

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Beatriz Isabel Ribeiro Reis

**Estudos de F_0 com vista a otimização
do processo de esterilização**

Beatriz Isabel Ribeiro Reis **Estudos de F_0 com vista a otimização do processo de esterilização**

UMinho | 2018

julho de 2018



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Beatriz Isabel Ribeiro Reis

Estudos de F_0 com vista a otimização do processo de esterilização

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Trabalho realizado sob orientação da
Professora Doutora Lígia Raquel Marona Rodrigues
e da
Engenheira Joana Catarina Miguel Moreno

DECLARAÇÃO

Nome: Beatriz Isabel Ribeiro Reis

Endereço eletrónico: beatrizirreis95@gmail.com Telefone: 961471231

Cartão do Cidadão:

Título da dissertação: Estudos de F_0 com vista a otimização do processo de esterilização.

Orientadores:

Professora Doutora Lígia Raquel Marona Rodrigues

Engenheira Joana Catarina Miguel Moreno

Ano de conclusão: 2018

Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura:

Agradecimentos

No decorrer desta etapa não podia de deixar de agradecer aos meus pais por tudo o que foram e serão na minha vida, por me vincarem bons princípios e nunca me deixarem desistir, por toda a força e motivação.

À Engenheira Joana Moreno pela orientação, simpatia e pelos conhecimentos que me transmitiu e principalmente pela ajuda durante todo o estágio. À empresa Conservas Portugal Norte pela oportunidade de desenvolver o estágio nas suas instalações e por facultar todo o material necessário para os meus estudos. A todos os colaboradores desta empresa pela disposição, ajuda e pelas amizades criadas ao longo do estágio.

À professora Doutora Lígia Raquel Marona Rodrigues pela ajuda fundamental, pelos bons conselhos e pela paciência que teve comigo.

Por fim, mas não menos importante, aos amigos pelos sorrisos, pela amizade e motivação durante todo este tempo.

Resumo

As conservas de peixe são um modo de preservação do peixe para que este possua um tempo de vida útil elevado, conservando as suas propriedades organoléticas e nutricionais. O peixe é uma excelente fonte nutricional sendo de registar que atualmente o seu consumo tem vindo a aumentar. Um processamento excessivo do peixe resulta na perda de algumas das suas propriedades organoléticas sendo portanto importante otimizar o processo de esterilização.

Este trabalho foi realizado durante o estágio curricular na empresa Conservas Portugal Norte que aposta em produtos seguros e de qualidade reconhecida pelos vários clientes e consumidores de todas as partes do mundo. Pretendeu-se otimizar o processo de esterilização com vista a maximizar a qualidade sensorial das conservas de peixe através da realização de testes de penetração e distribuição de calor. A seleção dos produtos foi efetuada de acordo com a produção da fábrica tendo sido escolhidas cinco conservas.

Analisou-se o efeito de fatores como a colocação das latas nos cestos da autoclave e o emparelhamento com outras latas. Quando as latas são emparelhadas verifica-se que o valor de F_0 e f_h diminuem. Em geral, a análise dos resultados permitiu verificar que é viável a otimização do processo de esterilização sem comprometer a letalidade pretendida. Relativamente aos testes de distribuição de calor, as três autoclaves apresentaram uma boa distribuição de temperaturas podendo considerar-se uma temperatura uniforme em todas as regiões das autoclaves.

Palavras-chave: conservas de peixe, penetração de calor, distribuição de calor, letalidade, esterilização.

Abstract

Cannery fish is a form of preserving the organoleptic and nutritional properties of fish, allowing to increase its shelf life. Fish is a food of excellent nutritional value and its consumptions has grown over the years. An excessive fish processing leads to the lost of its organoleptic properties, therefore it is important to optimize the sterilization process.

This study was performed during a curricular internship at the company Conservas Portugal Norte which is renowned for their quality, as they continuously work to develop safer products. The goal was to optimize the sterilization process, in order to maximize the sensory quality of canned fish by conducting penetration and heat distribution tests. The selection of the products was made according to the factory production and five types of fish were chosen.

The effects of factors, such as the placement of the cans in the autoclave baskets and the pairing with other cans, were analysed. When the cans are paired it is verified that the value of F_0 and f_h decreases. Overall, the analysis of the results allowed to conclude that it is viable to optimize the sterilization process without compromising the target lethality. Regarding the heat distribution tests, the three autoclaves showed a good temperature distribution and a uniform temperature throughout all the regions of the autoclaves.

Passwords: Canned fish, heat penetration, heat distribution, lethality, sterilization

Índice

Agradecimentos.....	II
Resumo	III
Abstract	IV
Lista de abreviaturas	VIII
I. Introdução.....	1
1. História da indústria conserveira	1
2. Empresa Conservas Portugal Norte	2
3. Matérias-primas	3
3.1 Sardinha	3
3.2 Cavala.....	3
3.3 Atum.....	4
4. Higiene e segurança alimentar na indústria conserveira.....	4
5. Fases de produção de conservas de pescado	6
5.1 Receção da matéria-prima.....	7
5.2 Receção do Vazio Metálico	9
5.3 Imersão em Salmoura	10
5.4 Descabeçamento, evisceração e enlatamento.....	11
5.5 Cozimento	11
5.6 Adição de molhos e cravação	12
5.7 Lavagem	14

5.8	Esterilização	14
5.9	Encaixotamento e Embalagem	17
6.	Processo: esterilização	18
6.1	Inativação microbiana.....	19
6.2	Deterioração da qualidade	22
6.3	Otimização do processo de esterilização.....	23
II.	Objetivos específicos do trabalho	28
III.	Materiais e métodos.....	29
1.	Equipamento Ellab Tracksense Pro	31
IV.	Resultados e discussão	34
1.	Estudos de penetração de calor.....	34
1.1	Sardinha sem pele e sem espinha (SAJ).....	34
1.2	Sardinha em tomate com condimentos (STV)	37
1.3	Filetes de cavala em azeite (CAF)	38
1.4	Filetes de atum em óleo de girassol (AGF)	40
1.5	Filetes de atum em óleo de girassol – 0,5kg (AGF).....	44
2.	Estudos de distribuição de calor	46
V.	Conclusão	48
VI.	Recomendações de trabalho futuro.....	49
VII.	Bibliografia.....	50
VIII.	Anexos	57

Anexo A.....	57
Anexo B.....	59
Anexo C.....	61
Anexo D.....	62
Anexo E.....	64
Anexo F.....	65
Anexo G.....	72

Lista de abreviaturas

AGF – Filetes de atum em óleo de girassol

BRC – *British Retail Consortium*

CAF – Filetes de cavala em azeite

CPN – Conservas Portugal Norte

CUT – *Come-up-time*

FAO – *Food and Agriculture Organization*

FDA - *Food and Drug Administration*

HACCP – *Hazards Analysis and Critical Control Points*

HTST - *High temperature short time*

PCC – Pontos Críticos de controlo

SAJ - Sardinha sem pele e espinha em azeite

STV – Sardinha em tomate com condimentos

WHO – *World Health Organization*

Índice de Figuras

Figura 1. - Fluxograma de produção de conservas de sardinha e cavala da CPN.....	6
Figura 2. - Fluxograma de produção de conservas de atum na CPN.	7
Figura 3. - Os três passos da cravação. A - Fase de compressão, B - Fase de enrolamento, C - Fase de aperto (Fonte: Warne. 1988).....	13
Figura 4. - Parâmetros avaliados na cravação. A - Profundidade da cuvette, B - espessura da cravação, C - Sobreposição, D - Gancho do corpo, E - Gancho do tampo, F - Altura da cravação (Fonte: Warne, 1988).....	13
Figura 5. - Curvas de sobrevivência e valor de D (Fonte: Awuah et al. 2007).....	21
Figura 6. - Curva de aquecimento (Fonte: Fellows 2000).....	24
Figura 7. - Posicionamento das sondas (1,2 e 3) nos ensaios dos testes de distribuição de temperatura (visão de cima da autoclave).	29
Figura 8. - Disposição dos cestos na autoclave.....	30
Figura 9. - <i>Software ValSuiteTM Pro</i>	32
Figura 10. - <i>Advanced validation report</i> : parâmetros para definir.....	33
Figura 11. - Exemplo do <i>Advanced validation report</i> de um estudo realizado a partir do <i>software ValSuiteTM Pro</i>	62
Figura 12. - Exemplo do <i>Advanced validation report</i> de um estudo realizado a partir do <i>software ValSuiteTM Pro</i>	63
Figura 13. - Logarítmico das diferenças de temperatura da autoclave e da temperatura no interior do produto para a fase de aquecimento.....	72
Figura 14. - Logarítmico das diferenças de temperatura da autoclave e da temperatura no interior do produto para a fase de arrefecimento.....	73

Índice de Tabelas

Tabela 1. - Parâmetros de esterilização utilizados na CPN nas autoclaves verticais (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).	16
Tabela 2. - Condições dos estudos de penetração de calor.	30
Tabela 3. - Parâmetros de penetração de calor do produto SAJ.	36
Tabela 4. - Parâmetros de penetração de calor do produto STV.....	38
Tabela 5. - Parâmetros de penetração de calor do produto CAF.	39
Tabela 6. - Parâmetros de penetração de calor do produto AGF - cesto 1.....	42
Tabela 7. - Parâmetros de penetração de calor do produto AGF - cesto 2.....	43
Tabela 8. - Parâmetros de penetração de calor do produto AGF 0,5KG.	45
Tabela 9. - Resultados da distribuição de temperaturas por posição.	46
Tabela 10. - Avaliação do grau de frescura (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017). ..	57
Tabela 11. - Avaliação físico-sensorial de conservas de peixe inteiro, s/p e s/e ou filetes (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).	59
Tabela 12. - Nível de qualidade para conservas de peixe inteiro (sardinha; cavala; carapau) (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).	61
Tabela 13. - Nível de qualidade para conservas de atum (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).	61
Tabela 14. - Nível de qualidade para conservas de bacalhau (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).	61
Tabela 15. - Valores seleccionados de f_h/U e g quando $z=10$ e $j_c=0,4-2,0$ (Fonte: Fellows 2000).	64

Tabela 16. - Teste t- <i>Student</i> para o produto SAJ – cesto 1.	65
Tabela 17. - Teste t- <i>Student</i> para o produto SAJ - cesto 2.	66
Tabela 18. - Teste t- <i>Student</i> para o produto STV.	67
Tabela 19. - Teste t- <i>Student</i> para o produto CAF.	68
Tabela 20. - Teste t- <i>Student</i> para o produto AGF 120g - cesto 1	69
Tabela 21. - Teste t- <i>Student</i> para o produto AGF 120g - cesto 2.	70
Tabela 22. - Teste t- <i>Student</i> para o produto AGF 0,5kg.	71

I. Introdução

1. História da indústria conserveira

Antigamente, os oceanos eram considerados ilimitados e pensava-se que abrigassem peixes suficientes para a alimentação de uma população humana cada vez maior. Neste sentido, os recursos marinhos possuem um papel essencial e importante na alimentação humana (Tidwell et al. 2001).

O processo de preservação de alimentos, denominado como Apertização, foi empiricamente desenvolvido por Nicolas Appert no século XVIII com o objetivo manter a qualidade dos alimentos (Castro et al. 2011). Appert baseou-se num método físico: a conservação pelo calor de forma a preservar os alimentos durante um longo período de tempo (Garcia et al. 2009). O método reside na colocação do alimento em garrafas ou fracos de vidro hermeticamente fechadas para não permitir a entrada de ar. Depois o alimento é aquecido com água a ferver durante tempos variáveis de acordo com a natureza do alimento (Featherstone 2012).

Appert admitia que a inibição do crescimento microbiano se devia ao aquecimento e à exposição ao ar. Antigamente acreditava-se que a exposição ao ar era a causa da deterioração dos alimentos. Mais tarde, um cientista francês (Louis Pasteur, o “Pai da Microbiologia”) conseguiu explicar que o processamento térmico aplicado por Appert destruiu os microrganismos existentes no produto e que a hermeticidade das embalagens preveniu a recontaminação (Featherstone 2012).

Em 1810, o comerciante inglês Peter Durand desenvolveu um processo semelhante ao que foi descrito por Appert em que a diferença reside no material dos recipientes. Appert utilizava recipientes de vidro e Durand utilizou recipientes de metal por este material ser inquebrável, mais prático, com maior tempo de vida, com uma maior resistência à corrosão e mais seguro (Nassif et al. 2010; Garcia et al. 2009). Em 1812, Durant vendeu a patente a dois ingleses Bryan Donkin e John Hall (Featherstone 2012).

As primeiras embalagens metálicas eram de ferro e o fecho das latas era realizado através de um processo de soldadura com chumbo. Para evitar a corrosão das latas mergulhavam-nas em estanho. Em 1888, Max Mas inventou o duplo fecho que ainda

hoje é o modo de como as latas são fechadas pelas cravadeiras. Em 1966, surgiu o sistema de abertura fácil que foi patenteado pela ERMAL FRAZE OF OHIO (Featherstone 2012).

Para além das embalagens metálicas existem também embalagens de vidro e sacos esterilizáveis para a produção de conservas. O saco esterilizável apresenta grande flexibilidade durante o processamento originando uma penetração de calor mais rápida, menores tempos de cozimento e melhora a qualidade do produto final, tendo contudo como desvantagem descobrir qual é o ponto de menor letalidade devido à forma irregular da embalagem. Os efeitos de barreira a gases são muito inferiores relativamente aos materiais de vidro e metal (Featherstone 2012).

Em 1863, para processar os alimentos era utilizado um “batch químico” onde eram adicionadas elevadas quantidades de cloreto de cálcio à água para conseguir entrar em ebulição à temperatura de 121°C. Posteriormente, em 1870, apareceram os primeiros autoclaves que eram operados manualmente e apenas atingiam a temperatura de 121°C. Hoje em dia, as autoclaves são operadas por um computador e podem atingir temperaturas até 145°C (Featherstone 2012).

A expansão da indústria conserveira em Portugal aumentou com o decorrer dos anos devido ao custo baixo da mão-de-obra e à melhor qualidade do pescado. Também houve uma crise devido ao aumento da concorrência, incumprimento de acordos, entre outros fatores (Barbosa 2014; Leitão 2014). Em 1865 abriu a primeira fábrica de conservas de atum em azeite em Vila Real de Santo António. No entanto, só passado algum tempo é que abriu a fábrica de conservas de sardinha em Setúbal que graças ao seu sucesso promoveu Portugal, o país de origem (Faria 2011). Com o passar dos anos, a cidade de Matosinhos foi-se tornando mais importante nesta área do que a cidade de Setúbal (Cordeiro 1989).

2. Empresa Conservas Portugal Norte

A empresa Conservas Portugal Norte (CPN) foi fundada por Pascoal Nero e C^a em 1912 em Sesimbra, razão pela qual se manteve nessa vila até ao final da segunda guerra mundial. Mais tarde foi transferida por Amadeu Nero para Matosinhos ficando assim no porto de pesca mais importante de Portugal. Em 1958 foram inauguradas as novas

instalações na Rua Sousa Aroso em Matosinhos onde permanecem até hoje. No entanto houve um período de crise no qual se mudou a gerência em 1989 alterando também a designação social de “Nero & C^a” para a atual “Conservas Portugal Norte Lda”. A CPN tem como objetivo satisfazer os seus clientes cumprindo assim os seus requisitos legais para oferecer um produto com elevada qualidade (Conservas Portugal Norte 2017).

A CPN tem uma localização privilegiada por estar muito próxima do porto de pesca. A sua produção vai desde conservas de sardinha, cavala, carapau, atum, bacalhau em diferentes molhos e latas. A sua localização, produção certificada e altos padrões de qualidade fizeram com que em 1930 lhe atribuíssem a Medalha de Prata na Exposição Regional de Setúbal (Conservas Portugal Norte 2017).

3. Matérias-primas

A fábrica CPN processa várias espécies de pescado tais como a sardinha da espécie *Sardina pilchardus*, cavala da espécie *Scomber colias*, atum da espécie *Katsuwonus pelamis*, bacalhau da espécie *Gadus moheua L.*, carapau da espécie *Trachurus trachurus* e pica da espécie *Belone belone* sendo as três primeiras as mais utilizadas nos estudos do presente trabalho.

3.1 Sardinha

Historicamente, a sardinha (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792) tem sido um recurso de pescado comercial muito importante nas águas ibéricas e representa cerca de 40% do pescado ao longo da costa portuguesa. Portugal é a terceira maior nação de pesca desta espécie depois de Marrocos e Argélia (Nunes et al. 2011; Almeida et al. 2014). É um peixe pelágio e migrador pertencente à família *Clupeidae*, que se encontra distribuído pelo Nordeste do Oceano Atlântico até ao Norte do Senegal, no Mar Mediterrâneo e também no Mar Máfara e no Mar Negro (Silva et al. 2015; Fishbase 2017b).

3.2 Cavala

A cavala (*Scomber colias*, Gmelin, 1789) é da família *Scombridae* e é uma espécie migratória e pelágica que habita em águas temperadas e subtropicais do Oceano Atlântico, no Mar Mediterrâneo e no Mar Negro (Fishbase 2017b; Vasconcelos et al. 2011).

Nos últimos anos, em Portugal, começou a existir um grande interesse na cavala visto que é uma boa alternativa à sardinha e também devido a restrições da sardinha na pesca (Silva et al. 2015).

3.3 Atum

O atum (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) é da família *Scombridae* e encontra-se em águas tropicais, subtropicais e temperadas (Fishbase 2017a). É uma espécie pelágica e realiza migrações de longas distâncias à procura de alimento ou também para se reproduzirem (Dias 2008).

4. Higiene e segurança alimentar na indústria conserveira

Existem padrões de segurança que ao longo do tempo foram desenvolvidos nas fábricas de forma a controlar a segurança desde a receção do pescado até à libertação do produto para o mercado (Radi 2010). O consumidor cada vez mais tem interesse na qualidade e segurança dos produtos, contudo, continuam a existir problemas de saúde relacionados com alimentos que provocam consequências não só a nível da saúde pública mas também na economia (Huss 1997; Huss et al. 2003).

O sistema HACCP – *Hazards Analysis and Critical Control Points* (Análise de perigos e pontos críticos de controlo) é um sistema que previne problemas de segurança alimentar. Este baseia-se na identificação de perigos específicos que ocorrem ao longo das várias fases de produção e da implementação de medidas de controlo para os perigos considerados significativos de forma a garantir a segurança dos produtos alimentares (Codex Alimentarius 2009; Batista et al. 2007). As razões pelas quais uma empresa deve implementar este sistema de segurança alimentar são a melhoria da eficácia, rentabilidade das operações, qualidade dos produtos, satisfação de algumas exigências de clientes e a constante melhoria e controlo o que faz com que não se deixe ultrapassar pela concorrência (Huss 1997).

Primeiramente, são adicionados alguns passos que correspondem à estruturação de uma equipa e informação relevante para a elaboração da análise de perigos como a descrição do produto, a identificação da sua forma de utilização final, o método de distribuição, o tipo de consumidor e a construção de um fluxograma (Batista et al. 2007). Os passos

seguintes correspondem aos 7 princípios do sistema HACCP (Monraia et al. 2006; Batista et al. 2007):

1. Efetuar uma análise de perigos. Um perigo pode ser físico, químico ou biológico. É primordial identificar e fazer uma lista com todos os potenciais perigos e particularizar as medidas preventivas;
2. Identificar os pontos críticos de controlo (PCC) no processo que é definido como o ponto onde é possível prevenir ou eliminar a ocorrência de perigos;
3. Estabelecer limites críticos de controlo para garantir que cada PCC está sob controlo;
4. Estabelecer um sistema de vigilância para cada PCC com testes programados para controlar se o PCC se encontra dentro do limite definido;
5. Estabelecer ações corretivas quando o sistema indicar que o PCC está fora do controlo, ou seja, quando indicar um desvio no limite crítico;
6. Estabelecer procedimentos de verificação para confirmar que o plano de HACCP implementado está a funcionar eficazmente;
7. Estabelecer toda a documentação necessária de todos os procedimentos e registos mencionados nos pontos anteriores.

Para a aplicação eficaz deste sistema é necessário uma equipa multidisciplinar que inclua um responsável da qualidade, de produção, de higienização e quando for essencial um consultor externo (Monraia et al. 2006). Antes da implementação deste sistema, a empresa tem que respeitar um código de boas práticas (Codex Alimentarius 2009). A empresa CPN possui um sistema de HACCP implementado que garante o controlo da qualidade e segurança alimentar durante todas as fases do processo. É através da certificação *BRC Food (British Retail Consortium)* e de um sistema HACCP implementado que é reconhecido este controlo na CPN.

5. Fases de produção de conservas de pescado

Este processo de fabrico engloba várias fases de produção que devem ser constantemente controladas de forma a garantir a qualidade e a segurança do produto final. O processo de produção encontra-se descrito nos seguintes fluxogramas.

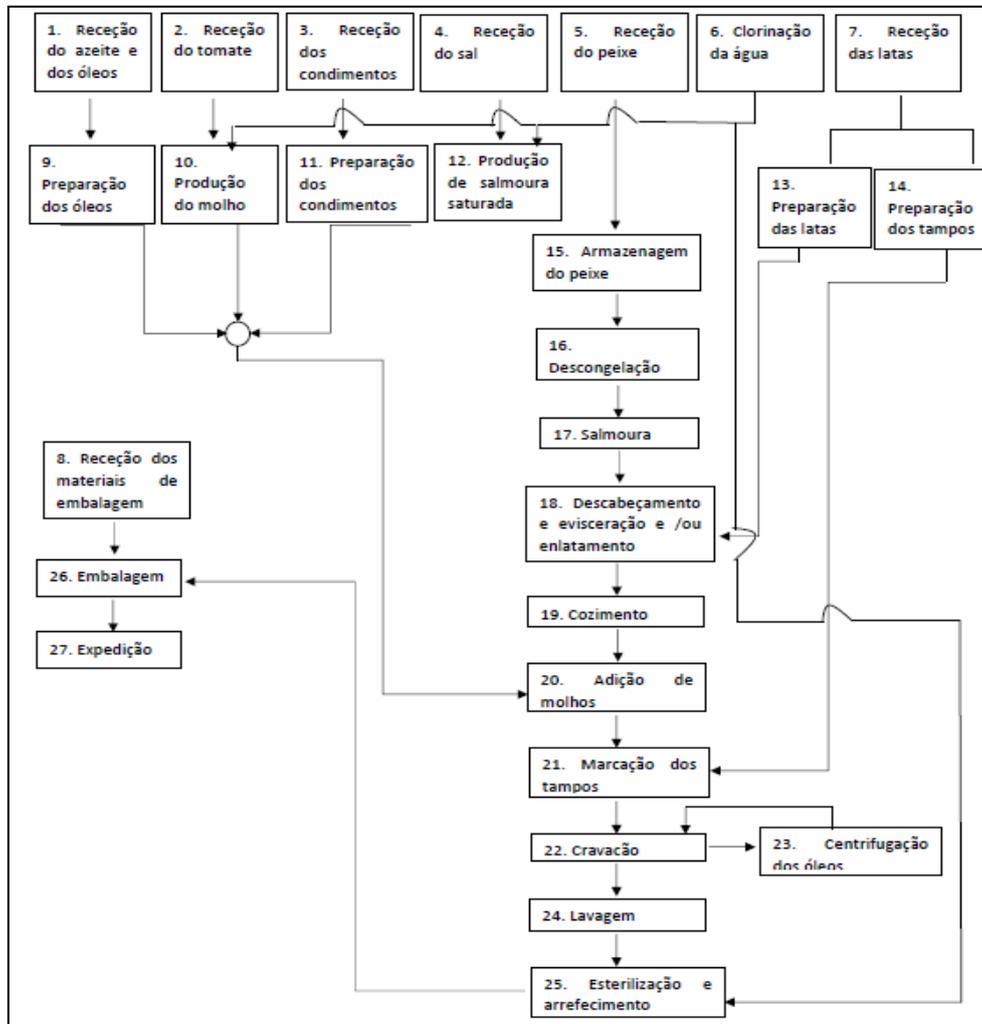


Figura 1. - Fluxograma de produção de conservas de sardinha e cavala da CPN.

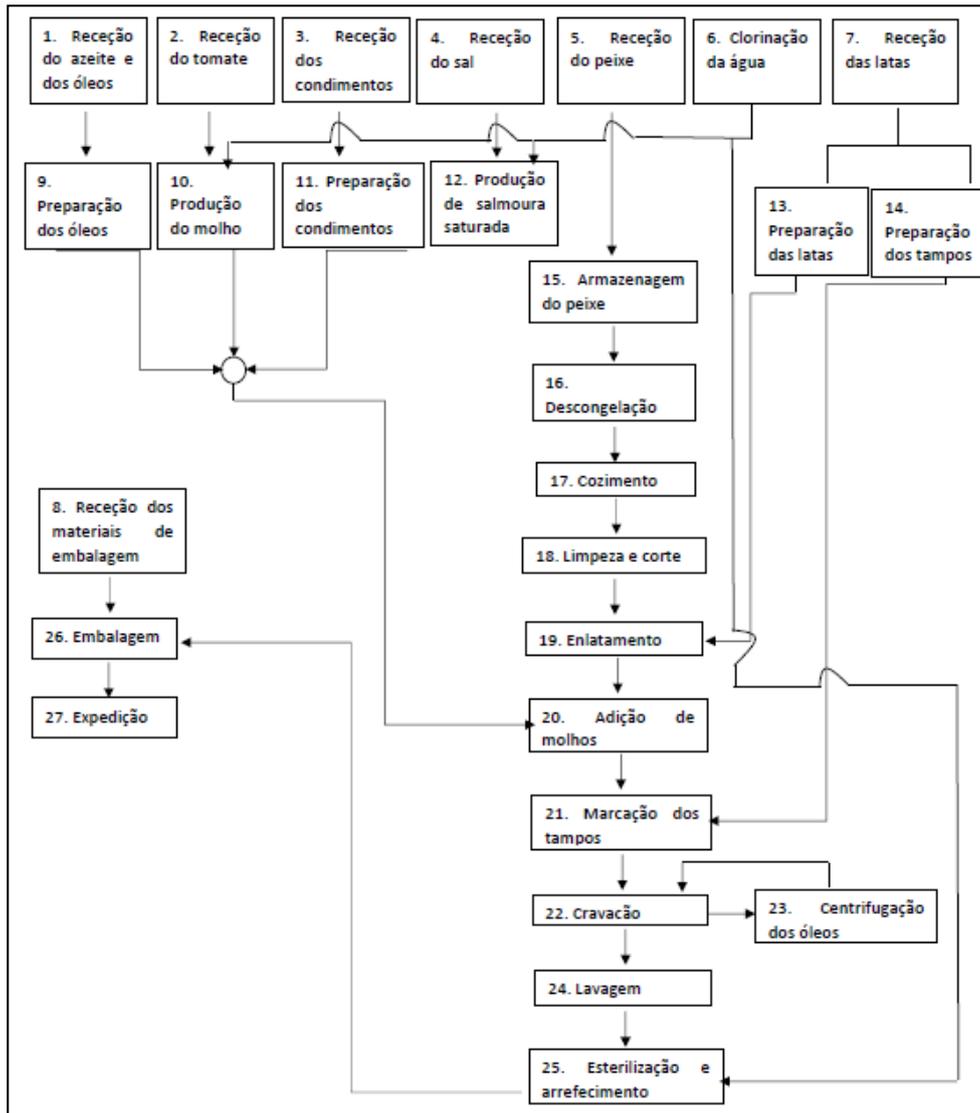


Figura 2. - Fluxograma de produção de conservas de atum na CPN.

5.1 Receção da matéria-prima

A deterioração do pescado começa imediatamente após a sua captura (Warne 1988). Os primeiros fatores de degradação incluem: decomposição microbiana (decomposição de proteínas que levam à formação de amónia e outros compostos desagradáveis e também à produção de histamina por amins biogénicas), a atividade enzimática (formação de aminoácidos livres, formação de ácido láctico) e oxidação lipídica (contacto de ácidos polinsaturados com oxigénio e luz o que leva à sua oxidação perdendo-se assim alguns ácidos gordos que são benéficos para a dieta humana) (Aubourg 2001).

Quando a matéria-prima não for logo utilizada deve ser armazenada sob gelo na câmara de conservação de refrigerados que deve ser mantida a uma temperatura entre 0 e 2°C e

a humidade relativa entre 80 e 90%. Quando a matéria-prima for congelada deve ser conservada a temperaturas inferiores a -18°C e com um mínimo de flutuações possíveis. Antes da sua utilização é necessário fazer uma descongelação controlada em relação ao tempo/temperatura (Monraia et al. 2006; Codex Alimentarius 2009).

Na receção da matéria-prima é essencial inspecionar visualmente o estado do peixe para verificar o seu estado de frescura e ao mesmo tempo verificar qual a temperatura do peixe. Para realizar a avaliação organolética escolhe-se três amostras e leva-se para o laboratório para analisar.

Esta avaliação organolética é efetuada de acordo com a Norma Portuguesa 2287 (NP 2287 1988) que estabelece a classificação da matéria-prima por categorias para avaliar o grau de frescura do peixe, aplicando-se a todas as espécies de pescado exceto elasmobrânquios (por exemplo a raia). Esta avaliação é feita numa escala de 0 a 3 onde se avalia o estado do olho, as guelras, a pele, a textura da carne, coluna vertebral, órgãos, cheiro e peritoneu (Tabela 10, Anexo A). Avaliando cada parâmetro anterior e fazendo a média de todos os parâmetros é possível obter o grau de frescura da matéria-prima. As três categorias para a avaliação do grau de frescura são a categoria extra, categoria A e categoria B. Na categoria extra, o pescado apresenta um ótimo estado de frescura com um grau de frescura igual ou superior a 2,7. Na categoria A, o peixe apresenta um bom estado de frescura com um grau de frescura igual ou superior a 2 e inferior a 2,7. Na categoria B, o pescado apresenta um estado de frescura satisfatório onde o grau de frescura é igual ou superior a 1 e inferior a 2. Esta avaliação organolética é registada num boletim de inspeções.

Quando da receção da matéria-prima é obrigatória a análise quantitativa de histamina. A histamina é uma amina biogénica que é sintetizada a partir da descarboxilação do aminoácido histidina pela enzima L-histidina descarboxilase sendo esta amina muito resistente ao calor. A sua formação ocorre após a morte do peixe devido a más condições de armazenamento (FAO/WHO 2011). O período de incubação é relativamente curto, desde alguns minutos a algumas horas sendo as espécies que apresentam elevados teores de histamina no músculo as que pertencem à família *Scombridae* como o atum e a cavala na indústria conserveira. As bactérias produtoras de histamina são a *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae* e *Hafnia alvei* e

desenvolvem-se entre 10 a 25°C durante o armazenamento (Huss 1997; Hungerford et al. 2012). O regulamento (CE) nº 1441/2017 define como limite máximo de histamina 100 mg/kg, enquanto que a FDA estabelece como limite máximo 50 mg/kg sendo este valor máximo utilizado na CPN (Regulamento 1441/2017 2017; FDA 2011b).

Na CPN utiliza-se o kit *Histamine Test (Kikkoman Biochemifa Company)* que permite esta análise quantitativa através de um método enzimático e colorimétrico. Primeiramente é necessário homogeneizar completamente a amostra para de seguida retirar 1g para um tubo e adicionar 24mL de água destilada. Agita-se e de seguida filtra-se. Em dois tubos, um para a amostra e outro para o branco da amostra adiciona-se sequencialmente água destilada, filtrado, solução tampão e o reagente colorimétrico e enzimático. Por fim os tubos são colocados na estufa a 37°C durante 15 minutos e passado esse tempo lê-se a absorvância usando um espectrofotómetro no comprimento de onda de 460nm. A concentração final de histamina é calculada através da equação seguinte.

$$\text{Concentração de histamina } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} = \text{ppm} \right) = \frac{(E_s - E_b)}{(E_{std} - E_c)} \times 100 \times d_f \quad (5.1.1)$$

Onde E_s é a absorvância da amostra, E_b é a absorvância do branco da amostra, E_{std} é a absorvância da solução padrão, E_c é a absorvância do branco do reagente e d_f é o fator de diluição da amostra.

5.2 Receção do Vazio Metálico

Os recipientes onde se encontram os produtos de conservas de peixe devem ser hermeticamente fechados e resistir ao calor que são sujeitos nas várias fases de produção de forma a permanecerem seguros para o consumidor (Tato et al. 2000). A forma dos recipientes mais utilizada para os produtos em conservas de peixe é a lata de folha-de-flandres litografada ou não ou em alumínio sendo estas latas constituídas por tampos e corpos. Estes recipientes devem ser inertes e apresentar uma resistência mecânica suficiente que suporte as temperaturas e pressões que são utilizadas no processo de esterilização (Warne 1988).

Na fábrica CPN, os recipientes utilizados são metálicos e quando o vazio é entregue é necessário o acompanhamento pelo responsável dessa secção do controlo da qualidade. Nessa altura procede-se à inspeção visual de uma lata de modo a verificar alguns parâmetros tais como a litografia, o estado da linha de enfraquecimento e a cor.

5.3 Imersão em Salmoura

Nesta etapa, o peixe é colocado em quatro tanques onde é imerso numa solução saturada de sal (cloreto de sódio) e água que deve ser controlada cuidadosamente. Os tanques devem ser limpos para evitar a acumulação de restos, impurezas e a multiplicação de microrganismos resistentes a altas concentrações de sal (Tato et al. 2000).

O principal risco desta etapa é a penetração do sal no pescado. Uma alta concentração de sal no músculo vai afetar a qualidade do peixe através da hidrólise de lípidos, desnaturação das proteínas e alterações na textura. O risco de absorção de sal é reduzido para o peixe mais gordo devido a uma relação inversa entre a água e os tecidos lipídicos (Bodin et al. 2014).

A salmoura tem como objetivo remover as mucosidades, escamas soltas, sangue e impurezas que estejam presentes no peixe mas também melhorar a textura do músculo e a aderência da pele aumentando assim a concentração de sal no peixe (Monraia et al. 2006). O tempo de salmoura depende da matéria-prima em uso, do seu tamanho e das especificidades do produto, sendo que a cavala e a sardinha são necessários 30 a 45 min.

Na CPN é necessário realizar um controlo da concentração de sal dos tanques devido à grande quantidade de peixe que é salmourado o que vai naturalmente fazer variar esses valores. A partir de um boletim de controlo diário regista-se o tempo em que a matéria-prima esteve imersa nas salmouras, a matéria-prima utilizada e a concentração de sal nos quatro tanques. Com um copo de plástico recolhe-se uma pequena amostra de cada tanque que posteriormente é analisada no laboratório recorrendo a um refratómetro digital. Na célula de leitura, efetua-se o zero com água destilada e de seguida lê-se cada amostra. Se o valor obtido é inferior a 14° Baumé adiciona-se mais salmoura saturada até se obter a concentração pretendida.

5.4 Descabeçamento, evisceração e enlatamento

Tanto o descabeçamento como a evisceração devem ser executados sob exigentes condições de higiene que podem ser produzidas manual ou mecanicamente. Deve verificar-se sempre que não permanecem restos de vísceras que possam provocar alterações no produto final e este produto deve ser lavado com água para remover escamas soltas e sangue (Monraia et al. 2006).

Na CPN, esta fase é realizada manualmente numa linha de enlatamento onde o peixe é lavado com água e os respetivos operários realizam a remoção da cabeça, vísceras e cauda. Cada lata é cheia com um número de peixes que depende do tamanho da matéria-prima. É importante garantir que fica algum espaço livre na lata para que na etapa do processamento térmico não ocorra uma acumulação excessiva de pressão no interior da lata (Warne 1988). Após o enchimento, as latas são colocadas em capachas (tabuleiros de plástico perfurados) juntamente com uma ficha de identificação individual do operário responsável para o controlo da produção e da qualidade do enlatamento e a capacha segue para o cozedor. Existem alguns casos em que a matéria-prima é primeiramente pré-cozida e só depois é realizado o enlatamento.

5.5 Cozimento

Durante o processo de fabrico das conservas de pescado, o cozimento é uma das fases mais importantes para a libertação da água contida no peixe (caso isto não aconteça a água é libertada no molho após a esterilização). O cozimento melhora a qualidade física, química e sensorial do produto, aumenta o seu tempo de vida útil e faz com que o exsudado total seja mínimo. Quanto maior o teor de gordura de um peixe mais água o mesmo irá perder durante esta fase diminuindo portanto o seu peso (Aubourg 2001).

Este processo faz coagular as proteínas do peixe libertando água. A quantidade de água libertada depende da temperatura que é atingida no interior de peixe. Se o peixe não estiver bem quente a libertação da água não é atingida na totalidade. No entanto, se o peixe atingir temperaturas elevadas, tanto a qualidade como o rendimento do produto vão diminuir. A temperatura e o tempo de cozedura são estabelecidos de acordo com o tamanho ou teor de gordura no peixe. Ao garantir-se estes dois parâmetros garante-se que o produto final não aparece com excesso de resíduo aquoso no molho (Tato et al.

2000; Monraia et al. 2006). Esta fase também tem como função cessar a atividade bacteriana e enzimática. A seguir a esta fase é essencial uma etapa de arrefecimento para diminuir a quantidade de água que permanece nas latas após este processo (Monraia et al. 2006).

Na CPN, este processo pode ser realizado antes ou depois da etapa do enlatamento. Em alguns produtos de cavala e sardinha são primeiramente cozidos em cozedores estáticos e só depois de arrefecerem é que são enlatados. Todos os produtos de atum são pré-cozidos. Quando o peixe é imediatamente enlatado tem que ser primeiro colocado num cozedor contínuo com uma duração de aproximadamente 35 minutos a uma temperatura de 90°C com as latas invertidas. Existe sempre um controlo do peso das latas antes e após o cozimento para se estimar a quantidade de água perdida. Quando a cozedura termina, o peixe está praticamente livre de microrganismos e a fase de arrefecimento tem que ser curta para não ocorrer recontaminação.

Na CPN, a análise do teor de sal é realizada em qualquer matéria-prima para averiguar o teor de sal e também por especificações de clientes para verificar se esse é o valor pretendido. Para esta análise, recolhe-se uma amostra da matéria-prima e estas são trituradas e homogeneizadas. De seguida, retira-se 10g para um recipiente de plástico e adiciona-se 90mL de água destilada e por fim agita-se. É necessário um tempo de espera para repouso no mínimo 15min e depois a mistura é filtrada e algumas gotas são colocadas na célula de leitura do salinómetro digital onde se consegue visualizar o teor de sal presente na amostra. Anteriormente é necessário a calibração do aparelho (o respetivo zero) com água destilada e só depois é que se faz a medição do teor de sal. Adicionalmente, é necessário efetuar esta medição para que o produto final adquira as propriedades organoléticas desejadas.

5.6 Adição de molhos e cravação

Esta fase ocorre imediatamente antes da etapa de cravação e realiza-se de forma automática. Esta etapa pode ser feita a quente ou a frio e todos os espaços vazios da lata têm que ficar totalmente preenchidos (Monraia et al. 2006). Na CPN, com recurso a um sistema de tubagens, o molho é colocado num reservatório perto da cravadeira sendo

depois dirigido para o interior das latas. O excesso de molho vai para outro reservatório onde vai ser centrifugado e misturado com o novo molho.

A cravação tem como objetivo garantir a hermeticidade do produto e resistir às altas pressões que são utilizadas na etapa de esterilização de forma a evitar recontaminações e deformações (Aubourg 2001). Segundo Monraia e os seus colaboradores, a cravação “é a operação pela qual se faz mecanicamente a união do tampo e do corpo da lata”. Esta operação tem três passos (Figura 3) sendo o primeiro a fase de compressão onde se faz a transformação do rebordo do corpo em gancho do corpo. O segundo passo é o enrolamento do bordo do corpo com o bordo do tampo e por fim, a fase do aperto que inclui a compressão do enrolamento entre os roletes e a came (Monraia et al. 2006).

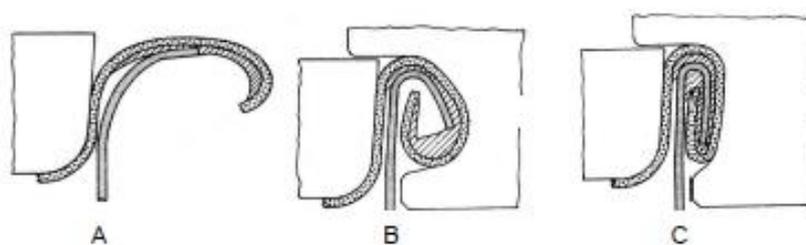


Figura 3. - Os três passos da cravação. A - Fase de compressão, B - Fase de enrolamento, C - Fase de aperto (Fonte: Warne. 1988).

Na CPN é executada a análise dimensional da cravação em 8 pontos da lata através de amostras de latas já cravadas. Neste processo recorre-se a um projetor de cravação o que vai permitir a medição de vários parâmetros representados na Figura 4.

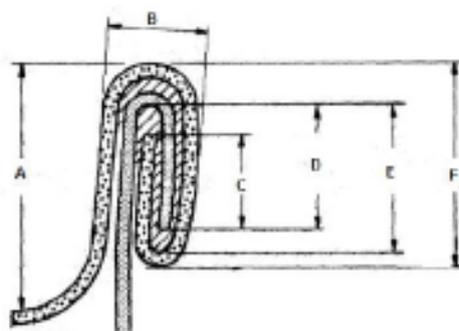


Figura 4. - Parâmetros avaliados na cravação. A - Profundidade da cuvette, B - espessura da cravação, C - Sobreposição, D - Gancho do corpo, E - Gancho do tampo, F - Altura da cravação (Fonte: Warne, 1988).

5.7 Lavagem

Na etapa anterior, as latas ficam sujas com restos de peixes ou molhos. É necessário esta etapa antes da esterilização porque após o tratamento térmico seria muito difícil retirar os restos aglomerados nas latas (Tato et al. 2000). Na CPN, as latas vão passar por um túnel onde vão ser lavadas com água quente e com um detergente adequado e depois são transportadas para os cestos onde ficam submersas com água.

Na CPN, são realizadas duas análises diárias ao cloro na água. Usando um tubo de plástico, recolhe-se uma amostra de água para posteriormente ser analisada no laboratório. Esta água é vertida para um frasco de vidro até perfazer os 10mL para fazer a calibração do aparelho (o respetivo zero). De seguida, adiciona-se um reagente em pó específico para o cloro e o frasco é colocado novamente no aparelho para efetuar a medição. Através de um boletim de controlo, regista-se o local, a hora de recolha da amostra e posteriormente o valor de cloro medido. Este valor deve ser superior a 0,20ppm. Se for inferior é obrigatório realizar uma inspeção e um ajuste no processo de cloração da água e posteriormente realizar uma nova leitura para certificar que o nível do cloro está conforme. Esta análise é realizada em diferentes pontos da fábrica para se garantir o nível de cloro.

5.8 Esterilização

O conceito de esterilização em conservas envolve a aplicação do tratamento térmico de elevadas temperaturas por um tempo suficientemente longo para eliminar microrganismos e assim não originar problemas de saúde pública e problemas e deterioração (Awuah et al. 2007). O tempo de esterilização é definido de forma a destruir microrganismos patogénicos termicamente resistentes, particularmente o *Clostridium botulinum* (Aubourg 2001).

A eficiência deste processo não depende só pela temperatura. O binómio tempo-temperatura é influenciado também pelo pH, atividade da água, teor de sal, pelas propriedades térmicas e também pela resistência térmica dos microrganismos, bem como a forma em que eles se podem encontrar (vegetativa ou esporulada) (Awuah et al. 2007).

Os produtos alimentares podem ser classificados de acordo com a sua acidez nomeadamente os alimentos ácidos com um pH de 3,7 a 4,6; alimentos de baixa acidez com um pH > 4,6 e alimentos com elevada acidez com um pH < 3,7. As conservas de pescado são consideradas alimentos de baixa acidez (Awuah et al. 2007; André et al. 2013).

O processo de esterilização pode ser dividido em três fases (Vincent 2010):

- *Come-up-time* – é a fase onde ocorre o aumento da temperatura (desde a temperatura ambiente pois quando se liga a autoclave esta encontra-se na temperatura ambiente até se atingir a temperatura de esterilização definida);
- *Holding temperature* – Quando se atinge a temperatura de esterilização, aumenta a temperatura no interior da lata até que o produto fique estéril. A temperatura no interior da autoclave permanece constante;
- *Cooling* – Este arrefecimento tem como objetivo que a temperatura no interior da autoclave diminua e alcance um valor próximo da temperatura ambiente. Para isso existem chuveiros de água fria e a aplicação de contrapressão através da entrada de ar comprimido. Esta água tem que sofrer um processo de cloração para não contaminar as latas.

Na CPN existem três autoclaves verticais de vapor saturado que são as mais utilizadas para conservas de baixa acidez em recipientes metálicos, sendo um ótimo meio de transferência de calor. Inicialmente, no ciclo da esterilização tem que existir a fase de purga que consiste na entrada de vapor na autoclave. As válvulas de descarga/purga permanecem abertas para saída de ar, de modo a evitar formação de bolsas de ar à volta da lata. De seguida, a temperatura no interior da autoclave é uniforme.

É obrigatório existirem dispositivos de controlo que permitam visualizar a temperatura e a pressão durante a esterilização para verificar se realmente as latas foram submetidas ao tratamento térmico pretendido.

As conservas têm que ser inócuas e estáveis à temperatura ambiente sendo necessário um tratamento térmico que satisfaça um valor de letalidade suficiente para a destruição de todos os microrganismos que se possam desenvolver à temperatura ambiente. São obrigatórios estudos de penetração de calor para calcular o valor de letalidade (F_0). Esta velocidade de penetração de calor depende de alguns fatores de entre os quais o tipo de produto, a embalagem, o tipo de autoclave, entre outros. Como as conservas são consideradas alimentos de baixa acidez ($pH > 4,6$), o valor de letalidade mínimo deve ser igual ou superior a 3 minutos. Contudo, se existir o *Clostridium sporogenes*, que é mais resistente termicamente que o *C. botulinum* embora não sendo patogénico, o valor de letalidade tem que ser superior a 3 minutos (Monraia et al. 2006).

Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros de esterilização utilizados na CPN nas autoclaves verticais.

Tabela 1. - Parâmetros de esterilização utilizados na CPN nas autoclaves verticais (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).

Formato da Lata	Temperatura de esterilização	Tempo de esterilização
¼ Club 30 – Sardinha Tomate Normal/Tomate Picante, Bacalhau com grão ou feijão e Atum com grão ou feijão	121°C	50 min
¼ Club 30 – Bacalhau em óleo	121°C	45 min
¼ Club 30 – Restantes Produtos	121°C	30 min
Redonda 385 g	121°C	60 min
Redonda 810g	121°C	80 min
Redonda 1730g	121°C	110 min

Na CPN, é obrigatória a existência de uma fita de testemunho em todos os produtos que vão ser colocados nos dois cestos para serem esterilizados e assim serem sujeitos a um controlo de qualidade. As latas com a fita de testemunho do respetivo produto vão para o laboratório onde se vai colocar uma lata de cada esterilização na estufa durante catorze dias a 37°C e a outra lata é colocada à temperatura ambiente. No laboratório é obrigatório fazer uma análise ao produto no dia seguinte à sua produção com a utilização de tabelas do Instituto Português de Conservas e Pescado que avaliam de 0 a 6 vários parâmetros (Tabela 11, Anexo B). Para esta realização é necessário retirar um número de latas de cada produto produzido, pesa-las de forma a registar o peso bruto e o peso líquido. De seguida, há a inspeção visual do exterior da lata e depois de aberta coloca-se numa proveta de forma a escorrer o meio de cobertura. Depois a lata é novamente pesada para se registar o peso escorrido e posteriormente são analisadas as características do produto como a apresentação, odor, textura e massa muscular. O meio de cobertura é também analisado e o valor de exsudado é registado. A soma de todos os valores de cada característica origina no final uma classificação ao produto de acordo com o Anexo C.

5.9 Encaixotamento e Embalagem

Na CPN, depois da esterilização, os cestos com as latas são colocados no armazém e só deverão ser manuseadas quando estiverem frias e secas. Os cestos vão ser colocados no tapete rolante onde os operários vão examinar as latas para verificar se têm defeitos, tais como (Monraia et al. 2006):

- Latas com mossas provocada pela colisão com outras latas;
- Fuga do molho/Rutura da lata;
- Lata amolgada (lata que não voltou ao estado original depois do arrefecimento);
- Corrosão das latas.

As latas que estão em bom estado são embaladas e marcadas com *inkjet* indicando o dia de produção, o lote e a data de validade do consumo.

6. Processo: esterilização

A esterilização de alimentos enlatados em autoclaves tem sido um dos métodos mais amplamente utilizados para a preservação dos alimentos durante o século XX e contribui significativamente para o bem-estar nutricional de grande parte da população mundial (Teixeira et al. 1997). Esta é uma operação unitária em que os alimentos são aquecidos a uma temperatura suficientemente alta e por um tempo longo para destruir a atividade microbiana e enzimática. Um tratamento térmico mais rigoroso durante o processo de esterilização em conservas pode provocar mudanças substanciais na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (Fellows 2000). O selo hermético mantém um ambiente na embalagem que impede o crescimento de outros microrganismos de maior resistência e o mais importante, evita a recontaminação durante o armazenamento (Awuah et al. 2007).

O tempo necessário para esterilizar um alimento é influenciado pela resistência ao calor dos microrganismos, enzimas suscetíveis de estarem presentes no alimento, as condições de aquecimento, o pH do alimento, o tamanho da autoclave e o estado físico dos alimentos (Fellows 2000).

O processamento térmico em *batch* é utilizado para conservas, já o processamento térmico contínuo é apenas económico para processos muito grandes pois a maioria das fábricas de conservas são de médio ou pequeno tamanho. O processamento em *batch* é executado em três etapas: *come-up-time* (a temperatura da lata de conserva aumenta para a temperatura de esterilização definida), *holding temperature* (a lata de conserva é mantida a essa temperatura por um tempo definido) e *cooling* (a lata de conserva é arrefecida até a um ponto em que as reações não ocorrem mais) (Miri et al. 2008).

O microrganismo que pode estar presente nestes alimentos é o *C. botulinum* que é altamente resistente ao calor, é o patogénico mais perigoso e formador de esporos que se desenvolve confortavelmente em condições anaeróbicas para produzir a toxina do botulismo. A esterilidade comercial é alcançada quando os esporos de *C. botulinum* são inativados para satisfazer os requisitos regulamentares (Fellows 2000; Awuah et al. 2007). Assim, a severidade do processo térmico depende de vários fatores como as características físicas do produto alimentar, o tipo e a resistência térmica dos

microrganismos, o pH, a atividade da água e o teor de sal nos alimentos (Awuah et al. 2007).

A esterilidade comercial de alimentos processados termicamente, conforme definido pela US *Food and Drug Administration* (FDA), é a condição alcançada pela aplicação de calor que torna o alimento livre de microrganismos capazes de se reproduzir no alimento sob refrigeração normal, condições de armazenamento e distribuição; células microbianas viáveis ou esporos de importância para a saúde pública. Consequentemente, estes alimentos podem conter um pequeno número de esporos bacterianos viáveis mas não latentes nem patogênicos (Park et al. 2014).

O desenvolvimento de novas tecnologias de processamento térmico possibilitam uma redução dos tempos de processamento e otimização de temperaturas de aquecimento de forma a diminuir os danos ao nível nutricional e sensorial (Awuah et al. 2007). Um desses exemplos é o processamento e enlatamento assético que permite reduzir a severidade do tratamento térmico fazendo com que as etapas de aquecimento e arrefecimento decorrem em menor tempo. O princípio de HTST (*high temperature short time*) permite a obtenção de produtos de elevada qualidade, com maior retenção de nutrientes, mas com a desvantagem de que só se pode aplicar a produtos pouco viscosos e fluídos. Por esta razão, este princípio não é aplicável na indústria conserveira uma vez que os produtos são sólidos e viscosos e para originar um produto seguro é necessário que todos os pontos atinjam o F_0 pretendido (Holdsworth 1985).

Nestes alimentos existe um ponto de menor letalidade e a sua localização depende da geometria do recipiente e das características do produto. Como a maioria dos produtos à base de pescado aquecem por condução, o ponto de menor letalidade é o centro geométrico do recipiente (Shaw 2010). Num recipiente, o ponto de menor letalidade pode não alcançar a temperatura de processamento mas a temperatura do produto alimentar sobe acima de aproximadamente 70°C e ocorre a destruição microbiana (Fellows 2000).

6.1 Inativação microbiana

As condições de conservação pelo calor afetam a segurança pois os produtos alimentares fabricados não podem ser ao mesmo tempo seguros, de alta qualidade e de

baixo custo. Quanto mais severo for o processo de esterilização maior será a degradação dos alimentos, tanto ao nível nutricional como ao nível dos atributos como a cor, a textura e o sabor que chamam a atenção do consumidor. Assim, a carga microbiana tem que ser destruída e os agentes que causam a degradação dos alimentos são as leveduras, bolores, bactérias e esporos (Awuah et al. 2007).

O microrganismo *C. botulinum* é o mais importante relativamente à segurança alimentar e as principais causas para o seu aparecimento em produtos alimentares enlatados incluem o crescimento bacteriano antes do processamento, a utilização de um processamento inadequado, a falha no tratamento utilizado ou uma recontaminação pós-processamento (Pflug et al. 1978). Este microrganismo e os seus esporos são altamente resistentes ao calor sendo destruídos pela utilização de elevadas temperaturas (Awuah et al. 2007).

Estudos científicos demonstram que o *C. botulinum* não produz toxinas nem cresce em alimentos com um pH inferior a 4,6. Mesmo quando este microrganismo é inativado é necessário ter em atenção a presença de outros microrganismos tais como *C. thermosaccolyticum*, *Bacillus stearothermophilus* e *B. thermoacidurans* que não são prejudiciais para a saúde mas levam à degradação do produto o que naturalmente representa perdas económicas (Awuah et al. 2007).

Os microrganismos presentes nas conservas de pescado podem produzir esporos que são anaeróbios, aeróbios facultativos, organismos termófilos e *Micrococcus*. O surgimento de organismos associados à deterioração pode estar relacionado com (Gaze 2010):

- Matéria-prima de baixa qualidade;
- Más condições de higiene dentro da instalação de processamento;
- Latas danificadas (por exemplo: defeitos na cravação);
- Recontaminação do produto.

O género *Bacillus* causa deterioração nos produtos de conservas não necessariamente pela produção de gás, mas sim pela produção de odores ou alterações na cor e na textura do pescado. Existem outros fatores que afetam a deterioração microbiana tais como o

material da embalagem, problemas no processo de cravação e o uso de água de arrefecimento com baixa qualidade (Gaze 2010).

A cinética de inativação térmica de microrganismos é obtida através da curva de sobrevivência (Figura 5) que corresponde a uma parcela logarítmica do número de microrganismos que sobrevivem ao processamento térmico a uma determinada temperatura *versus* o tempo que dura este processamento (Awuah et al. 2007).

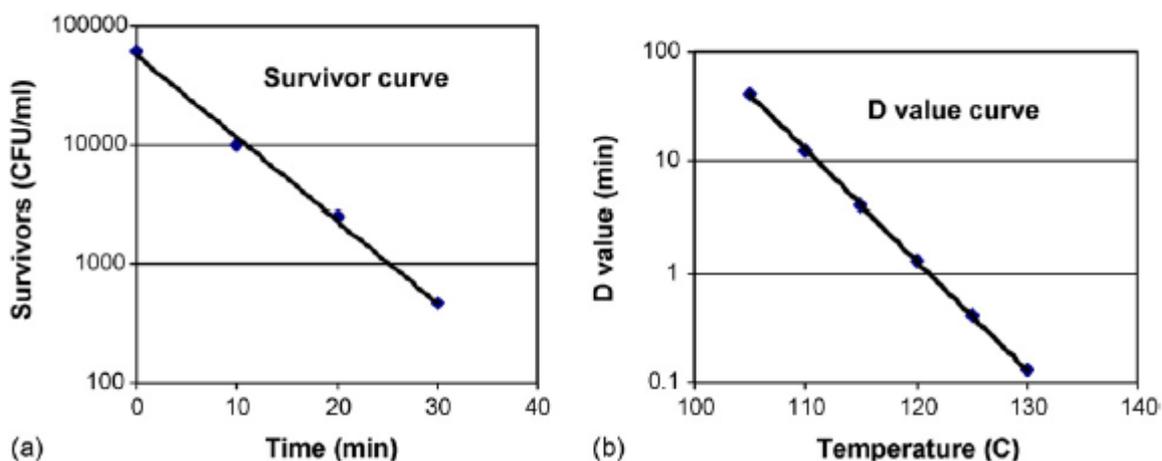


Figura 5. - Curvas de sobrevivência e valor de D (Fonte: Awuah et al. 2007).

Os parâmetros D e z são determinados a partir da curva de sobrevivência e resistência, respetivamente. O valor D representa o tempo de processamento que resulta em 90% da redução da população microbiana (Awuah et al. 2007).

$$D = \frac{t_2 - t_1}{\log(A) - \log(B)} \quad (6.1.1)$$

Na equação (6.1.1), A e B representam o número de microrganismos sobreviventes após o processamento térmico para os tempos t_2 e t_1 do processamento térmico, respetivamente (Awuah et al. 2007).

A constante cinética (k) à temperatura T das reações de cinética de primeira ordem é descrita pela equação (6.1.2) (Awuah et al. 2007).

$$k_T = \frac{\ln(10)}{D_T} \quad (6.1.2)$$

O valor de z (equação (6.1.3)) representa o aumento da temperatura necessária para reduzir dez vezes no valor de D (Awuah et al. 2007; Hendrickx et al. 1993).

$$z = \frac{T_2 - T_1}{\log(D_1) - \log(D_2)} \quad (6.1.3)$$

Dentro de uma determinada gama de temperatura, a dependência de temperatura de D pode ser expressa pela equação (6.1.4) (Hendrickx et al. 1993).

$$D_T = D_{ref} \times 10^{\frac{T_{ref}-T}{z}} \quad (6.1.4)$$

6.2 Deterioração da qualidade

A deterioração da qualidade do pescado inicia-se logo aquando da captura e até à entrega na área de receção do pescado. Esta deterioração é causada principalmente por reações enzimáticas, decomposição microbiana e oxidação lipídica (Garthwaite 2010).

Os parâmetros como a textura, sabor e aparência são atributos importantes que influenciam o consumidor. A qualidade de um produto tem que corresponder às expectativas do consumidor. Estes fatores de qualidade apresentam um carácter mais subjetivo e são avaliados através de provas sensoriais (Lund 1982; Aubourg 2001). Os nutrientes são pertinentes para a manutenção da saúde e podem ser avaliados com métodos analíticos o que proporciona o estabelecimento de processos de otimização de nutrientes (Lund 1982).

O pescado é submetido a várias fases sendo a congelação um dos processos em que se consegue a inativação das enzimas e o aumento do seu tempo de vida útil mas por outro lado levam a perdas de proteínas e lípidos, ocorrendo assim a desnaturação das proteínas, oxidação lipídica e diminuição da capacidade de retenção de água. Em operações como o cozimento e esterilização ocorre a deterioração da qualidade nomeadamente na textura, cor e aparência se o tratamento térmico for excessivo. Apesar da perda de qualidade, estas etapas são obrigatórias para a eliminação de microrganismos (Aubourg 2001).

Existem estudos que demonstram que no processo de esterilização em determinadas condições de tempo/temperatura, o grau de retenção da generalidade dos componentes do pescado permanecem num limite aceitável, desde que a matéria-prima seja de elevada qualidade (Aubourg 2001).

Ao longo do tempo vão ocorrer alterações nos fatores de qualidade num produto alimentar. Relativamente às conservas, após 3 a 4 meses de produção, observa-se modificações na textura e no sabor do peixe (Aubourg 2001).

6.3 Otimização do processo de esterilização

O processo de esterilização abrange dois acontecimentos importantes, a transferência de calor para o produto alimentar e a cinética de inativação térmica de microrganismos e enzimas (Hendrickx et al. 1993).

A maior dificuldade na otimização deste processo em alimentos aquecidos por condução é que cada ponto do recipiente não recebe o mesmo tratamento térmico o que afeta a destruição microbiana e de nutrientes (Lund 1977). Na maior parte da otimização de processos térmicos o objetivo é melhorar a qualidade do produto maximizando a retenção de nutrientes (Hendrickx et al. 1993).

Esta otimização é possível porque a cinética de inativação microbiana, enzimas e fatores de qualidade apresentam diferentes sensibilidades à temperatura. A inativação microbiana é mais dependente da temperatura do que a cinética de degradação dos fatores de qualidade (Silva et al. 1992). Para melhorar a qualidade de um produto existem dois conceitos que têm que ser considerados para a otimização do processo. O primeiro é a qualidade de superfície considerando a aparência e o odor e o segundo é a qualidade média considerando o sabor, consistência ou retenção de nutrientes (Silva et al. 1993).

O valor de esterilização no ponto mais frio é o critério mais apropriado porque garante uma esterilidade mínima em todos os pontos do alimento (Silva et al. 1993). Através do método desenvolvido por Ball & Olson, o valor de esterilização é calculado por (Holdsworth 1985):

$$F_0 = \int_0^t 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} dt \quad (6.3.1)$$

Na equação (6.3.1), $z = 10^\circ\text{C}$ e $T_{ref} = 121,1^\circ\text{C}$.

O valor de F_0 em alimentos pré-embalados num processamento em *batch* depende do tipo de produto, tamanho, tipo e forma do recipiente, temperatura inicial e o coeficiente de transferência de calor externo (Fellows 2000; Varga et al. 2000).

Ball e Olson (1957) desenvolveram um método matemático versátil para o cálculo da letalidade de um processo de esterilização e os respectivos parâmetros de penetração de calor: f_h que é definido como o tempo necessário para diminuir a diferença de temperatura entre a temperatura da autoclave e a temperatura no ponto de menor letalidade em 90% e j_h que representa o atraso da temperatura no centro do produto alimentar (Singh et al. 2014). O valor de f_h é dependente da difusividade térmica, da geometria, do coeficiente de transferência de calor à superfície e independente da posição no alimento, da distribuição inicial de temperaturas e do *come-up-time*. O valor de j_h é dependente da posição, da distribuição inicial de temperatura, do *come-up-time* e é independente da difusividade térmica (Kebede et al. 1996; Silva 1996).

Assim, Ball e Olson traçaram um gráfico com o logarítmico da diferença da temperatura ambiente e da temperatura no interior do produto alimentar *versus* o tempo em que se observa que existe uma relação linear entre estes dois parâmetros (Fellows 2000).

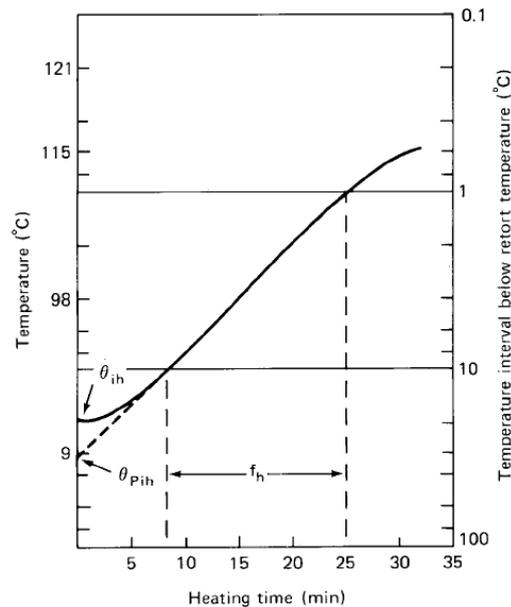


Figura 6. - Curva de aquecimento (Fonte: Fellows 2000).

Ao transformar esta diferença em logarítmico obtém-se a equação (6.3.2) (Silva 1996):

$$\log\left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_{ih} - \theta_r}\right) = -\frac{t}{f_h} + \log j_h \quad (6.3.2)$$

O declive da reta é utilizado para caracterizar a velocidade de transferência de calor e o seu inverso é definido como f_h (Singh et al. 2014).

O valor j_h é obtido através da equação (6.3.3) (Fellows 2000):

$$j_h = \frac{\theta_r - \theta_{pih}}{\theta_r - \theta_{ih}} \quad (6.3.3)$$

Na equação (6.3.3), θ_r representa a temperatura da autoclave, θ_{pih} representa a temperatura pseudo-inicial e o θ_{ih} representa a temperatura inicial do produto (Fellows 2000).

Em alimentos aquecidos por condução, existe um atraso porque a temperatura no interior do produto não começa a diminuir logo após o vapor ter sido desligado. Por isso, é necessário a introdução de um fator de “atraso” de arrefecimento j_c . Este fator é calculado a partir da equação (6.3.4) (Fellows 2000; Singh et al. 2014):

$$j_c = \frac{\theta_c - \theta_{pic}}{\theta_c - \theta_{ic}} \quad (6.3.4)$$

Na equação (6.3.4), θ_c representa a temperatura da água de arrefecimento, θ_{ic} representa a temperatura no interior do alimento no início do arrefecimento e θ_{pic} representa a temperatura pseudo-inicial no início do arrefecimento (Fellows 2000).

Para o cálculo da temperatura ótima de esterilização (T_{op}), Hendrickx e os seus colaboradores desenvolveram um método fórmula geral semi-empírico. Este método foi desenvolvido para processos sem resistência térmica à superfície e assenta nas seguintes suposições (Hendrickx et al. 1993):

- Transferência de calor para os alimentos por condução;
- Apenas são consideradas formas unidimensionais como a placa infinita, cilindro infinito e esfera;

- O produto alimentar é homogéneo e isotrópico, isto é, as propriedades são constantes com a localização e temperatura;
- Temperatura inicial do produto (T_0) do produto é uniforme;
- O perfil de tempo-temperatura do meio consiste no *come-up-time*, temperatura de esterilização constante e arrefecimento;
- Não há resistência à transferência de calor na superfície do produto;
- Reações de cinética de 1ª ordem são aplicadas à inativação dos esporos dos microrganismos e enzimas e para a degradação térmica de parâmetros da qualidade e nutrientes;
- Os parâmetros cinéticos são descritos pelos valores de D e z.

Assim, Hendrickx e os seus colaboradores estabeleceram a fórmula em que a temperatura ótima de processamento é independente da geometria quando os valores de F_0 , f_h , z_q e T_0 são fixados. Não foi possível encontrar dados concretos relativos à cinética de degradação térmica, no entanto existe um intervalo de valores de z_q que representa os fatores de qualidade em alimentos processados termicamente 25-33°C. Para o cálculo da T_{op} utilizou-se a média da T_{op} a 25°C (min) e da T_{op} a 33°C (max) (Hendrickx et al. 1993; Ohlsson 1980).

$$T_{op} = 86,68 + 9,73 \times \log\left(\frac{F_0}{f_h}\right) + 10,46 \times \ln z_q + 0,025 \times T_0 \quad (6.3.5)$$

coeficiente de correlação = 0,999

O método desenvolvido por Stumbo (1973) e Ball e Olson (1957) permite o cálculo dos tempos de processamento para diferentes temperaturas da autoclave ou tamanhos dos recipientes mas é limitado pois é necessário conhecer as características de penetração de calor e as condições de processamento. O método fundamenta-se em (Fellows 2000):

$$B = f_h \log\left(\frac{j_h I_h}{g}\right) \quad (6.3.6)$$

Na equação (6.3.6), B representa o tempo de processamento em minutos, I_h é a diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura inicial do produto e g é a diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura final do produto no ponto do aquecimento mais lento (antes de iniciar o arrefecimento). O valor g é influenciado pelo tempo de morte térmica dos microrganismos, o declive da curva de aquecimento f_h , o valor z do microrganismo alvo e a diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura da água de arrefecimento. O objetivo do cálculo de processamento é ter o conhecimento de quanto tempo um produto alimentar deve suportar uma temperatura de processamento para alcançar a destruição térmica necessária no ponto de menor letalidade (Fellows 2000).

Para o cálculo do valor de g é necessário calcular o valor de U que relaciona o valor de F_1 na temperatura da autoclave e o valor de F de referência (1 minuto a 121°C) (Fellows 2000).

$$U = F \times F_1 \quad (6.3.7)$$

Com o valor de U e o parâmetro j_c , o valor de g já pode ser calculado utilizando a tabela do Anexo E (Fellows 2000).

Em autoclaves *batch* apenas 40% do tempo necessário para que a autoclave atinja a temperatura de operação (*come-up-time*) está a uma temperatura suficientemente elevada para destruir os microrganismos. Assim, é necessário ajustar o valor de B para fornecer o tempo de processamento corrigido (fase *holding*) (Fellows 2000).

$$\text{Tempo de processamento} = B - 0,4 \times CUT \quad (6.3.8)$$

II. Objetivos específicos do trabalho

Neste trabalho pretendeu-se otimizar o processo de esterilização através de estudos de penetração de calor e distribuição de temperatura nas conservas de atum, cavala e sardinha.

No decorrer deste trabalho foi possível aprofundar conhecimentos na indústria alimentar mais precisamente na temática da qualidade do pescado e nas tarefas relacionadas com o controlo de qualidade na indústria conserveira. A realização das tarefas diárias no laboratório da fábrica permitiram não só garantir um controlo da qualidade na fábrica CPN mas também adquirir prática laboratorial nestes métodos.

Como foco deste trabalho, efetuaram-se estudos de penetração de calor em conservas de atum, sardinha e cavala nas três autoclaves da fábrica para assim calcular os parâmetros de penetração de calor de forma a maximizar a qualidade sensorial das conservas de pescado e obter resultados com reprodutibilidade. Os estudos de distribuição de temperatura foram realizados nas três autoclaves com o objetivo de verificar se possuem uma boa distribuição de temperatura durante a fase de esterilização e conhecer qual a localização dos pontos dentro desse sistema que conduzem a um aquecimento mais lento.

III. Materiais e métodos

Este estudo foi efetuado ao longo de 9 meses, de setembro de 2017 a maio de 2018. A escolha dos produtos utilizados nos ensaios foi efetuada de acordo com a produção diária da fábrica uma vez que se utilizou uma autoclave industrial.

Os estudos de distribuição de temperaturas permitem verificar se a autoclave é operada corretamente tendo em conta que a variação da distribuição de temperatura deve ser no máximo de 0,5°C, durante a fase de esterilização. Realizou-se um ensaio a cada autoclave a 121°C com a pressão de 1,2bar. O posicionamento das sondas nos cestos encontra-se ilustrado na Figura 7.

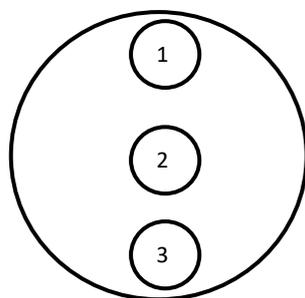


Figura 7. - Posicionamento das sondas (1,2 e 3) nos ensaios dos testes de distribuição de temperatura (visão de cima da autoclave).

Os testes de penetração de calor foram realizados apenas com sondas no centro da autoclave. A realização destes estudos de validação de penetração de calor é relevante pois permite evitar erros associados às medições de temperatura o que pode resultar na colocação deste produto menos seguro para o mercado.

As medições de temperatura são efetuadas nas condições mais difíceis, ou seja, no ponto de menor letalidade dentro da lata e também dentro da autoclave. A autoclave tem capacidade para dois cestos de grandes dimensões. A disposição dos cestos encontra-se representada na Figura 8.

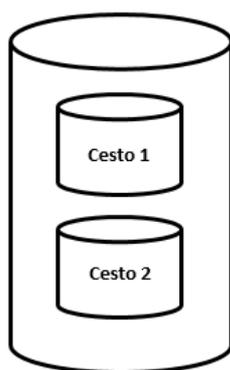


Figura 8. - Disposição dos cestos na autoclave.

Após a aquisição dos dados procedeu-se ao tratamento dos resultados através da obtenção dos parâmetros de penetração de calor (f_h , j_h e j_c) usando o Microsoft Excel 2013, tendo-se construído um gráfico do logarítmico das diferenças de temperatura da autoclave e da temperatura no interior do produto *versus* o tempo para o cálculo dos vários parâmetros. De seguida calculou-se o tempo de processamento (B) equivalente à temperatura constante para depois calcular o tempo de processamento corrigido da fase *holding*.

Por fim, procedeu-se a uma comparação dos resultados através de um programa de estatística (SPSS) para aplicar o teste de *t-student* para a comparação das médias dos parâmetros de penetração de calor.

As condições dos estudos de penetração de calor encontram-se resumidas na Tabela 2.

Tabela 2. - Condições dos estudos de penetração de calor.

Produto	Posição na autoclave	Número de ensaios	Cestos
SAJ	Centro do cesto	3	1 e 2
STV	Centro do cesto	2	1 e 2
CAF	Centro do cesto	2	1 e 2

Produto	Posição na autoclave	Número de ensaios	Cestos
AGF 120G	Centro do cesto	5	1 e 2
AGF 0,5KG	Centro do cesto e afastada no sentido superior e inferior do centro	2	1

1. Equipamento Ellab Tracksense Pro

Na CPN, são utilizadas autoclaves verticais industriais com capacidade de dois cestos (cerca de 2000 latas de ¼ Club 30 em cada cesto) no seu interior.

O equipamento disponível é o *Ellab Tracksense Pro* que é um sistema de medição de temperaturas utilizado para a validação de um processo térmico e que consiste em duas partes, nomeadamente seis sondas e um componente de registo de dados (*data-logging*) (Shaw 2010).

Inicialmente, as sondas vão ser colocadas no suporte portátil (*data-logging*). Com o recurso ao *software ValSuite™ Pro* (Figura 9) estabelece-se o *Start logger* para começar a aquisição dos dados. Para isso ajusta-se as horas de início e fim e apenas durante esse intervalo de tempo é que são armazenadas as medições de temperaturas dentro da autoclave.

As latas têm que ser furadas para a colocação da sonda, mas inicialmente é colocado um tubo em inox, uma pequena anilha e uma proteção para o resto da sonda que ficar fora da lata para assim não permitir fugas de líquido durante o processo e para as sondas não ficarem danificadas. A sonda vai atravessar o tubo e atingir o centro da lata onde se situa o ponto de menor letalidade.

No fim do processo, as sondas são colocadas novamente no suporte digital *data-logging* e estabelece-se o *Read logger* para se obter as respectivas medições de temperatura durante o intervalo de tempo estabelecido.

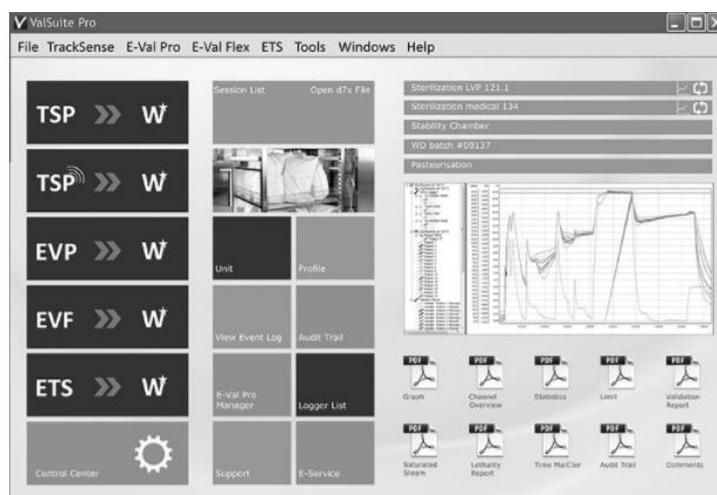


Figura 9. - Software ValSuite™ Pro.

Os registradores de dados *TrackSense Pro* sem fio são constituídos por aço inoxidável de alta resistência e oferecem tecnologia de ponta que permite medições altamente precisas em diferentes processos térmicos. Os registradores podem ser configurados com sensores intercambiáveis para medir temperatura, pressão, humidade relativa, CO₂ e condutividade. Estes operam a temperaturas de -50°C a +150°C e podem suportar pressões até 10 bar (Ellab 2017).

Após ter adquirido os dados é necessário definir o *time markers* no mesmo *software* para que o *come up time* seja desde o início do processo até ao início da esterilização, o *holding time* desde o início da esterilização até ao início do arrefecimento e o *cooling time* desde o início do arrefecimento até ao final do processo. Com estes dados já se pode realizar o *advanced validation report* (Anexo D) que é o relatório final do estudo realizado. Ao realizar este relatório, primeiramente coloca-se o nome do estudo, a temperatura do processo, o modo (estudos de distribuição de calor ou estudos de penetração de calor) e o período definido pelo *time markers* (Figura 10). Os outros parâmetros já estão pré-definidos.

Advanced Validation Report

General Process Temperature Distribution Heat Penetration

Process Temperature

Process Temperature: 121.1100 °C
 Use Average

Process Total Band: 3.0000

Process Upper Band (+): 3.0000 K

Process Lower Band (-): 0.0000 K

Process Time

Max. Process Time: 01 00 00

Cycle (optional):

Mode

Temperature Distribution
 Ambient and Core
 Ambient Only

Heat Penetration
 Core
 Ambient

Define Periods by:

Time Markers
 Temperature

↓ Come Up Time

↑ Holding Time

↓ Cooling Time

Figura 10. - *Advanced validation report*: parâmetros para definir.

No final obtém-se o relatório com os valores de letalidade e com as temperaturas recolhidas num intervalo de um minuto. Para o cálculo dos valores de letalidade (F_0), os parâmetros já se encontram definidos sendo a temperatura de referência de 121°C e o valor de z de 10°C.

IV. Resultados e discussão

1. Estudos de penetração de calor

Através dos testes de penetração de calor obteve-se o valor de F_0 e as temperaturas no interior das latas para assim determinar os parâmetros de penetração de calor. Para dificultar as condições de transferência de calor, posicionaram-se as latas no centro dos cestos que são colocados na autoclave, empilharam-se várias latas e promoveu-se o enchimento excessivo. Através do teste *t-Student* compararam-se as médias dos vários parâmetros para verificar se existem diferenças significativas.

1.1 Sardinha sem pele e sem espinha (SAJ)

No ensaio da sardinha sem pele e sem espinha (Tabela 3) analisou-se a variabilidade dos parâmetros de penetração de calor entre as latas (com enchimento excessivo) colocadas no centro dos dois cestos e emparelhou-se com quatro latas de forma a dificultar a transferência de calor.

Do cesto 1 para o cesto 2 registou-se uma grande variabilidade no valor f_h , no tempo de processamento (B) e no tempo da fase *holding* otimizado para ambas as temperaturas de processamento (121°C e 118°C), contudo, existem diferenças entre as duas temperaturas utilizadas. O tempo utilizado na fase de esterilização foi de 30 minutos para a temperatura de 121°C e 40 minutos para a temperatura de 118°C e uma das sondas não atingia o centro da lata.

No final da esterilização, o valor de F_0 obtido para o produto SAJ, em ambos os cestos e temperaturas de processamento utilizadas, indica que o produto está a ser excessivamente processado sendo o valor de F_0 no cesto 2 para a temperatura de 121°C o mais elevado (16,7 minutos). Assim, os resultados demonstram que é possível otimizar este processo para assim haver uma maior retenção das características sensoriais do peixe sem que a letalidade seja comprometida (Sreenath et al. 2009).

Apesar do tempo da fase de esterilização não ser o mesmo para ambas as temperaturas, de acordo com o trabalho de Ramaswamy e os seus colaboradores, o fator de atraso para

o aquecimento apresenta uma tendência decrescente com o aumento da temperatura o que apenas não se verifica no cesto 1, existindo uma diferença de 0,05 minutos.

O valor f_h/U exibe uma tendência crescente com o aumento da temperatura e o valor de g mostra a mesma propensão, o que vai estar de acordo com o trabalho de Xavier e os seus colaboradores.

Em relação à comparação das médias (Tabelas 16 e 17, Anexo F) para as temperaturas de 121°C e 118°C para o cesto 1 e para as mesmas temperaturas para o cesto 2, verificou-se que para o parâmetro de penetração de calor f_h , existe uma significância superior a 0,05 e portanto verifica-se a veracidade da hipótese de que não existem diferenças na penetração de calor entre as duas temperaturas para cada cesto. Concluiu-se pois que o enchimento excessivo das latas afeta o nível de esterilização pretendido.

A tabela seguinte resume os resultados dos respetivos parâmetros de penetração de calor assim como a média e o desvio padrão para os ensaios 1 e 2. Os ensaios 1 e 2 correspondem à temperatura de 121°C e o ensaio 3 corresponde à temperatura de 118°C.

Tabela 3. - Parâmetros de penetração de calor do produto SAJ.

Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	f _h /U	g (°C)	B (min)	Tempo fase <i>holding</i> (min)
1	1	8,2	18,7	0,28	1,4	14	117,5	0,84	0,21	39,5	33,9
2	1	10,2	18,0	0,29	1,1	13	117,7	0,83	0,19	39,2	34,0
		9,2 ± 1,4	18,3 ± 0,5	0,29 ± 0,01	1,3 ± 0,2	13,5 ± 0,7	117,6 ± 0,1	0,84 ± 0,01	0,20 ± 0,02	39,4 ± 0,2	34,0 ± 0,1
3	1	12,2	13,0	0,24	1,1	13	119,03	0,83	0,19	27,4	22,2
Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	f _h /U	g (°C)	B (min)	Tempo fase <i>holding</i> (min)
1	2	13,8	13,3	0,20	1,5	14	119,0	0,83	0,21	26,3	20,7
2	2	19,6	10,2	0,16	1,1	13	120,1	0,82	0,18	20,0	14,8
		16,7 ± 4,1	11,7 ± 2,3	0,18 ± 0,03	1,3 ± 0,3	13,5 ± 0,7	119,5 ± 0,8	0,83 ± 0,01	0,20 ± 0,02	23,2 ± 4,5	17,6 ± 4,2
3	2	15,5	9,8	0,3	1,2	13,0	120,2	0,82	0,19	20,7	15,5

1.2 Sardinha em tomate com condimentos (STV)

No ensaio da sardinha em tomate com condimentos (Tabela 4) analisou-se a variabilidade dos parâmetros de penetração de calor entre as latas colocadas no centro dos dois cestos e emparelharam-se com quatro latas de forma a dificultar a transferência de calor. Estes ensaios foram realizados a uma temperatura de 121°C e o tempo utilizado na fase de esterilização foi de 30 minutos. Adicionalmente, nesta experiência uma das sondas não atingia o centro da lata. Apesar de apresentar uma consistência diferente, o molho de tomate apresenta uma melhor condução de calor do que o azeite.

O valor de F_0 foi em média 12,8 minutos para o cesto 1 e 11,0 minutos para o cesto 2. Estes valores indicam que o produto está a ser excessivamente processado o que possibilita uma otimização do processo para que possa haver melhor retenção dos atributos sensoriais (Sreenath et al. 2009). Neste caso, o tempo de processamento (B) é bastante idêntico ao utilizado (30 minutos). Os valores obtidos no tempo de processamento otimizado são ligeiramente inferiores o que permite evitar assim um processamento excessivo sem comprometer a letalidade (Xavier et al. 2013).

Relativamente à comparação das médias (Tabela 18, Anexo F), registou-se uma significância superior a 0,05 para o parâmetro de penetração de calor f_h , portanto verifica-se a veracidade da hipótese de que não existem diferenças na penetração de calor para os dois cestos.

A tabela seguinte resume os resultados dos respetivos parâmetros de penetração de calor assim como a média e o desvio padrão para os ensaios 1 e 2 que correspondem a uma temperatura de 121°C.

Tabela 4. - Parâmetros de penetração de calor do produto STV.

Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	B (min)	Tempo fase <i>holding</i> (min)
1	1	11,6	15,5	0,21	1,2	13	118,3	31,6	26,4
2	1	14,1	13,9	0,23	1,1	12	118,7	29,3	24,5
		12,8 ± 1,8	14,7 ± 1,2	0,22 ± 0,02	1,2 ± 0,1	12,5 ± 0,7	118,5 ± 0,3	30,5 ± 1,7	25,5 ± 1,4
1	2	12,0	15,8	0,18	1,2	13	118,2	31,7	26,5
2	2	10,0	16,5	0,33	1,2	12	118,0	37,2	32,4
		11,0 ± 1,4	16,1 ± 0,5	0,26 ± 0,11	1,2 ± 0,04	12,5 ± 0,7	118,1 ± 0,1	34,5 ± 3,9	29,5 ± 4,2

1.3 Filetes de cavala em azeite (CAF)

No caso dos filetes de cavala em azeite (Tabela 5) analisou-se a variabilidade dos parâmetros de penetração de calor entre as latas colocadas no centro dos dois cestos a uma temperatura de 121°C. No primeiro ensaio, uma lata emparelhou-se com quatro latas e a outra emparelhou-se com duas latas, sendo a fase de esterilização de 40 minutos. No segundo ensaio, ambas as latas foram emparelhadas com quatro latas com uma fase de esterilização de 30 minutos, sendo assim considerado um dos piores cenários relativamente à transferência de calor. Em cada ensaio a autoclave usada foi diferente. No primeiro ensaio utilizou-se a autoclave 1 que está mais longe da caldeira o que também dificulta a transferência de calor. No segundo ensaio foi utilizada a autoclave 2. Nesta experiência, uma das sondas não atingia o centro da lata.

O valor de F₀ foi em média 23,9 minutos para o cesto 1 e 22,9 para o cesto 2, sendo que o F₀ mínimo de referência foi de 6 minutos. Os valores obtidos experimentalmente são bastantes superiores ao valor de referência. Isto significa que o produto está a ser excessivamente processado sendo possível a otimização do processo para que possa haver maior retenção das propriedades sensoriais do peixe sem que a letalidade seja comprometida.

Comparativamente com os dois cestos, existe um aumento do tempo de processamento (B) no cesto 2 pois é o caso em que ambas as latas foram emparelhadas com quatro latas, contudo, o valor continua a ser idêntico ao utilizado (30 minutos).

Relativamente ao tempo de processamento otimizado, entre os dois cestos, os valores obtidos são inferiores permitindo assim uma maior retenção dos atributos sensoriais evitando assim o processamento excessivo (Xavier et al. 2013).

Em relação à comparação das médias (Tabela 19, Anexo F), verificou-se uma significância superior a 0,05 para o parâmetro de penetração de calor f_h , portanto verifica-se a veracidade da hipótese de que não existem diferenças na penetração de calor entre os dois cestos. Comparando os tempos de processamento otimizados, registou-se uma significância superior a 0,05, portanto verifica-se a veracidade da hipótese de não ser influenciado pelo empilhamento das latas na autoclave.

A tabela seguinte resume os resultados dos respetivos parâmetros de penetração de calor assim como a média e o desvio padrão para os ensaios 1 e 2 que correspondem a uma temperatura de 121°C.

Tabela 5. - Parâmetros de penetração de calor do produto CAF.

Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	B (min)	Tempo fase holding (min)
1	1	23,1	12,4	0,1	1,3	14,0	119,4	20,7	15,1
2	1	24,7	11,1	0,1	1,2	14,0	119,7	19,0	13,4
		23,9 ± 1,1	11,7 ± 0,9	0,1 ± 0,0	1,2 ± 0,1	14,0 ± 0,0	119,5 ± 0,2	19,8 ± 1,2	14,2 ± 1,2
1	2	21,3	15,9	0,1	1,6	14,0	118,4	26,9	21,3
2	2	24,5	11,7	0,1	1,2	14,0	119,6	19,4	13,8
		22,9 ± 2,3	13,8 ± 3,0	0,1 ± 0,0	1,4 ± 0,3	14,0 ± 0,0	119,0 ± 0,8	23,1 ± 5,3	17,5 ± 5,3

1.4 Filetes de atum em óleo de girassol (AGF)

No caso dos filetes de atum em óleo de girassol (Tabela 6 e 7) analisou-se a variabilidade dos parâmetros de penetração de calor entre as latas com enchimento excessivo colocadas no centro dos dois cestos. No primeiro, segundo e terceiro ensaio a temperatura de processamento foi de 121°C e a fase de esterilização foi de 30 minutos. Nestes ensaios, uma das latas emparelhou-se com duas latas e a outra emparelhou-se com quatro latas. No quarto e quinto ensaio a temperatura de processamento foi de 118°C e a fase de esterilização foi de 40 minutos. Ambas as latas foram emparelhadas com quatro latas dificultando a transferência de calor, sendo assim considerado um dos piores cenários. Nesta experiência, uma das sondas não atingia o centro da lata.

Registou-se variabilidade no valor de C.U.T para a temperatura de 121°C variando de 14 a 28 minutos. O valor de C.U.T. deve ser mantido o mais baixo possível (Ansar et al. 2005). Verifica-se que o impacto do C.U.T. é pouco significativo em relação ao tempo de processamento (B).

O valor de F_0 registado no final da fase de esterilização para ambos os cestos e temperaturas de processamento, indica que o produto está a ser excessivamente processado sendo o valor de F_0 no cesto 2 para a temperatura de 121°C o mais elevado (17,5 minutos). Assim, é viável a otimização do processo o que possibilita melhor retenção das características sensoriais sem comprometer a letalidade (Sreenath et al. 2009).

Confirma-se que o fator de atraso para o aquecimento apresenta uma tendência decrescente com o aumento da temperatura e o fator de atraso para o arrefecimento exhibe uma tendência crescente com o aumento da temperatura de processamento (Ramaswamy et al. 1999). Tanto o valor de f_h/U como o valor de g também exibem uma tendência crescente com o aumento da temperatura (Xavier et al. 2013).

Relativamente ao tempo de processamento otimizado, para ambos os cestos e temperaturas, os valores obtidos são inferiores permitindo assim maior retenção dos atributos sensoriais evitando assim um processamento excessivo (Xavier et al. 2013).

Comparando as médias (Tabela 20 e 21, Anexo F) para a temperatura de 121°C e 118°C para o cesto 1 e para as mesmas temperaturas para o cesto 2, verificou-se uma

significância superior a 0,05 para o parâmetro de penetração de calor f_h , portanto verifica-se a veracidade da hipótese de que não existem diferenças na penetração de calor entre as duas temperaturas para cada cesto. Comparando os tempos de processamento otimizados, registou-se uma significância superior a 0,05, portanto verifica-se a veracidade da hipótese de não ser influenciado pelo empilhamento das latas na autoclave. Também se concluiu que o enchimento excessivo das latas afeta o nível de esterilização pretendido.

As tabelas seguintes resumem os resultados dos respectivos parâmetros de penetração de calor assim como a média e o desvio padrão para os ensaios 1, 2 e 3 a 121°C e para os ensaios 4 e 5 a 118°C.

Tabela 6. - Parâmetros de penetração de calor do produto AGF - cesto 1.

Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	f _h /U	g (°C)	B (min)	Tempo fase <i>holding</i> (min)
1	1	13,8	14,1	0,1	1,2	14	118,7	0,84	0,19	25,7	20,1
2	1	17,4	19,3	0,1	1,2	28	117,4	0,84	0,20	31,3	20,1
3	1	12,8	20,8	0,1	1,1	16	117,1	0,84	0,20	37,8	31,4
		14,6 ± 2,4	18,1 ± 3,5	0,12 ± 0,03	1,2 ± 0,06	19,3 ± 7,6	117,7 ± 0,9	0,84 ± 0,00	0,20 ± 0,01	31,6 ± 6,1	23,9 ± 6,5
4	1	9,8	19,6	0,1	1,2	12	117,3	0,83	0,19	37,0	32,2
5	1	14,7	9,5	0,1	1,0	12	120,3	0,81	0,17	17,4	12,6
		12,3 ± 3,5	14,6 ± 7,2	0,13 ± 0,02	1,1 ± 0,13	12,0 ± 0,0	118,8 ± 2,1	0,82 ± 0,01	0,18 ± 0,02	27,2 ± 13,9	22,4 ± 13,9

Tabela 7. - Parâmetros de penetração de calor do produto AGF - cesto 2.

Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	f _h /U	g (°C)	B (min)	Tempo fase <i>holding</i> (min)
1	2	11,6	13,8	0,1	1,1	14	118,9	0,85	0,20	28,0	22,4
2	2	17,2	19,2	0,1	1,3	28	117,5	0,85	0,21	30,6	19,4
3	2	23,5	11,5	0,3	1,2	16	119,6	0,83	0,19	27,0	20,6
		17,5 ± 6,0	14,8 ± 3,9	0,16 ± 0,12	1,2 ± 0,1	19,3 ± 7,6	118,7 ± 1,1	0,84 ± 0,01	0,20 ± 0,01	28,5 ± 1,9	20,8 ± 1,5
4	2	8,1	18,3	0,3	1,1	12,0	117,6	0,8	0,2	38,6	33,8
5	2	14,5	10,9	0,1	1,1	12,0	119,8	0,8	0,2	19,0	14,2
		11,3 ± 4,5	14,6 ± 5,3	0,18 ± 0,12	1,1 ± 0,03	12,0 ± 0,0	118,7 ± 1,6	0,82 ± 0,01	0,19 ± 0,01	28,8 ± 13,9	24,0 ± 13,9

1.5 Filetes de atum em óleo de girassol – 0,5kg (AGF)

No ensaio dos filetes de atum em óleo de girassol (Tabela 8), as latas apresentavam uma dimensão diferente. São latas de 0,5kg que necessitam de um tratamento térmico mais extensivo. Nestes ensaios pretendeu-se analisar a variabilidade dos parâmetros de penetração de calor entre as latas com enchimento excessivo colocadas no centro, afastada do centro no sentido superior e afastada do centro no sentido inferior apenas num cesto (Figura 7). A temperatura de processamento foi de 121°C e a fase de esterilização foi de 60 minutos. Ambas as latas foram emparelhadas com quatro latas com as mesmas dimensões de forma a dificultar a transferência de calor. Nesta experiência, uma das sondas não atingia o centro da lata.

Como as latas estão emparelhadas com quatro latas, a transferência de calor do meio de aquecimento para o centro da lata ocorre muito mais lentamente o que faz aumentar o valor de f_h .

O valor de F_0 no final da fase de esterilização foi em média 16,4 minutos e 19,2 minutos para cada ensaio. Estes valores indicam que o produto está a ser excessivamente processado pois os valores são elevados relativamente ao F_0 mínimo de referência (6 minutos). Assim, é possível a otimização do processo o que poderá levar a uma melhor retenção das características sensoriais sem comprometer a letalidade (Sreenath et al. 2009).

Comparando os dois ensaios verifica-se que existe uma diminuição do tempo de processamento (B), tendo-se obtido um valor superior ao aplicado (60 minutos).

Relativamente à comparação das médias (Tabela 22, Anexo F), registou-se para o parâmetro de penetração de calor f_h , uma significância inferior a 0,05 portanto verifica-se a veracidade da hipótese de existir diferenças na penetração de calor entre os dois cestos. Comparando os valores de F_0 , verificou-se que um enchimento excessivo das latas afeta o nível de esterilização pretendido. A tabela seguinte resume os resultados dos respetivos parâmetros de penetração de calor assim como a média e o desvio padrão para os ensaios 1 e 2 que correspondem a uma temperatura de 121°C.

Tabela 8. - Parâmetros de penetração de calor do produto AGF 0,5KG.

Ensaio	Nº Cesto	F ₀ (min)	f _h (min)	j _h (min)	j _c (min)	C.U.T. (min)	T _{op} (°C)	B (min)	Tempo fase holding (min)	Posicionamento na autoclave
1	2	15,4	35,1	0,5	1,0	14,0	114,9	73,4	67,8	centro
1	2	17,7	37,5	0,4	1,1	14,0	114,6	72,7	67,1	afastada no sentido superior
1	2	16,0	36,1	0,4	1,1	14,0	114,8	74,0	68,4	afastada no sentido inferior
		16,4 ± 1,2	36,2 ± 1,2	0,4 ± 0,1	1,06 ± 0,04	14,0 ± 0,0	114,8 ± 0,2	73,3 ± 0,7	67,7 ± 0,7	
2	2	26,5	27,7	0,2	1,1	14,0	115,8	48,6	43,0	centro
2	2	13,3	32,6	0,5	1,1	14,0	115,1	71,0	65,4	afastada no sentido superior
2	2	18,0	27,1	0,5	1,1	14,0	115,9	59,1	53,5	afastada no sentido inferior
		19,2 ± 6,7	29,1 ± 3,0	0,4 ± 0,2	1,11 ± 0,03	14,0 ± 0,0	115,6 ± 0,4	59,5 ± 11,2	53,9 ± 11,2	

2. Estudos de distribuição de calor

Nestes estudos, as sondas foram colocadas nos cestos de acordo com o ilustrado na Figura 7 nas três autoclaves. De acordo com Shaw 2010, numa autoclave operada corretamente, a variação da distribuição de temperatura deve ser no máximo 0,5°C durante a fase de esterilização. Durante as fases C.U.T. e arrefecimento é normal existir variação na distribuição de temperatura.

A Tabela 9 resume os resultados obtidos nos ensaios de distribuição de temperatura em relação à posição das sondas nos cestos para as três autoclaves da fábrica. A temperatura de processamento utilizada foi de 121°C.

Tabela 9. - Resultados da distribuição de temperaturas por posição.

	Autoclave 1	Autoclave 2	Autoclave 3
Temperatura média da autoclave (°C)	120,09	120,47	121,39
Desvio padrão das médias	0,04	0,04	0,04
Diferença entre a média da autoclave e do Termómetro de mercúrio	0,09	0,47	0,39
Diferença máxima entre dois pontos	0,13	0,13	0,14
Ponto de aquecimento mais lento	Centro	Centro	Centro
Temperatura média da posição mais fria (°C)	120,06	120,43	121,35

Pela análise da Tabela 9 é possível concluir que as três autoclaves têm uma boa distribuição de temperaturas em relação à posição dos cestos porque se verifica que tanto a máxima diferença entre dois pontos, como a máxima diferença em qualquer ponto estão abaixo do valor que se encontra reportado na literatura (Shaw 2010).

É importante que as medições de temperatura sejam adquiridas no ponto onde se regista uma menor letalidade, ou seja, o centro pois constitui o ponto de aquecimento mais

lento. Desta forma, a temperatura do meio de aquecimento pode ser considerada uniforme em toda a região (Varga et al. 2000).

V. Conclusão

As tecnologias utilizadas no processamento térmico de alimentos, em particular conservas de pescado, revelam ser eficientes em termos da segurança do produto. O processamento térmico pode conduzir a desagregação ou a outras interações com um elevado número de constituintes do peixe. Quando são utilizadas as condições tempo/temperatura adequadas, o grau de retenção da maioria dos constituintes do pescado mantêm um nível aceitável.

Neste trabalho, foi possível obter vários dados relativamente ao histórico de temperaturas no interior das latas e da autoclave permitindo assim o cálculo dos parâmetros de penetração de calor.

Geralmente, nesta indústria as conservas são excessivamente processadas. Os resultados aqui obtidos confirmam essa tendência e demonstram que é possível otimizar o processamento térmico reduzindo a sua severidade sem comprometer a esterilidade do produto e ao mesmo tempo retendo os atributos sensoriais.

No caso da sardinha utilizou-se o enchimento excessivo e o empilhamento de forma a dificultar a transferência de calor e concluiu-se que o enchimento excessivo afeta o nível de esterilização pretendido, sendo contudo viável a otimização do processo sem comprometer a letalidade pretendida. No caso da cavala concluiu-se que o empilhamento influencia o processamento. No caso do atum, utilizou-se o enchimento excessivo e o empilhamento com latas, tendo-se concluído que com um enchimento excessivo influencia o nível de esterilização pretendido fazendo com que um maior enchimento implique um valor de F_0 mais baixo.

No decorrer deste trabalho foi possível obter conhecimentos adicionais sobre segurança alimentar tendo em conta que o mesmo foi enquadrado com a realização de tarefas diárias no laboratório de controlo da qualidade. Adicionalmente, este período experimental em contexto industrial contribui para o desenvolvimento de competências transversais, incluindo comunicação, maior autonomia e responsabilidade.

VI. Recomendações de trabalho futuro

Nos últimos anos tem vindo a ser desenvolvidas várias melhorias de processamento térmico de alimentos com vista à redução do impacto do calor sobre os nutrientes.

O trabalho desenvolvido apoia-se em dados de cinética que já foram publicados. Seria necessário calcular a temperatura ótima com a determinação de novos dados de cinética de degradação do pescado. Seria necessário realizar testes laboratoriais, ensaios sensoriais e microbiológicos para assim comprovar a retenção dos atributos sensoriais do pescado. Como solução seria necessário realizar vários testes com combinações de tempo/temperatura para diminuir o valor de F_0 .

VII. Bibliografia

Almeida, C., Vaz, S., Cabral, H. and Ziegler, F. 2014. “Environmental Assessment of Sardine (*Sardina Pilchardus*) Purse Seine Fishery in Portugal with LCA Methodology Including Biological Impact Categories.” *International Journal of Life Cycle Assessment* 19 (2): 297–306.

André, S., Zuber, F. and Remize, F. 2013. “Thermophilic Spore-Forming Bacteria Isolated from Spoiled Canned Food and Their Heat Resistance. Results of a French Ten-Year Survey.” *International Journal of Food Microbiology* 165 (2): 134–43.

Ansar, A., Sudhir, B. and Gopal, T. K. S. 2005. “Effect of Heat Processing on the Texture Profile of Canned and Retort Pouch Packed Oil Sardine (*Sardinella Longiceps*) in Oil Medium.” *Journal of Food Science* 70 (5): 350–54.

Aubourg, S. 2001. “Review: Loss of Quality during the Manufacture of Canned Fish Products.” *Food Science & Technology International* 7 (3): 199–215.

Awuah, G. B., Ramaswamy, H.S. and Economides, A. 2007. “Thermal Processing and Quality: Principles and Overview.” *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 46 (6): 584–602.

Baixas-Nogueiras, S., Bover-Cid, S., Veciana-Nogués, T., Nunes, M. L. and Vidal-Carou, M. C. 2003. “Development of a Quality Index Method to Evaluate Freshness in Mediterranean Hake (*Merluccius Merluccius*).” *Journal of Food Science* 66 (3): 1067–71.

Barbosa, M. 2014. “Portugal Em Conserva: Como a Indústria Se Reinventou E Virou Para Fora.” *Diário de Notícias*. Portugal.

Bodin, N., Lucas, V., Dewals, P., Adeline, M., Esparon, J. and Chassot, E. 2014. “Effect of Brine Immersion Freezing on the Determination of Ecological Tracers in Fish.” *European Food Research and Technology* 238 (6): 1057–62.

Castro e Melo. 2011. “A Indústria Conserveira Em Portugal.”Disponível em: https://centrodeestudosportugues1.files.wordpress.com/2017/11/castro_e_melo_industria_conserveira_mercado_crescimento.pdf (Consultado a 06/10/2017).

Codex Alimentarius. 2009. Code of Practice for Fish and Fishery Products. World Health Organization /Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 1a ed. 156pp.

Conservas Portugal Norte. 2017. Disponível em: https://www.portugalnorte.com/site_pt/index.php (Consultado a: 04/11/2017).

Cordeiro, J. 1989. A Indústria Conserveira Em Matosinhos - Exposição de Arqueologia Industrial. Disponível em: <http://canthecan.net/collectible/1989-%E2%80%A2-a-industria-conserveira-em-matosinhos> (Consultado a: 07/10/2017).

Dias, M. 2008. “Guia de Identificação Dos Atuns Do Atlântico,” Direcção-Geral das Pescas e Aquicultura. Ministério da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pescas. 20pp.

Ellab. 2017. “TrackSense® Pro - Data Loggers with Interchangeable Sensors.” Disponível em: <http://www.ellab.com/products/find-the-Right-Data-Logger/tracksense-Pro> (Consultado a: 08/12/2017).

FAO/WHO. 2011b. “Report of the Joint FAO/WHO Expert Meeting on the Public Health Risks of Histamine and Other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products.” Food and Agriculture Organization of the United Nations; Geneva, World Health Organization, 50pp.

Faria, A. R. 2011. “A Organização Contabilística No Sector Conserveiro Entre O Final Do Século XIX E a Primeira Metade Do Século XX: O Caso Júdice Fialho.” Pecunia: Revista de La Facultad de Ciencias Económicas Y Empresariales 13 (13): 135–60.

FDA. 2011b. “Scombrototoxin (Histamine) Formation. In Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance, 4a Ed.” Department of Health and Human Services Food and Drug Administration. USA., 113–52.

Featherstone, S. 2012. “A Review of Development in and Challenges of Thermal Processing over the Past 200years - A Tribute to Nicolas Appert.” Food Research International 47 (2): 156–60.

Fellows, P. 2000. “Heat Sterilisation.” In Food Processing Technology - Principles and

Practice, edited by United Kingdom CRC, 396–426.

Fishbase. 2017a. “Katsuwonus Pelamis.” Disponível em: <http://www.fishbase.org/summary/107> (Consultado a: 28/10/2017).

Fishbase. 2017b. “Sardina Pilchardus.” Disponível em: <http://www.fishbase.org/summary/1350> (Consultado a: 28/10/2017).

Fishbase. 2017c. “Scomber Colias.” Disponível em: <http://www.fishbase.se/summary/54736> (Consultado a: 28/10/2017).

Garcia, R. and Adrian, J. 2009. “Nicolas Appert: Inventor and Manufacturer.” *Food Reviews International* 25 (2): 115–25.

Garthwaite, T. 2010. “Fish Quality.” In *Fish Canning Handbook* (Bratt, L.), Wiley-Blackwell, United Kingdom, 102–30.

Gaze, J. 2010. “Principal Causes of Spoilage in Canned Fish Products.” In *Fish Canning Handbook* (Bratt, L.), Wiley-Blackwell, United Kingdom, 218–24.

Hendrickx, M., Silva, C., Oliveira, F. and Tobback, P. 1993. “Generalized (Semi)-Empirical Formulae for Optimal Sterilization Temperatures of Conduction-Heated Foods with Infinite Surface Heat Transfer Coefficients.” *Journal of Food Engineering* 19 (2): 141–58.

Holdsworth, S. D. 1985. “Optimisation of Thermal processing—A Review.” *Journal of Food Engineering* 4 (2): 89–116.

Hungerford, J. and Wu, W. H. 2012. “Comparison Study of Three Rapid Test Kits for Histamine in Fish: BiooScientific MaxSignal Enzymatic Assay, Neogen Veratox ELISA, and the Neogen Reveal Histamine Screening Test.” *Food Control* 25 (2): 448–57.

Huss, H.H., Ababouch, L. and Gram, L. 2003. “Assessment and Management of Seafood Safety and Quality.” *FAO Fisheries Technical Paper* 444: 1–230.

Huss, H.H. 1997. “Garantia Da Qualidade Dos Produtos Da Pesca.” *FAO Documento Técnico Sobre as Pescas* No. 334. Roma. 176pp.

Kebede, E., Mannheim, C. H. and Miltz, J. 1996. "Heat Penetration and Quality Preservation during Thermal Treatment in Plastic Trays and Metal Cans." *Journal of Food Engineering* 30 (1–2): 109–15.

Leitão, C. L. 2014. "A Forma E Evolução Urbanas de Núcleos Marítimos Portugueses No Início Do Século XX. A Influência Da Indústria de Conservas No Desenho Territorial." *Seminário Internacional de Investigación En Urbanismo*. Barcelona-Bogotá.

Lund, D. B. 1977. "Design of Thermal Processes for Maximizing Nutrient Retention." *Food Technology* 31.

Lund, D. B. 1982. "Quantifying Reactions Influencing Quality of Foods: Texture, Flavor and Appearance." *Journal of Food Processing and Preservation* 6 (3): 133–53.

Miri, T., Tsoukalas, A., Bakalis, S., Pistikopoulos, E. N., Rustem, B. and Fryer, P. J. 2008. "Global Optimization of Process Conditions in Batch Thermal Sterilization of Food." *Journal of Food Engineering* 87 (4): 485–94.

Monraia, C., Loja, F., Ribeiro, J., Garcez, M. G. and Braz, N. 2006. *Código De Boas Práticas De Conservas De Sardinha E Do Tipo Sardinha*. ALIF - Associação da Indústria Alimentar pelo frio.

Nassif, D., Costa, G., Pereira, G. and Silva, J. H. 2010. "Aspectos Gerais E Históricos Do Processamento de Alimentos: Revolução Industrial." Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/19664303/Food-Technology-and-the-Industrial-Revolution> (Consultado a: 05/10/2017).

NP 2287. 1988. "IPQ, Pescado. Classificação Da Frescura Do Peixe." Instituto Português Da Qualidade (IPQ), Ministério Da Indústria E Energia, Lisbon.

Nunes, C., Silva, A., Soares, E. and Gantias, K. 2011. "The Use of Hepatic and Somatic Indices and Histological Information to Characterize the Reproductive Dynamics of Atlantic Sardine *Sardina Pilchardus* from the Portuguese Coast." *Marine and Coastal Fisheries* 3 (1): 127–44.

Ohlsson T. 1980. Optimal sterilization temperatures for sensory quality in cylindrical

- containers. *Journal of Food Science* 45 (6):1517-1521.
- Park, S. H., Lamasal, B. P. and Balasubramaniam, V. M. 2014. "Principles of Food Processing." In *Food Processing*, 30:463.
- Pflug, I. and Odlaug, T. 1978. "A Review of Z and F Values Used to Ensure the Safety of Low-Acid Canned Food." *Food Technology* 32 (6): 63–70.
- Radi, L. 2010. "The Quality Department in a Fish Cannery." In *Fish Canning Handbook* (Bratt, L.), Wiley-Blackwell, United Kingdom, 238–50.
- Ramaswamy, H. S., and Grabowski, S. 1999. "Thermal Processing of Pacific Salmon in Steam/Air and Water-Immersion Still Retorts: Influence of Container Type/Shape on Heating Behavior." *Lebensm.-Wiss Techn* 29: 12–18.
- Regulamento 1441/2007. 2007. "Critérios Microbiológicos Aplicáveis a Géneros Alimentícios." *Jornal Oficial Da União Europeia L 322* (Altera o Regulamento (CE) n.o 2073/2005 relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios): 12–29.
- Romer Labs. 2017. Disponível em: <https://www.romerlabs.com/en/knowledge-center/> (Consultado a: 10/12/2017).
- Shaw, G. 2010. "Commercial Sterility and the Validation of Thermal Processes." In *Fish Canning Handbook* (Bratt, L.), Wiley-Blackwell, United Kingdom, 225-237pp.
- Silva, A., Moreno, A., Riveiro, I., Santos, B., Pita, C., Rodrigues, J. G., Villasante, S., Pavlowski, L. and Duhamel, E. 2015. *Sardine Fisheries: Resource Assessment and Social and Economic Situation*. European Parliament.
- Silva, C., Hendrickx, M., Oliveira, F. and Tobback, P. 1992. "Critical Evaluation of Commonly Used Objective Functions to Optimize Overall Quality and Nutrient Retention of Heat-Preserved Foods." *Journal of Food Engineering* 17 (4): 241–58.
- Silva, C. L. M. 1996. "Conceitos Básicos Sobre Processamento Térmico - Apontamentos." *Escola Superior de Biotecnologia - UCP*, 10–17.
- Silva, C. L. M., Oliveira, F. A. R. and Hendrickx, M. 1993. "Modelling Optimum

- Processing Conditions for the Sterilization of Prepackaged Foods” 4 (2): 67–78.
- Silva, T. M., Sabaini, P. S., Evangelista, W. P. and Gloria, M. B. A. 2011. “Occurrence of Histamine in Brazilian Fresh and Canned Tuna.” *Food Control* 22 (2): 323–27.
- Singh, R. P. and Heldman, D. R. 2014. “Heat Transfer in Food Processing.” In *Introduction to Food Engineering*, 5th Editio, 265–419. Academic Press, San Diego.
- Sreenath, P. G., Abhilash, S., Ravishankar, C. N., Anandan, R. and Gopal, T. K. 2009. “Heat Penetration Characteristics and Quality Changes of Indian Mackerel (*Rastrelliger Kanagurta*) Canned in Brine at Different Retort Temperatures.” *Journal of Food Process Engineering* 32 (6): 893–915.
- Tato, I. and Martins, B. 2000. “Boas Práticas de Fabrico Para a Indústria de Conservas de Peixe.” AEBUC - Associação Para a Escola Superior de Biotecnologia Da Universidade Católica.
- Teixeira, A. A. and Tucker, G. S. 1997. “On-Line Retort Control in Thermal Sterilization of Canned Foods.” *Food Control* 8 (1): 13–20.
- Tidwell, J. H. and Allan, G. L. 2001. “Fish as Food: Aquaculture’s Contribution.” *EMBO Reports* 2 (11): 958–63.
- Varga, S., Oliveira, J. C. and Oliveira, F. A. R. 2000. “Influence of the Variability of Processing Factors on the F -Value Distribution in Batch Retorts” 44: 155–61.
- Vasconcelos, J., Dias, M. A. and Faria, G. 2011. “Age and Growth of the Atlantic Chub Mackerel *Scomber Colias Gmelin*, 1789 off Madeira Island.” *Revista de Biología Marina Y Oceanografía* 1: 27–34.
- Vincent, C. 2010. “Retorting Machinery for the Manufacture of Heat-Sterilised Fish Products in *Fish Canning Handbook* (Bratt. L.)” United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Warne, D. 1988. “Manual on Fish Canning.” Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 71pp.
- Xavier, M. K. A., Ravishankar, C. N., Bindu, J. and Gopal, T. K. 2013. “Textural and Colour Changes of Mackerel (*Rastrelliger Kanagurta*) Thermal Processed at Different

Retort Temperatures.” *Fishery Technology* 50 (January): 133–38.

VIII. Anexos

Anexo A

Tabela 10. - Avaliação do grau de frescura (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).

Objetivo de exame	Critérios de apreciação			
	3	2	1	0
Aspeto				
Pele	Pigmentação viva e brilhante; Muco aquoso, transparente.	Pigmentação viva mas sem brilho; Muco ligeiramente turvo.	Pigmentação em vias de descoloração e embaciada; Muco leitoso.	Pigmentação baça; Muco opaco.
Olho	Convexo; Córnea transparente; Pupila negra, brilhante.	Convexo mas ligeiramente achatado; Córnea ligeiramente opalescente; Pupila negra, embaciada.	Plano; Córnea opalescente; Pupila opaca.	Côncavo ao centro; Córnea leitosa; Pupila cinzenta.
Guelras	Cor viva, brilhante; Sem muco.	Menos coloridas; Traços ligeiros de muco claro.	Descoradas; Muco leitoso.	Amareladas; Muco opaco.
Carne (corte do abdómen)	Sem nenhuma alteração da cor original	Ligeiramente rosada	Rosa	Vermelha
Órgãos (cor)	Rins, restos de outros órgãos e sangue da aorta: vermelho brilhante.	Rins, restos de outros órgãos e sangue da aorta: Vermelho.	Rins, restos de outros órgãos e sangue da aorta: vermelho mate.	Rins, restos de outros órgãos e sangue da aorta: acastanhado.
Cor da carne (coluna)	Translúcida, lisa e brilhante; Sem nenhuma alteração da cor original.	Aveludada, cerosa; Cor ligeiramente modificada.	Ligeiramente opaca.	Opaca.

Objetivo de exame	Critérios de apreciação			
	3	2	1	0
Textura				
Carne	Firme e elástica; Superfície de corte lisa.	Elasticidade diminuída.	Ligeiramente mole; Superfície de cor cerosa e amassada.	Mole, flácida; Superfície de corte granulosa.
Coluna Vertebral	Quebra-se em vez de se destacar.	Bem aderente.	Pouco aderente.	Não aderente.
Peritoneu	Totalmente aderente.	Aderente.	Pouco aderente.	Não aderente.
Cheiro (guelras, pele, cavidade abdominal)	Algas marinhas.	Neutro.	Ligeiramente acre.	Acre.

Anexo B

Tabela 11. - Avaliação físico-sensorial de conservas de peixe inteiro, s/p e s/e ou filetes (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).

Parâmetros observados	Critérios de apreciação			
	Cotação			
	6	4	2	0
Embalagem: Embalagem exterior	Sem opamento; sem deformações; sem ferrugem, sem defeitos de cravação; verniz interno íntegro; sem pontos de corrosão.	Sem opamento; sem deformações; sem defeitos na cravação; ferrugem e corrosão em menos de 20% da superfície; verniz interno pouco atacado; sem pontos de corrosão.	Sem opamento; sem deformações; sem defeitos de cravação; ferrugem e corrosão entre 20% e 50 % da superfície; verniz interno muito atacado; falhas em mais de 20% da superfície.	Opadas; com deformações; com defeitos críticos de cravação; sem verniz interno.
Apresentação	Bem descabeçadas, sem vísceras, uniformes; sem ruturas; sem oxidação; bem arrumados; isentos de corpos estranhos.	Sem vísceras, sem barbatanas uniformes; sem ruturas; sem oxidação; bem arrumados; até 20% dos peixes mal descabeçados isentos de corpos estranhos.	Sem vísceras, sem barbatanas uniformes; ligeiras ruturas; vestígios de oxidação; mal arrumados; camada entre 20% e 50% peixes mal descabeçados isentos de corpos estranhos	Mais de 50% dos peixes mal descabeçado; mal limpos de barbatanas e vísceras, ruturas acentuadas, oxidação generalizadas; presença de corpos estranhos.

Parâmetros observados	Critérios de apreciação			
	Cotação			
	6	4	2	0
Pele	Íntegra (peixe inteiro)/ Ausência de pele (nos s/pele e s/espinha ou filetes).	Despелamento até 20% (peixe inteiro)/ Vestígios de pele (s/pele e s/espinha ou filetes).	Despелamento entre 20% e 50%/Presença de até 20% pele (s/pele e s/espinha ou filetes).	Despелamento superior a 50%/Presença de mais de 20% de pele (s/pele e s/espinha ou filetes).
Odor e sabor	Normais – Característicos			Anormais – amargo, rançoso, ardido, fermentado, metálico, etc.
Textura e cor da massa muscular	Textura norma; cor clara ou rosada, sem marcação da espinha nem vermelhidão perivertebral. Espinha delível e de fácil separação.	Textura normal; cor clara ou rosada sem vermelhidão perivertebral. Espinha rija e de difícil separação.	Textura ligeiramente fibrosa ou esponjosa; cor avermelhada / ligeiro vermelhidão perivertebral. Espinha muito vincada, rija e de difícil separação.	Muito fibrosa; excessivamente mole ou esponjosa; cor acastanhada / vermelha; nítida vermelhidão perivertebral; espinha muito vincada de difícil separação.
Meio de cobertura (Natureza e % exsudado)	Até 4% de exsudado aquoso.	4-6%	6-8%	Mais de 8% de exsudado aquoso.
Meio de cobertura (cor de consistência)	Característicos	Ligeiro escurecimento e ligeira turvação.	Coloração acastanhada e/ou turva.	Coloração muito intensa e/ou turva.

Anexo C

Tabela 12. - Nível de qualidade para conservas de peixe inteiro (sardinha; cavala; carapau) (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).

48-45	44-31	30-22	≤21
A	B	C	D

Tabela 13. - Nível de qualidade para conservas de atum (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).

42-39	39-30	29-22	≤21
A	B	C	D

Tabela 14. - Nível de qualidade para conservas de bacalhau (Fonte: Conservas Portugal Norte 2017).

42-39	39-30	29-22	≤21
A	B	C	D

Anexo D

Operator:	Master	Time Zone:	(UTC+00:00) Hora de Verão de GMT
Process:	121°C 30 min	Vessel:	1/4 Club 30-AL
Session Start:	26/10/2017 13:30:00	Product:	BOP
Session Stop:	26/10/2017 15:31:00		
Session Name:	Estudo de Penetração de Calor em SGT		
Session Text:			



Advanced Validation Report ✓

Name: Estudos de penetração de calor em SGT

Description:

Cycle:

Total Test Result: Passed

Input parameters

Process Temperature:	121,11 °C
Process Band (K):	3,00
Process Upper Band (K):	3,00
Process Lower Band (K):	0,00
Maximum Process Time:	01:00:00
Mode:	Heat Penetration with Core

Process Time ✓

Process Start Time:	26/10/2017 14:15:00
Process End Time:	26/10/2017 15:14:00
Process Duration:	00:59:00
Max. Allowed Process Duration:	01:00:00
Process Test Result:	Passed

Holding Time

Holding Start Time:	26/10/2017 14:30:00		
Holding End Time:	26/10/2017 15:00:00		
All Holding Times (Start, End, Duration):	N/A	N/A	N/A
Holding Duration (Total):	N/A		

Lethality Calculation

Min. Allowed Lethality Value in Process Time:	0,00
Max. Allowed Lethality Value in Process Time:	100,00
Lethality - Reference Temperature:	121,11 °C
Min. Temperature for Lethality Calculation:	91,11 °C
Lethality - Z-Value:	10 °C

Individual Analysis ✓

Name	Lethality value in Process Time	Lethality Status
Lethality - Int It 2 amp c/4 It cor 1	20,92	Passed
Lethality - Int It 5 amp c/4 It cor 2	18,02	Passed
Lethality - Int It 1 cesto 1	24,32	Passed
Lethality - Ambiente Cesto 1	33,56	Passed
Lethality - Ambiente Cesto 1	33,58	Passed
Lethality - Ambiente Cesto 2	33,78	Passed

- Generated by ValSuite Pro ver. 5.0.0.8 -
 Printed: 26/10/2017 15:40:43 Page 8 of 15

Figura 11. - Exemplo do *Advanced validation report* de um estudo realizado a partir do *software ValSuite™ Pro*.

Operator: Master Time Zone: (UTC+00:00) Hora de Verão de GMT
 Process: 121°C 30 min Vessel: 1/4 Club 30 AL
 Session Start: 26/10/2017 13:30:00 Product: SOP
 Session Stop: 26/10/2017 15:31:00
 Session Name: Estudo de Penetração de Calor Sardinha
 Session Text:



Process Time		
Lethality Min:	Lethality - Int It3 emp c/4 It cst 2	16,02
Lethality Max:	Lethality - Ambiente Cesto 2	33,78
Lethality Delta:		15,76

Lethality overview

Sensor ID	Name	Lethality value in Come Up Time	Lethality value in Holding Time	Lethality value in Cooling Time
297211	Int It 2 emp c/4 It cst 1	0,02	16,52	4,38
297198	Int It3 emp c/4 It cst 2	0,01	14,83	3,38
297212	Int lata 1 cesto 1	0,12	20,89	3,30
297215	Ambiente Cesto 1	2,24	28,50	2,62
297209	Ambiente Cesto 1	2,28	28,47	2,63
297201	Ambiente Cesto 2	2,34	28,60	2,64

Come Up Time		
Lethality Min:	Int It3 emp c/4 It cst 2	0,01
Lethality Max:	Ambiente Cesto 2	2,34
Lethality Delta:		2,33

Holding Time		
Lethality Min:	Int It3 emp c/4 It cst 2	14,83
Lethality Max:	Ambiente Cesto 2	28,60
Lethality Delta:		13,77

Cooling Time		
Lethality Min:	Ambiente Cesto 1	2,62
Lethality Max:	Int It 2 emp c/4 It cst 1	4,38
Lethality Delta:		1,56

Figura 12. - Exemplo do *Advanced validation report* de um estudo realizado a partir do *software ValSuiteTM Pro*.

Anexo E

Tabela 15. - Valores selecionados de f_h/U e g quando $z=10$ e $j_c=0,4-2,0$ (Fonte: Fellows 2000).

f_h/U	Values of g for the following j_c values					
	0.40	0.80	1.00	1.40	1.80	2.00
0.50	0.0411	0.0474	0.0506	0.0570	0.0602	0.0665
0.60	0.0870	0.102	0.109	0.123	0.138	0.145
0.70	0.150	0.176	0.189	0.215	0.241	0.255
0.80	0.226	0.267	0.287	0.328	0.369	0.390
0.90	0.313	0.371	0.400	0.458	0.516	0.545
1.00	0.408	0.485	0.523	0.600	0.676	0.715
2.00	1.53	1.80	1.93	2.21	2.48	2.61
3.00	2.63	3.05	3.26	3.68	4.10	4.31
4.00	3.61	4.14	4.41	4.94	5.48	5.75
5.00	4.44	5.08	5.40	6.03	6.67	6.99
10.0	7.17	8.24	8.78	9.86	10.93	11.47
20.0	9.83	11.55	12.40	14.11	14.97	16.68
30.0	11.5	13.6	14.6	16.8	18.9	19.9
40.0	12.8	15.1	16.3	18.7	21.1	22.3
50.0	13.8	16.4	17.7	20.3	22.8	24.1
100.0	17.6	20.8	22.3	25.4	28.5	30.1
500.0	26.0	30.6	32.9	37.5	42.1	44.4

Anexo F

Tabela 16. - Teste t-Student para o produto SAJ – cesto 1.

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de		teste-t para igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
F0	Variâncias iguais assumidas			-1,732	1	,333	-3,00000	1,73205	-25,00779	19,00779
	Variâncias iguais não assumidas						-3,00000			
fh	Variâncias iguais assumidas			8,825	1	,072	5,35000	,60622	-2,35273	13,05273
	Variâncias iguais não assumidas						5,35000			
jh	Variâncias iguais assumidas			5,196	1	,121	,04500	,00866	-,06504	,15504
	Variâncias iguais não assumidas						,04500			
jc	Variâncias iguais assumidas			,577	1	,667	,15000	,25981	-3,15117	3,45117
	Variâncias iguais não assumidas						,15000			
CUT	Variâncias iguais assumidas			,577	1	,667	,50000	,86603	-10,50390	11,50390
	Variâncias iguais não assumidas						,50000			
fh/U	Variâncias iguais assumidas			,577	1	,667	,00500	,00866	-,10504	,11504
	Variâncias iguais não assumidas						,00500			
g	Variâncias iguais assumidas			,577	1	,667	,01000	,01732	-,21008	,23008
	Variâncias iguais não assumidas						,01000			
B	Variâncias iguais assumidas			45,996	1	,014	11,95000	,25981	8,64883	15,25117
	Variâncias iguais não assumidas						11,95000			
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas			135,677	1	,005	11,75000	,08660	10,64961	12,85039
	Variâncias iguais não assumidas						11,75000			

Tabela 17. - Teste t-Student para o produto SAJ - cesto 2.

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
F0	Variâncias iguais assumidas			,239	1	,851	1,20000	5,02295	-62,62260	65,02260
	Variâncias iguais não assumidas						1,20000			
fh	Variâncias iguais assumidas			,726	1	,600	1,95000	2,68468	-32,16208	36,06208
	Variâncias iguais não assumidas						1,95000			
jh	Variâncias iguais assumidas			-3,464	1	,179	-,12000	,03464	-,56016	,32016
	Variâncias iguais não assumidas						-,12000			
jc	Variâncias iguais assumidas			,289	1	,821	,10000	,34641	-4,30156	4,50156
	Variâncias iguais não assumidas						,10000			
CUT	Variâncias iguais assumidas			,577	1	,667	,50000	,86603	-10,50390	11,50390
	Variâncias iguais não assumidas						,50000			
fh/U	Variâncias iguais assumidas			,577	1	,667	,00500	,00866	-,10504	,11504
	Variâncias iguais não assumidas						,00500			
g	Variâncias iguais assumidas			,192	1	,879	,00500	,02598	-,32512	,33512
	Variâncias iguais não assumidas						,00500			
B	Variâncias iguais assumidas			,449	1	,731	2,45000	5,45596	-66,87455	71,77455
	Variâncias iguais não assumidas						2,45000			
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas			,440	1	,736	2,25000	5,10955	-62,67299	67,17299
	Variâncias iguais não assumidas						2,25000			

Tabela 18. - Teste t-Student para o produto STV.

		igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
F0	Variâncias iguais assumidas			1,156	2	,367	1,85000	1,60078	-5,03760	8,73760
	Variâncias iguais não assumidas			1,156	1,908	,372	1,85000	1,60078	-5,36563	9,06563
fh	Variâncias iguais assumidas			-1,661	2	,239	-1,45000	,87321	-5,20713	2,30713
	Variâncias iguais não assumidas			-1,661	1,369	,292	-1,45000	,87321	-7,46710	4,56710
jh	Variâncias iguais assumidas			-,463	2	,689	-,03500	,07566	-,36055	,29055
	Variâncias iguais não assumidas			-,463	1,036	,722	-,03500	,07566	-,92182	,85182
jc	Variâncias iguais assumidas			-1,000	2	,423	-,05000	,05000	-,26513	,16513
	Variâncias iguais não assumidas			-1,000	1,000	,500	-,05000	,05000	-,68531	,58531
CUT	Variâncias iguais assumidas			0,000	2	1,000	0,00000	,70711	-3,04243	3,04243
	Variâncias iguais não assumidas			0,000	2,000	1,000	0,00000	,70711	-3,04243	3,04243
B	Variâncias iguais assumidas			-1,342	2	,312	-4,00000	2,98077	-16,82523	8,82523
	Variâncias iguais não assumidas			-1,342	1,339	,363	-4,00000	2,98077	-25,27919	17,27919
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas			-1,291	2	,326	-4,00000	3,09919	-17,33475	9,33475
	Variâncias iguais não assumidas			-1,291	1,205	,391	-4,00000	3,09919	-30,58854	22,58854

Tabela 19. - Teste t-Student para o produto CAF.

Teste de amostras independentes										
		igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
FO	Variâncias iguais assumidas			,559	2	,632	1,00000	1,78885	-6,69682	8,69682
	Variâncias iguais não assumidas			,559	1,471	,649	1,00000	1,78885	-10,06964	12,06964
fh	Variâncias iguais assumidas			-,933	2	,450	-2,05000	2,19829	-11,50850	7,40850
	Variâncias iguais não assumidas			-,933	1,190	,501	-2,05000	2,19829	-21,36880	17,26880
jc	Variâncias iguais assumidas			-,728	2	,543	-,15000	,20616	-1,03701	,73701
	Variâncias iguais não assumidas			-,728	1,125	,588	-,15000	,20616	-2,17434	1,87434
B	Variâncias iguais assumidas			-,173	2	,878	-1,05000	6,05991	-27,12369	25,02369
	Variâncias iguais não assumidas			-,173	1,040	,890	-1,05000	6,05991	-71,37229	69,27229
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas			-,858	2	,481	-3,30000	3,84513	-19,84425	13,24425
	Variâncias iguais não assumidas			-,858	1,102	,537	-3,30000	3,84513	-42,62954	36,02954

Tabela 20. - Teste t-Student para o produto AGF 120g - cesto 1

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
F0	Variâncias iguais assumidas	,813	,434	,942	3	,416	2,41667	2,56643	-5,75087	10,58420
	Variâncias iguais não assumidas			,857	1,668	,497	2,41667	2,82021	-12,35695	17,19029
fh	Variâncias iguais assumidas	5,559	,100	,767	3	,499	3,51667	4,58656	-11,07983	18,11316
	Variâncias iguais não assumidas			,646	1,332	,611	3,51667	5,44276	-35,69354	42,72687
jc	Variâncias iguais assumidas	,150	,724	,293	3	,789	,01667	,05693	-,16450	,19784
	Variâncias iguais não assumidas			,277	1,899	,809	,01667	,06009	-,25554	,28888
CUT	Variâncias iguais assumidas	8,278	,064	1,299	3	,285	7,33333	5,64374	-10,62758	25,29425
	Variâncias iguais não assumidas			1,677	2,000	,235	7,33333	4,37163	-11,47625	26,14292
fh/U	Variâncias iguais assumidas			2,683	3	,075	,02000	,00745	-,00372	,04372
	Variâncias iguais não assumidas			2,000	1,000	,295	,02000	,01000	-,10706	,14706
g	Variâncias iguais assumidas	15,000	,030	1,936	3	,148	,01667	,00861	-,01072	,04406
	Variâncias iguais não assumidas			1,581	1,227	,324	,01667	,01054	-,07083	,10416
B	Variâncias iguais assumidas	5,234	,106	,512	3	,644	4,40000	8,58649	-22,92604	31,72604
	Variâncias iguais não assumidas			,423	1,261	,733	4,40000	10,40497	-77,90054	86,70054
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas	8,688	,060	,167	3	,878	1,46667	8,77507	-26,45952	29,39286
	Variâncias iguais não assumidas			,140	1,303	,907	1,46667	10,49894	-76,96932	79,90266

Tabela 21. - Teste t-Student para o produto AGF 120g - cesto 2.

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
F0	Variâncias iguais assumidas	,118	,754	1,217	3	,310	6,13333	5,03782	-9,89926	22,16592
	Variâncias iguais não assumidas			1,306	2,785	,289	6,13333	4,69622	-9,48645	21,75312
fh	Variâncias iguais assumidas	,385	,579	,058	3	,958	,23333	4,03549	-12,60940	13,07607
	Variâncias iguais não assumidas			,054	1,777	,963	,23333	4,34716	-20,91123	21,37790
jh	Variâncias iguais assumidas	,150	,724	-,293	3	,789	-,03333	,11386	-,39567	,32900
	Variâncias iguais não assumidas			-,277	1,899	,809	-,03333	,12019	-,57776	,51109
jc	Variâncias iguais assumidas	2,400	,219	1,342	3	,272	,10000	,07454	-,13721	,33721
	Variâncias iguais não assumidas			1,732	2,000	,225	,10000	,05774	-,14841	,34841
CUT	Variâncias iguais assumidas	8,278	,064	1,299	3	,285	7,33333	5,64374	-10,62758	25,29425
	Variâncias iguais não assumidas			1,677	2,000	,235	7,33333	4,37163	-11,47625	26,14292
fh/U	Variâncias iguais assumidas	9,600	,053	5,035	3	,015	,04333	,00861	,01594	,07072
	Variâncias iguais não assumidas			6,500	2,000	,023	,04333	,00667	,01465	,07202
g	Variâncias iguais assumidas	2,400	,219	,000	3	1,000	,00000	,00745	-,02372	,02372
	Variâncias iguais não assumidas			,000	2,000	1,000	,00000	,00577	-,02484	,02484
B	Variâncias iguais assumidas	210,720	,001	-,036	3	,974	-,26667	7,43465	-23,92705	23,39372
	Variâncias iguais não assumidas			-,027	1,024	,983	-,26667	9,85856	-118,79123	118,25790
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas	239,456	,001	-,433	3	,694	-3,20000	7,39068	-26,72046	20,32046
	Variâncias iguais não assumidas			-,325	1,016	,799	-3,20000	9,83870	-123,69404	117,29404

Tabela 22. - Teste t-Student para o produto AGF 0,5kg.

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
F0	Variâncias iguais assumidas	4,586	,099	-,739	4	,501	-2,90000	3,92372	-13,79399	7,99399
	Variâncias iguais não assumidas			-,739	2,127	,533	-2,90000	3,92372	-18,85188	13,05188
fh	Variâncias iguais assumidas	4,375	,105	3,785	4	,019	7,10000	1,87587	1,89175	12,30825
	Variâncias iguais não assumidas			3,785	2,623	,041	7,10000	1,87587	,61366	13,58634
jh	Variâncias iguais assumidas	6,400	,065	,316	4	,768	,03333	,10541	-,25933	,32600
	Variâncias iguais não assumidas			,316	2,439	,777	,03333	,10541	-,35029	,41696
jc	Variâncias iguais assumidas	16,000	,016	-1,000	4	,374	-,03333	,03333	-,12588	,05921
	Variâncias iguais não assumidas			-1,000	2,000	,423	-,03333	,03333	-,17676	,11009
B	Variâncias iguais assumidas	4,006	,116	2,129	4	,100	13,80000	6,48143	-4,19532	31,79532
	Variâncias iguais não assumidas			2,129	2,013	,166	13,80000	6,48143	-13,90916	41,50916
Tempo holding	Variâncias iguais assumidas	4,006	,116	2,129	4	,100	13,80000	6,48143	-4,19532	31,79532
	Variâncias iguais não assumidas			2,129	2,013	,166	13,80000	6,48143	-13,90916	41,50916

Anexo G

Exemplo dos cálculos realizados para o ensaio 1 da sardinha sem pele e espinha (SAJ):

Após aquisição das várias temperaturas construiu-se um gráfico do logarítmico das diferenças de temperaturas da autoclave e da temperatura no interior do produto *versus* o tempo para as fases de aquecimento e arrefecimento.

Fase de aquecimento:

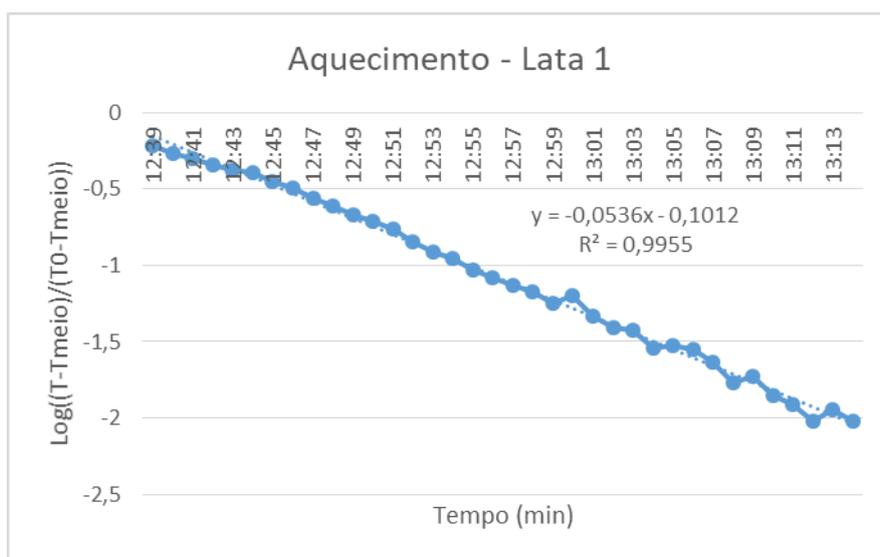


Figura 13. - Logarítmico das diferenças de temperatura da autoclave e da temperatura no interior do produto para a fase de aquecimento.

A partir das medições de temperatura sabe-se o valor do C.U.T. e sabendo que apenas 40% do tempo necessário para que a autoclave atinja a temperatura de *come-up-time*, então os outros 60% correspondem ao restante. Através da equação da reta calcula-se o parâmetro f_h pois este é o inverso do declive. Para o cálculo do parâmetro j_h , substitui-se na equação da reta o declive por o valor de 60% do CUT o que resulta no logarítmico na diferença da temperatura ambiente e da temperatura pseudo inicial da fase de aquecimento. Fazendo o inverso do logarítmico (10^x) com o resultado anterior dá o valor j_h .

Exemplo:

- C.U.T: 14 min

- $0,6C.U.T = 8,4$
- $f_h: 1/\text{declive} = 18,6567 \text{ min}$
- $\text{Log}(T_{\text{amb}} - T_{\text{pseudo inicial}}): -0,55144$
- $j_h: 10^{-0,55144} = 0,28091$

Fase de arrefecimento:

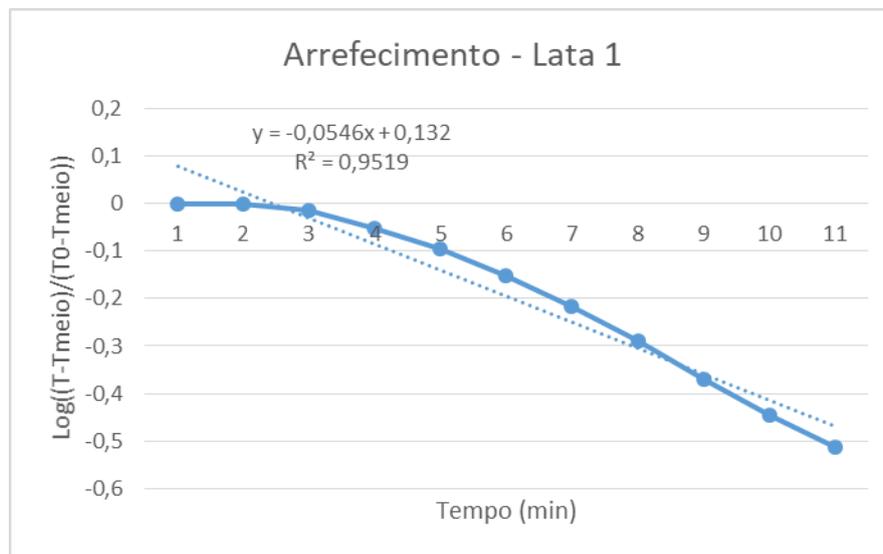


Figura 14. - Logarítmico das diferenças de temperatura da autoclave e da temperatura no interior do produto para a fase de arrefecimento.

Através da equação da reta ($ax+b$) sabe-se que o valor de b corresponde ao logarítmico da diferença da temperatura ambiente e da temperatura pseudo inicial da fase de arrefecimento. Fazendo o inverso do logarítmico (10^x) com o resultado anterior dá o valor j_c .

Exemplo:

- $\text{Log}(T_{\text{amb}} - T_{\text{pseudo inicial}}): 0,132$
- $j_c: 10^{0,132} = 1,35519$

O valor da temperatura ótima de processamento (T_{op}) calculou-se a partir da equação (6.3.5) tanto para o valor de z_q de 25 e de 33. Após estes resultados fez-se a média deste dois valores o que dá a T_{op} .

Exemplo:

- T_{op} (z_q de 25): 116,078°C
- T_{op} (z_q de 33): 118,982°C
- T_{op} : 117,530°C

Na equação do tempo de processamento (6.3.6) o valor de I_h é a diferença entre a T_{op} e a T_0 . Para o cálculo do valor de g é necessário recorrer à Tabela 15 do Anexo E através de interpolações. Com estes valores e com o valor de f_h calcula-se o tempo de processamento (B).

Exemplo:

- $I_h = 117,530 - 20,50 = 97,03^\circ\text{C}$
- $g: 0.209^\circ\text{C}$
- B: 39,474 min

Para o cálculo do tempo de processamento otimizado recorre-se à equação 6.3.8.

- Tempo de processamento otimizado: 33,874 min