Food Protection with High Temperatures. em *Modern Food Microbiology* 415–435 (2005).
26. Safefood 360°. Thermal Processing of Food. 1–23 (2014).
27. Veflen, N., Sijtsema, S. J. & Hall, G. Predicting consumers ' intention to consume ready-to-eat meals . The role of moral attitude. *Appetite* **55**, 534–539 (2010).
28. Ahmed, J. & Ramaswamy, H. Microwave Pasteurization and Sterilization of Foods. em *Handbook of Food Preservation* (ed. Rahman, M. S.) 691–711 (CRC Press, 2007). doi:10.1201/9781420017373.ch28
29. Clark, S., Jung, S. & Lamsal, B. Thermal Principles and Kinetics. em *Food Processing principles and applications* 17–23 (Wiley Blackwell, 2014).
30. Robertson, G. L. Food Preservation and Processing Techniques. em *Food Packaging: Principles and Practice* (Taylor & Francis, 2013).
31. Tucker, G. S. Thermal processing. em *Food Preservation and Biodeterioration* 60–88 (Wiley Blackwell, 2016).
32. Doran M., P. Reactions and Reactors. em *Bioprocess Engineering Principles* 289 (Academic Press Limited, 1995).
33. Edition, S., Processing, T. & Page, F. *Thermal Processing of Food.* (2014).
34. Fellows, P. Pasteurisation. em *Food Processing Technology* 241–249 (2000).
35. Aamir, M., Ovissipour, M., Sablani, S. S. & Rasco, B. Predicting the quality of pasteurized vegetables using kinetic models: A Review. *Int. J. Food Sci.* 1–29 (2013). doi:10.1155/2013/271271
36. ASAE C. botulinum. Disponível em: <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-biologicos/clostridium-botulinium.aspx>. (Acedido: 19 Janeiro 2020)
37. Peck, M. W. & Stringer, S. C. The safety of pasteurised in-pack chilled meat products with respect to the foodborne botulism hazard. *Meat Sci.* **70**, 461–475 (2005).
38. World Health Organization. Features of important foodborne diseases. em *Foodborne Disease Outbreaks: Guidelines for Investigation and Control* 54–93 (2008).
39. Slavov, A. M. et al. *Emerging cold pasteurization technologies to improve shelf life and ensure food quality.* *Food Quality and Shelf Life* (Elsevier Inc., 2019).

doi:10.1016/b978-0-12-817190-5.00003-3

40. Clark, Stephanie, Jung, S., Lamsal, B. Chilling and Freezing of Foods. em *Thermal Principles and Kinetics* 79–105 (2014).
41. James, S. J. & James, C. Food Technologies: Chilling. *Encycl. Food Saf.* **3**, 140–148 (2013).
42. Ojha, K. S., Kerry, J. P., Tiwari, B. K. & O'Donnell, C. *Freezing for Food Preservation. Reference Module in Food Science* (Elsevier, 2016).
43. Olsen, N. V., Menichelli, E., Sørheim, O. & Næs, T. Likelihood of buying healthy convenience food: An at-home testing procedure for ready-to-heat meals. *Food Qual. Prefer.* **24**, 171–178 (2012).
44. Carlin, F. *et al.* Spore-forming bacteria in commercial cooked, pasteurised and chilled vegetable purees. *Food Microbiol.* **17**, 153–165 (2000).
45. Daelman, J., Jacxsens, L., Lahou, E., Devlieghere, F. & Uyttendaele, M. Assessment of the microbial safety and quality of cooked chilled foods and their production process. *Int. J. Food Microbiol.* **160**, 193–200 (2013).
46. Food Safety Authority of Ireland. Validation of Product Shelf-life (Revision 4). *Food Safety Authority of Ireland* **18**, (2019).
47. Industry Guidance on Setting Product Shelf-Life. 1–11 (2017).
48. Jay, J., Loessner, M. & Golden, D. Chemical, Biological, and Physical Methods. em *Modern Food Microbiology* 241–284 (Springer, 2005).
49. IPAC. Disponível em: <http://www.ipac.pt/ipac/contactos.asp>. (Acedido: 2 Janeiro 2020)
50. Bio-Rad Laboratories. *RAPID' Salmonella*. (2015).
51. International Standard. *Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds- ISO21527-1*. (2008).
52. Scharlau. *Iron Sulfite Modified Agar Art. No. 01-634*.
53. International Standard. *Microbiology of food and animal feeding stuff - Horizontal method for the enumeration of B-gluconidase-positivo Escherichia coli- ISO 16649-2:2001*. (2001).
54. International Standard. *Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Colony count at 30 °C by the pour plate technique*. (2013).
55. Biokar diagnostics. *Guide of Standard Methods*. (2019).
56. FSANZ. *B. cereus*. **36**, 318 (2013).
57. Biokar diagnostics. *COMPASS Listeria Agar*. (2011).
58. GTOMCA (Grupo de Trabalho Ocorrência Microbiológica na Cadeia Alimentar). Guia para o estabelecimento de critérios microbiológicos em géneros alimentícios. 35 (2017).
59. ICMSF. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications. em *Microorganisms in Foods* 128–278 (Blackwell Scientific Publications, 1986). doi:10.1093/jaoac/58.6.1308a
60. Jay, J., Loessner, M. & Golden, D. Microorganisms in Foods. em *Modern Food*

- Microbiology* 63–210 (Springer, 2005).
61. Costa, I. & Fernandes, C. Colheita e Envio de Amostras para Análise Microbiológica dos Géneros Alimentícios. 7 (2010).
  62. Andrews, W. & Hammack, T. Food Sampling/Preparation of Sample Homogenate. (2003). Disponível em: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-1-food-samplingpreparation-sample-homogenate#5-investigations>. (Acedido: 15.º Maio 2020)
  63. Europeu, P. e C. Regulamento (CE) nº 2073/2005. *J. Of. da União Eur.* 1–32 (2005).
  64. Tang, J., Hong, Y., Inanoglu, S. & Liu, F. Microwave pasteurization for ready-to-eat meals. *Curr. Opin. Food Sci.* **23**, 133–141 (2018).
  65. Peck, M. W., Goodburn, K. E., Betts, R. P. & Stringer, S. C. Clostridium botulinum in vacuum packed ( VP ) and modified atmosphere packed ( MAP ) chilled foods. 79 (2006).
  66. FSAI. Temperature control. Disponível em: [https://www.fsai.ie/faqs/temperature\\_control.html](https://www.fsai.ie/faqs/temperature_control.html). (Acedido: 11 Maio 2020)
  67. *Guidelines for the Interpretation of Results of Microbiological Testing of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market.* (FSAI, 2016).
  68. Code of Hygienic Practice for Refrigerated Packaged Foods With Extended Shelf Life CAC/RCP 46-(1999). 1–20 (1999).
  69. FSANZ. Temperature control. Disponível em: <https://www.foodstandards.gov.au/consumer/safety/faqsafety/pages/foodsafetyfactsheets/charitiesandcommunityorganisationsfactsheets/temperaturecontrolma1477.aspx>. (Acedido: 8 Março 2020)
  70. USDA. Danger zone. Disponível em: [https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/safe-food-handling/danger-zone-40-f-140-f/CT\\_Index](https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/safe-food-handling/danger-zone-40-f-140-f/CT_Index). (Acedido: 8 Março 2020)
  71. Santos, M. Isabel; Correia, Cristina; Cunha, M. Isabel Campos Cunha; Saraiva, M. Margarida; Novais, M. R. Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração (INSA). (2005).

## ANEXO A- Arrefecimento dos produtos pasteurizados: temperatura do produto e temperatura ambiente

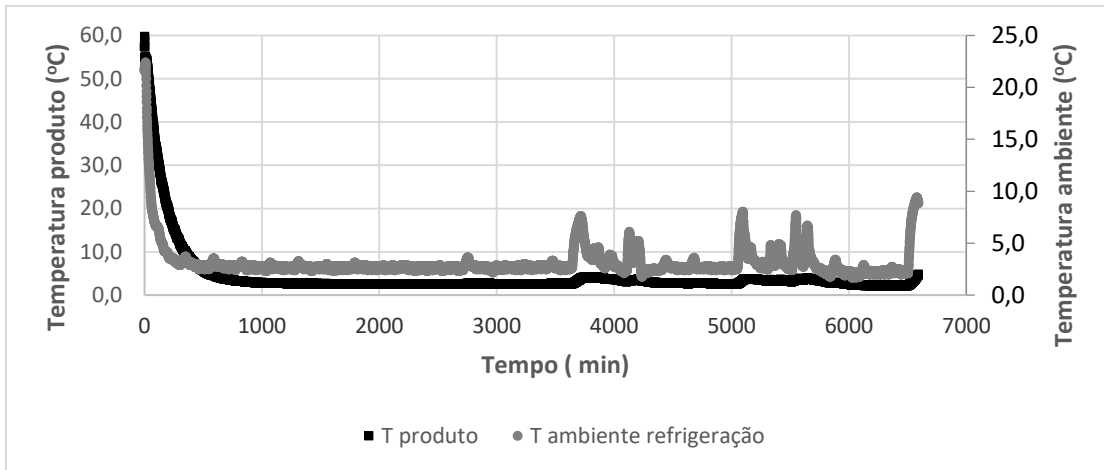


Figura 35. Temperatura junto ao produto e do ambiente de refrigeração dos produtos pasteurizados X

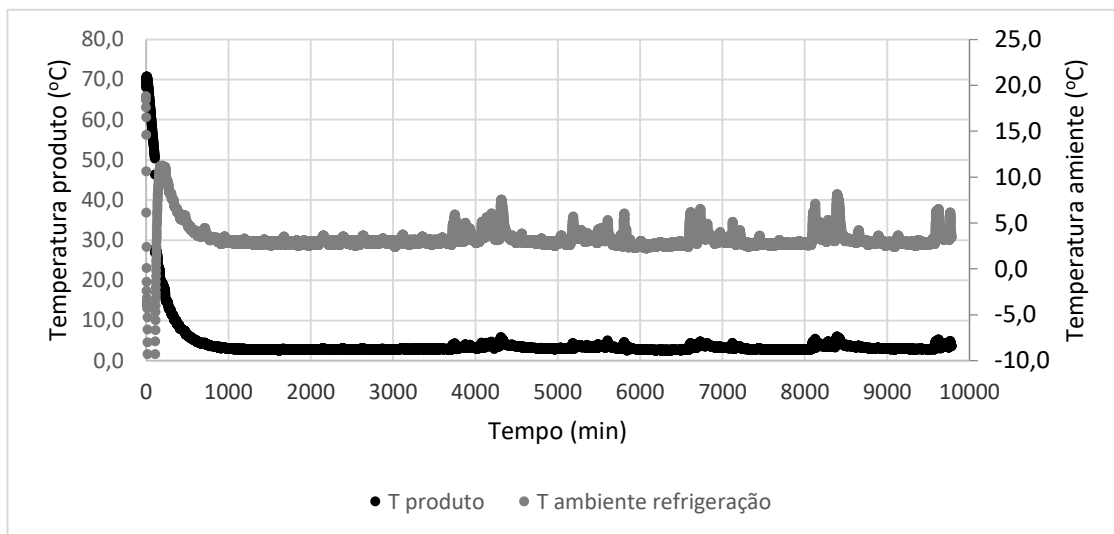
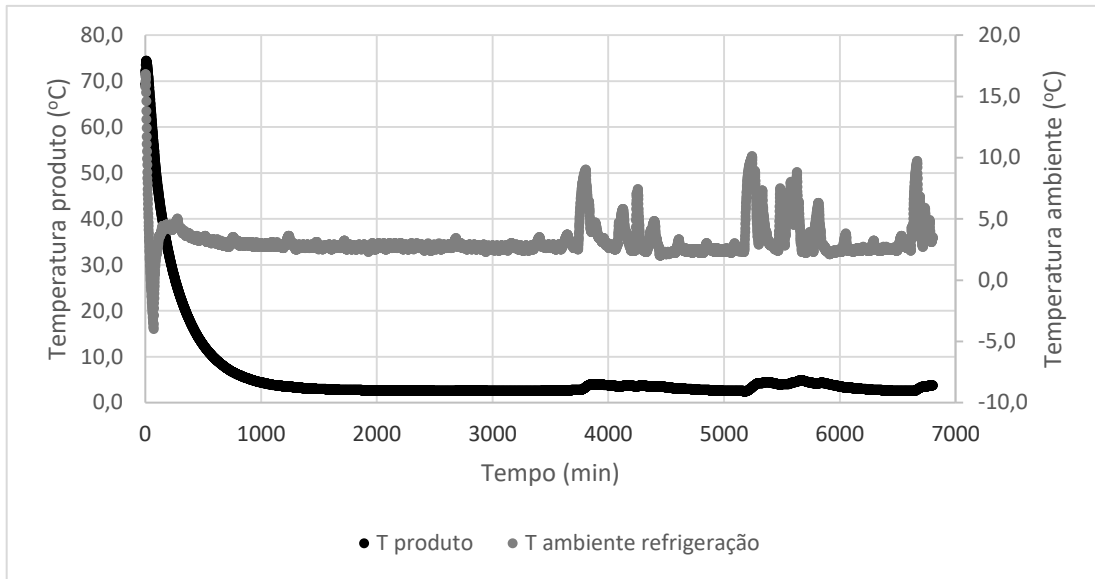
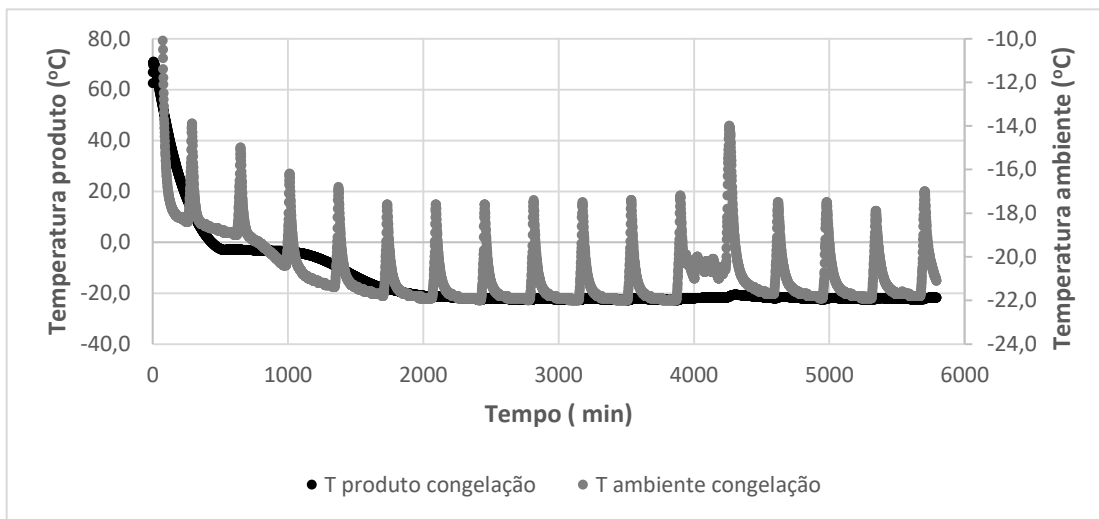


Figura 36. Temperatura junto ao produto e do ambiente de refrigeração dos produtos pasteurizados Y





**Figura 37.** Temperatura junto ao produto e do ambiente de refrigeração dos produtos pasteurizados Z



**Figura 38.** Temperatura junto ao produto e do ambiente de congelação dos produtos pasteurizados Z

## ANEXO B- Rota 2

A rota incluiu 41 paragens. Desde a saída das instalações da empresa até à entrega da última encomenda decorreram 9:10h de transporte.

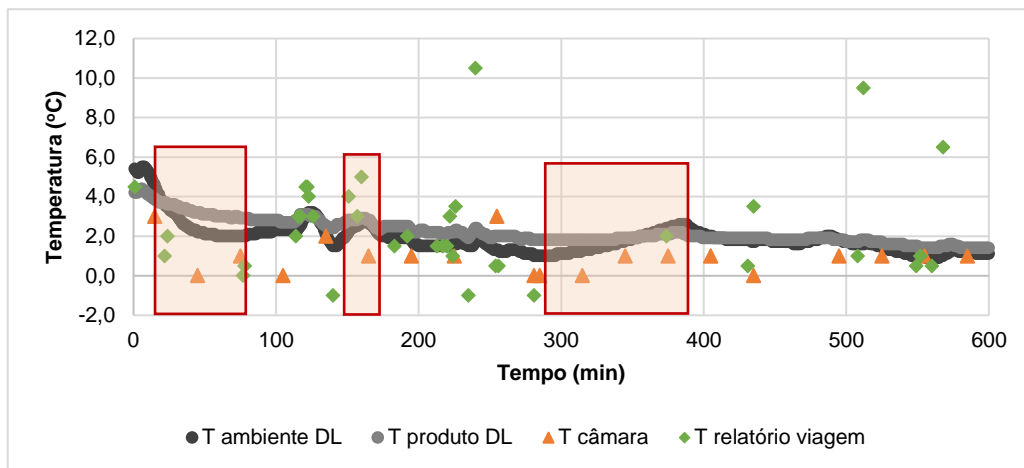


Figura 39. Evolução da temperatura dos produtos refrigerados ao longo do transporte/distribuição

### Legenda:

As linhas a cinzento e a preto são os dados recolhidos por um equipamento de medição e registo de temperatura (no centro geométrico do produto e junto ao produto respetivamente).

Os dados indicados as laranjas no gráfico correspondem aos dados obtidos pelo gravador R25499 do ticket diário (são registados de meia em meia hora).

Os dados indicados a verde correspondem aos dados obtidos através da aplicação informática INOSAT que sistematiza um relatório da viagem com a medição da temperatura em vários locais de paragem.

Na Figura 39 está representada a evolução da temperatura dos produtos refrigerados ao longo do transporte/distribuição. A temperatura inicial do ambiente e do produto foi superior a 3 °C (máximo 5,5 °C) e representa o momento em que a viatura foi ligada e o sistema de refrigeração começou a funcionar. As restantes subidas de temperatura corresponderam a paragens e/ou aberturas de porta. Retirando o momento inicial ( $\approx 40$  min) o produto esteve sempre entre 1,4 °C e 3,1 °C.

Os dados de temperatura obtidos pelo gravador no ticket são sempre inferiores aos dados obtidos pelo DL do produto: (excluindo 2 *outliers*) os dados do *ticket* indicam, no máximo, 1,9 °C abaixo da temperatura do produto o que é justificado pela localização diferente das sondas. De acordo com estes dados e considerando a temperatura alvo do produto 3 °C, a temperatura da câmara deveria estar regulada para não ultrapassar os 1,1 °C. Esta relação é válida apenas nas condições acima indicadas.

**Tabela 22.** Diferenças entre as temperaturas ambiente e do produto final e inicial nos períodos supradescritos, realizados por retângulo avermelhado na Figura 39

1	T ambiente inicial (°C)	5,5	T produto inicial (°C)	4,3
	T ambiente final (°C)	2,0	T produto final (°C)	2,7
	Diferença (°C)	3,5	Diferença (°C)	1,6
3,5/1,6=2,2				
2	T ambiente inicial (°C)	1,5	T produto inicial (°C)	2,4
	T ambiente final (°C)	2,8	T produto final (°C)	2,9
	Diferença (°C)	1,3	Diferença (°C)	0,5
1,3/0,5=2,6				
3	T ambiente inicial (°C)	1,0	T produto inicial (°C)	1,8
	T ambiente final (°C)	2,4	T produto final (°C)	2,2
	Diferença (°C)	1,4	Diferença (°C)	0,4
1,4/0,4=3,5				

Com vista a identificar possível relação entre a temperatura do produto e a temperatura junto ao produto (indicadas pelo Datalogger), observou-se que:

1. Durante a primeira hora de transporte a temperatura junto ao produto desceu de 5,3 °C até 2,0 °C (diferença de 3,3 °C) o que se refletiu numa diferença de 1,2 °C na temperatura interna do produto (desceu desde 4,1 °C até 2,9 °C) - retângulo da esquerda a vermelho no gráfico da Figura 39. Ver Tabela 22.
2. Passadas 2h03-2h26 (delta t = 00h23) a temperatura junto ao produto subiu de 1,5 °C para 2,8 °C (1,3°C de diferença) o que se refletiu numa subida da temperatura interna do produto de 2,4 °C para 2,9 °C (0,5 °C de diferença) - retângulo do meio a vermelho no gráfico da Figura 39. Ver Tabela 22.
3. No período de almoço a viatura esteve desligada, pelo que o motor de frio não esteve a funcionar. A temperatura junto ao produto subiu desde 1,0 °C até 2,4 °C o que se refletiu numa diferença de 0,4 °C na temperatura interna do produto e 1 °C na temperatura indicada no ticket (0°C até 1 °C) - retângulo da direita a vermelho no gráfico da Figura 39 – ver Tabela 22.

A amostra de produto refrigerado que foi sujeita às condições descritas encontrava-se conforme em termos microbiológicos e com resultados satisfatórios em termos de segurança alimentar.