



**Instituto Politécnico de Tomar**  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

# **Optimização de Condições de Pasteurização na Indústria de Derivados de Tomate**

Relatório de Estágio

**Catarina Freitas Nunes**

Mestrado em Tecnologia Química

**Tomar/Novembro/2014**





**Instituto Politécnico de Tomar**  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Catarina Freitas Nunes**

# **Optimização de Condições de Pasteurização na Indústria de Derivados de Tomate**

Relatório de Estágio

Orientado por:

Doutora Cecília Baptista (IPT)

Eng.ª Ana Martinho (Sumol+Compal)

Relatório de Estágio

Apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar  
para cumprimento dos requisitos necessários  
à obtenção do grau de Mestre em  
Tecnologia Química







## **Resumo**

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular realizado na empresa Sumol+Compal Marcas S.A., mais concretamente na unidade fabril de Almeirim.

O principal objetivo deste trabalho foi proceder ao estudo da redução da temperatura de pasteurização de produtos derivados de tomate numa linha de enchimento a quente, de embalagens em vidro.

Para este estudo foram realizados seis testes em linha, dos quais apenas um foi feito no pasteurizador, quatro em túnel e um em ambos, no pasteurizador e no túnel.

Para cada um destes testes foram calculadas as unidades de pasteurização (UP) com o auxílio do programa informático Valsuite Basic.

Para cada um dos testes foram realizadas análises microbiológicas.

Os resultados reunidos permitem concluir que poderá existir uma possibilidade de optimização de temperaturas, no entanto será necessário realizar mais testes para que se possa fazer uma conclusão geral e tomar uma decisão quanto à sua implementação.

**Palavras-chave:** Derivados de tomate, Pasteurização, Temperaturas, Unidades de pasteurização (UP), Bolores e Leveduras



## **Abstract**

This work was developed under the traineeship held in the company Sumol + Compal Brands SA, specifically in the plant in Almeirim.

The main objective of this work was to study of reduced of pasteurization temperature of products derived from tomatoes in a line of hot filling in glass.

For this study six tests were performed on production line, of which only one was made in the pasteurizer, four were performed in the pasteurization tunnel and one test was carried out in both equipments and one in both the pasteurizer and the tunnel.

For each of these tests pasteurization units (PU) were calculated with the aid of the computer program Valsuite Basic.

For each test microbiological analyzes were performed.

The pooled results allow us to conclude that there may be a possibility of optimize the temperatures, however it will be necessary to perform more tests in order to get a general conclusion and decide its implementation.

**Keywords:** Tomato Derivatives, Pasteurization, Temperatures, Pasteurization Units (PU), Yeast and Molds



## **Agradecimentos**

A realização deste trabalho só foi possível graças ao contributo e elaboração de várias pessoas e entidades às quais desejo prestar aqui os meus mais sinceros agradecimentos.

À Professora Cecília Baptista pela prontidão em que aceitou coordenar este estágio e pela ajuda e confiança transmitida para a obtenção do mesmo.

Ao Instituto Politécnico de Tomar pela realização do curso e estágio.

À empresa Sumol+Compal por ter aceite este estágio curricular, à Engenheira Elsa Carvalho e Doutora Carmen Pinheiro pela oportunidade, atenção e simpatia ao longo deste tempo.

À Engenheira Ana Martinho, minha orientadora de estágio, pelo acompanhamento, orientação, ensinamentos, por todo o apoio, carinho e amizade ao longo destes meses.

Às companheiras de trabalho, Dr.<sup>a</sup> Inês Silva, Engenheira Patrícia Veríssimo, D.Emília Bento, Engenheira Andreia Antunes, Engenheira Maria de Jesus Mestre, por todo o apoio, carinho, amizade e oportunidades de aprendizagem.

Ao laboratório de microbiologia, à D. Inês Inácio por toda a aprendizagem nesta área, por todo o apoio e confiança que me depositou fazendo de mim uma pessoa mais conhecedora. Às colegas e companheiras de trabalho, Sónia Soares e Paula Matos por todos os ensinamentos, amizade e boa disposição marcada ao longo destes últimos meses.

A todas as pessoas da unidade fabril da Sumol+Compal de Almeirim, em especial à área técnica, por todo o apoio e disponibilidade em tudo o que precisei.

Às minhas amigas e colegas de casa, Victorina Lufilakio, Tatiana Neves e Maria Pereira por todos os momentos de boa disposição, companheirismo, ajuda, amizade e orientação em Almeirim.

Às minhas amigas Bruna e Rita pela amizade ao longo de todos estes anos, paciência e por todos os bons e maus momentos.

Por último, mas não menos importante, aos meus pais e irmã, por toda a ajuda, apoio e carinho, e por todo o esforço para que este estágio pudesse ser possível.



# Índice

<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Índice de tabelas .....</b>	<b>XV</b>
<b>Lista de abreviaturas, siglas .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Apresentação do estágio e do relatório.....</i>	<i>1</i>
<b>1.2. Apresentação da Empresa .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Fundamentos teóricos.....</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Tomate.....</i>	<i>3</i>
2.2. <i>Processamento de tomate para produção de derivados.....</i>	<i>5</i>
2.3. <i>Tratamento Térmico dos alimentos .....</i>	<i>7</i>
2.3.2. <i>Pasteurização.....</i>	<i>14</i>
2.3.2.1. <i>Pasteurização flash.....</i>	<i>16</i>
2.3.2.2. <i>Pasteurização em túnel.....</i>	<i>17</i>
2.3.3. <i>Esterilização .....</i>	<i>18</i>
2.3.4. <i>Permutadores de calor.....</i>	<i>19</i>
2.3.4.1. <i>Permutadores de tubos .....</i>	<i>20</i>
2.3.4.2. <i>Permutadores de placas.....</i>	<i>21</i>
2.3.4.3. <i>Túneis.....</i>	<i>21</i>
2.3.4.4. <i>Autoclaves.....</i>	<i>21</i>
<b>3. Descrição do trabalho.....</b>	<b>23</b>
3.1. <i>Produção dos derivados de tomate .....</i>	<i>23</i>
<b>4. Metodologia dos Testes.....</b>	<b>27</b>
4.1. <i>Monitorização das temperaturas.....</i>	<i>29</i>
4.2. <i>Ensaio microbiológicos .....</i>	<i>30</i>
4.2.1. <i>Preparação de material e utensílios .....</i>	<i>30</i>
4.2.2. <i>Meios de Cultura.....</i>	<i>33</i>
4.2.3. <i>Diluição de amostras para ensaios microbiológicos.....</i>	<i>33</i>
4.2.5. <i>Contagem de bolores e leveduras .....</i>	<i>33</i>

4.3. <i>Ensaio de análise sensorial</i> .....	34
<b>5. Apresentação e Discussão de resultados</b> .....	<b>35</b>
5.1. <i>Resultados da monitorização de temperaturas</i> .....	35
5.2. <i>Resultados Microbiológicos</i> .....	44
5.3. <i>Resultados Análise Sensorial</i> .....	49
<b>6. Conclusão</b> .....	<b>51</b>
<b>7. Bibliografia</b> .....	<b>53</b>
<b>8. Anexos</b> .....	<b>57</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Logótipo da Empresa Sumol+Compal. ....	2
Figura 2: Tomate (Cook, 2013) .....	3
Figura 3: Esquematização do processo da produção do concentrado de Tomate (adaptado de Roca, 2009). ...	6
Figura 4: Curva de Sobrevivência e valor D (Ramaswamy e Marcotte, 2006). ....	11
Figura 6: Curva de valor D e valor Z (Ramaswamy e Marcotte, 2006). ....	12
Figura 5: Curvas de Sobrevivência influenciadas pela Temperatura (Ramaswamy e Marcotte, 2006).....	12
Figura 7: Pasteurização flash, Temperatura em função do tempo. ( Berselli, 2011) .....	16
Figura 8: Principais fases do processo.....	23
Figura 9: Tanques de Formulação .....	23
Figura10: Capsuladora.....	24
Figura11: Enxaguadora .....	24
Figura 12: Túnel de pasteurização e arrefecimento. ....	25
Figura 13: Produto acabado (Sousa, nd).....	25
Figura 15: Paletização .....	26
Figura 14: Formação de conjuntos .....	26
Figura 17: Logger ligados ao computador .....	30
Figura 16: Logger.....	30
Figura 18: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do primeiro teste. ....	36
Figura 19: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do primeiro teste. ....	36
Figura 20: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do segundo teste. ....	37
Figura 21: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do segundo teste. ....	37
Figura 22: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do segundo teste. ....	38
Figura 23: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do terceiro teste. ....	39
Figura 24: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do terceiro teste. ....	39
Figura 25: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do terceiro teste. ....	39

Figura 26: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do quarto teste. ....	40
Figura 27: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do quarto teste.....	40
Figura 28: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do quinto teste. ....	41
Figura 29: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do quinto teste.....	41
Figura 30: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do quinto teste. ....	42
Figura 31: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do sexto teste. ....	42
Figura 32: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do sexto teste. ....	43
Figura 33: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do sexto teste. ....	43
Figura 34: Resultados microbiológicos dos depósitos de formulação e arrefecimento rápido para teores totais ao longo dos testes realizados. ....	44
Figura 35: Resultados microbiológicos dos depósitos de formulação e arrefecimento rápido para bolores e leveduras ao longo dos testes realizados. ....	45
Figura 36: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 1º teste. ....	46
Figura 37: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 2º teste. ....	46
Figura 38: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 3º teste. ....	47
Figura 39: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 4º teste. ....	47
Figura 40: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 5º teste. ....	48
Figura 41: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 6º teste. ....	48
Figura 42: Fluxograma completo do processo de derivados de tomate. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

## Índice de tabelas

Tabela 1: Classificação dos alimentos com base no pH (Ramaswamy e Marcotte, 2006) .....	9
Tabela 2: Bactérias importantes na deterioração dos alimentos (Ramaswamy et Marcotte, 2006) .....	10
Tabela 3: Objectivos da pasteurização e condições aplicadas em função dos alimentos seleccionados (Ramaswamy e Marcotte, 2006).....	15
Tabela 4: Resistência Térmica das Bactérias para Pasteurização. (Ramaswamy e Marcotte, 2006) .....	16
Tabela 5: Resistência Térmica de Bactérias para Esterilização (Ramaswamy e Marcotte, 2006).....	19
Tabela 6: Amostras recolhidas ao longo do processo. ....	28
Tabela 7: Matriz dos produtos utilizados para teste. ....	29
Tabela 8: Temperaturas de todas as fases do processo. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 9: Durabilidade das principais fases do processo .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 10: Matriz dos produtos utilizados para teste. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 11: Características finais dos derivados de tomate. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 12: Composição do meio de cultura Plate Count Agar (PCA) para contagem de teores totais.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 13: Composição do meio de cultura Yeast Extract Agar (YGC) para contagem de bolores e leveduras. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela14: Resultados correspondentes às figuras 34 e 35.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 15: Resultados correspondentes à figura 36.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 16: Resultados correspondentes à figura 37.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela17: Resultados correspondentes à figura 38.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 18: Resultados correspondentes à figura 39.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 19: Resultados correspondentes à figura 40.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 20: Resultados correspondentes à figura 41.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>



## **Lista de abreviaturas, siglas**

P.C.A. – Plate Count Agar

Y.G.C. – Yeast Extract Agar

UP- Unidades de Pasteurização

D – tempo de redução decimal

z – indicador de sensibilidade

T - temperatura

$T_0$  e  $T_{REF}$  – temperatura de referência

t - tempo

a e b – sobrevivência



# 1. Introdução

## 1.1. Apresentação do estágio e do relatório

O estágio curricular foi realizado na unidade fabril de Almeirim na empresa Sumol+Compal Marcas S.A., no âmbito da obtenção de grau mestre em Tecnologia Química, durante um período de 6 meses.

O principal objetivo deste estágio foi estudar a Optimização de Condições de Pasteurização na Indústria de Derivados de Tomate, que me deu a conhecer o mundo profissional e me possibilitou aprofundar os meus conhecimentos. Obtive ainda outros conhecimentos práticos no laboratório de microbiologia, laboratório de desenvolvimento do produto e laboratório de análise sensorial.

Este estágio abriu-me a porta para novos horizontes dando-me a oportunidade profissional de me manter na mesma empresa mais dois meses, após a conclusão do estágio.

A principal missão foi fazer um estudo sobre a pasteurização da polpa de tomate, mantê-lo em prática e concluí-lo, através do processo praticado na empresa, baseando-se este em seis fases principais, a abertura das polpas/concentrados, a formulação, a pasteurização, o enchimento, a pasteurização em túnel e arrefecimento, a paletização e a armazenagem. A missão foi cumprida pois o principal objectivo foi minimizar custos, dando rentabilidade à empresa inserindo um produto no mercado, garantindo assim a mesma qualidade.

Sinto-me realizada por ter concluído o objectivo, não descurando todos os colaboradores deste prestigiada empresa onde me acolheram e me inseriram, dando-me a conhecer os métodos de trabalho praticados e possibilitando-me participar activamente no mesmo, entrando assim no mundo profissional.

Contudo não posso deixar de frisar que existem normas de conduta e diretrizes da empresa que não permitem que sejam inseridos alguns dados e informações referidos no trabalho sendo estes de carácter sigiloso. Sendo assim, estes apresentam-se em anexo.

O relatório que agora se apresenta é constituído por 8 capítulos, sendo que no primeiro se apresenta a introdução, tanto do estágio como da empresa, no segundo apresentam-se os fundamentos teóricos relacionados com o tema, seguindo-se os capítulos sobre descrição, metodologia, apresentação, discussão de resultados e conclusão.

## 1.2. Apresentação da Empresa

A empresa Sumol+Compal é fruto da união de duas grandes empresas fabricantes de bebidas não alcoólicas, a Sumolis Gestão de Marcas S.A. e a Compal – Companhia Produtora de Conservas Alimentares, SA. Essa união deu-se em 2009 e cada uma destas empresas conta com mais de 50 anos, ambas reconhecidas a nível nacional e internacional.

Actualmente a empresa Sumol+Compal possui quatro unidades fabris em Portugal (Almeirim, Pombal, Gouveia e Vila Flor) e uma em Moçambique. Nestas fábricas ocorre a produção de sumos, néctares, refrigerantes, águas, vegetais enlatados e derivados do tomate.

Na unidade industrial de Almeirim concentra-se a produção de sumos e néctares das marcas Compal e Um Bongo, de refrigerantes sem gás da marca B!, dos concentrados de fruta das marcas Gud e Citro e ainda de vegetais enlatados e de polpa de tomate da marca Compal.

Actualmente, esta unidade conta com dezanove linhas de produção: nove linhas de enchimento de embalagens de cartão asséptico, duas linhas de enchimento de embalagens de PET asséptico, três linhas de enchimento de embalagens de vidro, uma linha de enchimento de vegetais em lata, duas linhas de transformação de fruta, uma linha de transformação de tomate em concentrado e uma linha de enchimento de bisnagas de concentrado de tomate.

Na unidade industrial de Pombal concentra-se a produção da marca Sumol, Seven UP, Tagus, Lipton Ice Tea e Guaraná Antártica, entre outras, contando com dez linhas de enchimento.

As unidades de Gouveia e Vila Flor são responsáveis pelo engarrafamento de águas. Em Gouveia, procede-se ao engarrafamento de água de nascente Serra da Estrela e em Vila Flor, procede-se ao enchimento de água mineral natural gasocarbónica, da marca Frize.



Figura 1: Logótipo da Empresa Sumol+Compal.

## 2. Fundamentos teóricos

### 2.1. Tomate

A Indústria do Tomate insere-se num mercado mundial muito competitivo, dominado em grande parte pelos Estados Unidos da América (EUA) e pelos países da bacia mediterrânica da União Europeia, onde se inclui Portugal (Pinto et al., 2007).

A transformação de tomate é a que mais se destaca no sector industrial de transformação dos produtos hortofrutícolas portugueses. O concentrado de tomate é o principal produto fabricado e representa cerca de 90% nas exportações dos produtos derivados de tomate (Pinto et al., 2007).

O tomate (Fig.2), originário da América do Sul, é cultivado em quase todo o mundo, e a sua produção global duplicou nos últimos 20 anos.

É um alimento funcional devido aos altos teores de vitaminas A e C, além de ser rico em licopeno (Carvalho e Paglinca, 2007). O tomate é também uma ótima fonte de fósforo, ferro, potássio e cálcio, com a vantagem adicional de conter um baixo teor calórico (Momm, 2012).

Pesquisas apontam que o consumo do licopeno, que está presente tanto no fruto fresco como no processado, ajuda na prevenção de doenças cancerígenas, principalmente as que são relacionadas com o aparelho digestivo (Carvalho e Paglinca, 2007).

Existem ainda alguns indícios da possibilidade de o licopeno ser capaz de estimular o sistema imunitário do ser humano actuando como base para a protecção contra a síndrome de imunodeficiência adquirida (Roca, 2009).

Actualmente, o consumidor dá cada vez mais importância às características nutritivas dos alimentos e aos seus benefícios para a saúde, assumindo-se o tomate como um alimento de grande importância para a saúde humana (Roca, 2009).



Figura 2: Tomate (Cook, 2013)

O tomate apresenta na sua composição aproximadamente 93 a 95% de água. Nos 5% a 7% restantes, encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos, açúcares, sólidos insolúveis em álcool e outros compostos. Embora as vitaminas estejam presentes numa pequena proporção do total de matéria seca, estas substâncias são importantes do ponto de vista nutricional (Sganzerla, 2010).

A sua cor vermelha característica deve-se à presença de um dos antioxidantes existentes no tomate, o licopeno, um pigmento que abunda no tomate maduro, que protege o nosso organismo.

Os sólidos totais são compostos pelos sólidos solúveis e insolúveis e são muito importantes para o fabrico de concentrado de tomate. Estes variam conforme o tipo de solos, a pluviosidade durante o crescimento, a data da colheita e a variedade. Os sólidos solúveis totais (°Brix) são usados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no sumo, sendo constituído maioritariamente por açúcares. Quanto maior o °Brix melhor a variedade do tomate (Palet, 2012).

A quantidade de sacarose encontrada no tomate é reduzida e, por isso, os hidratos de carbono são representados, essencialmente, por frutose e glucose. Estes, por vezes, provocam o acastanhamento do tomate ou seja, a perda da cor vermelha característica, que é decorrente da oxidação dos pigmentos carotenóides e da formação de compostos escuros devido principalmente, à reacção de Maillard (escurecimento não enzimático) (Palet, 2012).

A qualidade dos frutos pode ser definida como um conjunto de inúmeras características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto e que têm influência na determinação do grau de aceitação por parte do consumidor.

No tomate fresco a qualidade é determinada pela cor, aspecto visual, firmeza, sabor e valor nutritivo (Palet, 2012).

No período pós colheita existem outras características importantes que permitem avaliar a qualidade do tomate utilizado na indústria, entre as quais se destacam a textura, a acidez, o teor de ácido ascórbico, o teor de sólidos solúveis, o pH (inferior ou igual a 4.5), o teor de fibra, entre outros (Roca,2009).

A perda de qualidade do produto ocorre ao longo da cadeia de produção até chegar ao consumidor e pode dever-se a processos fisiológicos normais, em conjugação com eventuais danos causados pelo processamento (calor/ acção mecânica).

A qualidade do tomate produzido em Portugal é única. É um tomate que se caracteriza pelo seu sabor doce, baixa acidez, cor intensa e forte aroma, que tem como utilização final a produção de sumos e produtos derivados onde o sabor a tomate é importante (Palet, 2012).

O concentrado de tomate é um constituinte base de um grande número de produtos alimentares e sem o recurso a processos de conservação, seria impossível satisfazer a procura constante de derivados de tomate. Assim, pelo processamento do tomate sob a forma de concentrado e o seu acondicionamento, torna-se possível satisfazer a procura entre duas campanhas sucessivas (Palet, 2012).

Dada a elevada competitividade no sector, torna-se importante apostar na qualidade do produto, de modo a satisfazer as especificações requeridas pelo cliente. Para isso, tem de haver uma correcta definição de todo o processamento, desde a entrada da matéria-prima na empresa, até à obtenção do produto final. Só desta forma, as empresas podem ter sucesso no mercado nacional e internacional (Palet, 2012).

## **2.2.Processamento de tomate para produção de derivados**

O estado de maturação à colheita é muito importante, pois determina a evolução do processo de maturação pós-colheita, que por sua vez também vai influenciar a qualidade do produto que chega ao consumidor. A maioria do tomate comercializado é colhida e completa o processo de maturação durante o transporte até ao destino, em condições adequadas.

A avaliação sensorial da cor permite identificar a qualidade do produto e medir o amadurecimento do fruto (Roca, 2009).

Na fig. 3 apresenta-se um esquema tipo de produção de concentrado de tomate.

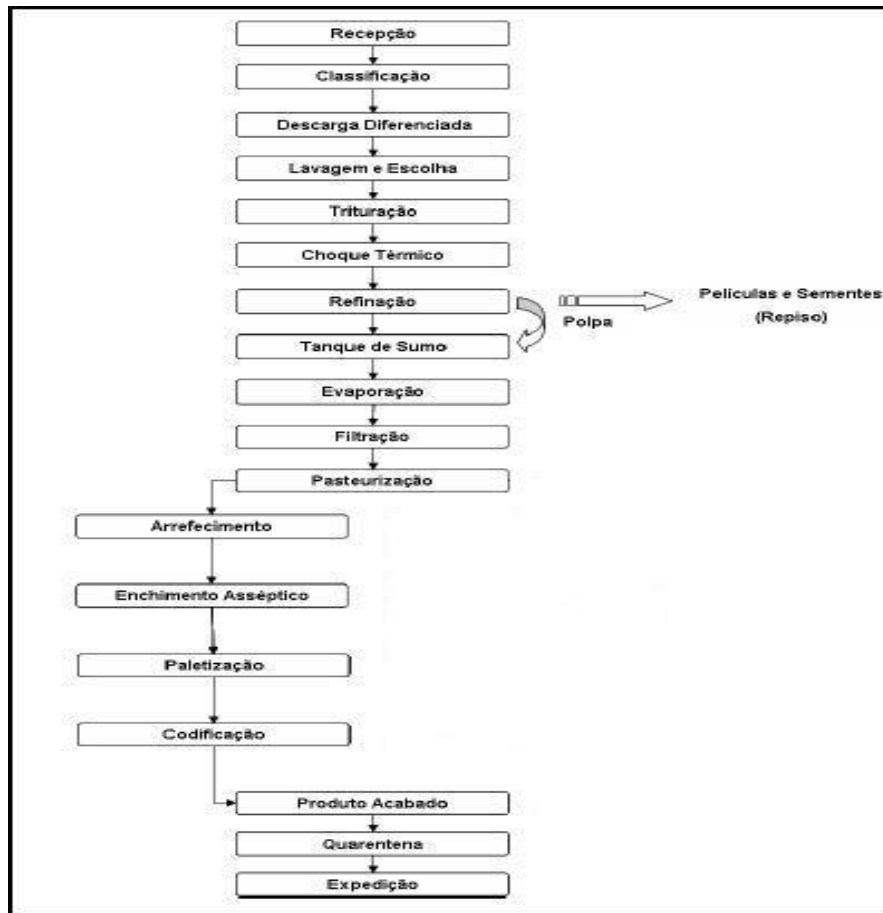


Figura 3: Esquematização do processo da produção do concentrado de Tomate (adaptado de Roca, 2009).

Na unidade industrial de produção de concentrado de tomate o processo inicia-se com a recepção do tomate para as linhas de produção, seguindo-se uma lavagem e escolha. O tomate seleccionado é lavado, escolhido, triturado e submetido posteriormente a um tratamento térmico em permutadores de calor.

Após o tratamento térmico é feita uma refinação, onde é feita a separação da parte sólida, designada por repiso. Este é composto por películas, sementes e fibras de maior dimensão. Com esta separação obtém-se assim um sumo mais ou menos refinado.

O sumo obtido é depois sujeito a uma concentração, onde é retirado ao sumo parte da sua água de forma a obter um produto mais concentrado, seguindo-se um processo de filtração.

O concentrado de tomate é em seguida submetido a um processo de pasteurização para estabilização microbiológica, seguindo-se o enchimento e o processo de embalagem. Segue-se então a codificação e paletização do produto acabado, que é submetido a um período de quarentena, onde são efectuadas algumas análises de controlo de qualidade. Após este período o produto está pronto para expedição.

Os tempos de processamento são diferentes para cada produto. Portanto, é extremamente importante seguir uma fórmula testada para o tomate e seus derivados.

As alterações na quantidade ou no tipo de ingredientes e métodos de preparação podem influenciar as condições do processo, necessários para garantir a segurança do produto (Raab, 2010).

Estima-se que 80% da produção mundial de tomate se destina ao processamento industrial, e que essa produção se centra principalmente em duas regiões: Califórnia e Itália (Borguini, 2002).

Portugal possui características climáticas excelentes para o cultivo do tomate, o que faz com que o nosso país seja um dos maiores produtores de tomate processado. Grande parte do tomate produzido é industrializado e transformado em concentrado.

Em Portugal, a indústria de concentrado de tomate rejeita todos os anos cerca de 55000 toneladas de subproduto, o repiso, que é extremamente rico em compostos biologicamente activos. Presentemente, o repiso de tomate destina-se essencialmente à alimentação de ruminantes.

A sazonalidade do cultivo e da colheita do tomate fazem com que as campanhas de produção de concentrado se realizem no Verão, durante os meses de Agosto e Setembro, podendo estender-se até Outubro (Palet, 2012). Dada a produção concentrada no tempo e os elevados custos que a respectiva conservação causaria, as indústrias acabam por vender o produto por valores baixos (Roca, 2009).

### **2.3. Tratamento Térmico dos alimentos**

O processamento térmico foi concebido para destruir os microrganismos num produto embalado, uma vez que iriam causar a deterioração deste.

Assim, todos os microrganismos patogénicos e deteriorantes que se encontram num recipiente hermeticamente fechado, são destruídos, e é criado um ambiente no interior da embalagem, que não suporta o crescimento de termófilos que sejam mais resistentes.

A fim de determinar a extensão do tratamento térmico, existem vários factores que devem ser conhecidos:

- 1) O tipo e a resistência ao calor do microrganismo, esporo ou enzima presente no alimento;
- 2) O pH do alimento;
- 3) As condições de aquecimento;
- 4) As propriedades termofísicas da forma a alimentar, recipiente e tamanho;
- 5) As condições de armazenagem após o processo (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

Apesar de estudos correlacionarem o processamento industrial e seus efeitos na qualidade nutricional, o conhecimento deste assunto ainda é disperso e insuficiente (Sucupira, et al., 2013).

Tanto a pasteurização como a esterilização têm como objectivo eliminar os microrganismos que causem a deterioração do produto.

Para alimentos com  $\text{pH} < 4.6$  é utilizada a pasteurização. Esta pode ser uma pasteurização flash, pasteurização em túnel ou HTST (*High Temperature Short Time*). É neste campo que se encontra o tomate e os seus derivados por isso é utilizado este processo na sua produção.

Para alimentos com  $\text{pH} > 4.6$  é utilizada a esterilização. Com a mesma finalidade que a pasteurização, a diferença é que a pasteurização utiliza temperaturas inferiores à esterilização, pois esta tem como objectivo eliminar microrganismos patogénicos, como por exemplo o *Clostridium botulinum*.

O crescimento e a actividade de microrganismos são também em grande parte dependentes do pH. De um ponto de vista de processamento térmico, os alimentos são divididos em três grandes grupos de pH (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação dos alimentos com base no pH (Ramaswamy e Marcotte, 2006)

Group	pH	Examples
High acid	<3.7	Fruit juices, apples, berries, cherries (red sour), plums, sour pickles, sauerkraut, vinegar
Acid or medium acid	3.7–4.5	Fruit jams, fruit cocktail, grapes, tomatoes, tomato juice, peaches, pimentos, pineapples, potato salad, prune juice, vegetable juice
Low acid	4.5	All meats, fish, vegetables, mixed entries, and most soups

A classificação do pH de alimentos termicamente processados é muito importante, especialmente para a determinação das necessidades de processamento. A diferença mais importante na classificação de pH, com referência ao tratamento térmico, é a linha divisória entre os alimentos ácidos e os de baixa acidez. A maioria dos laboratórios que lidam com o processamento térmico dedica especial atenção ao bacilo *C. botulinum*, que é altamente resistente ao calor, formador de esporos, patogénico anaeróbio e que produz a toxina do botulismo. A simples presença do patogénico por si só num produto não constituiu um perigo para a saúde, no entanto, a preocupação que existe a este respeito é garantida, pois os esporos podem encontrar condições favoráveis no recipiente para germinar e produzir a toxina do botulismo.

Existem outros microrganismos, por exemplo, *Bacillus stearothermophilus*, *B.thermoacidurans*, e *C. thermosaccharolyticum*, que são mais resistentes ao calor do que *C. botulinum*, alguns dos quais são susceptíveis de desafiar o processo.

Estes são geralmente termófilos (temperatura de crescimento óptima aproximadamente 50 a 55°C) e, por isso, não são de grande preocupação se o produto for processado e armazenado a temperaturas abaixo de 30°C. Os requisitos de temperatura e pH dos microrganismos mais comuns encontram-se resumidos na Tabela 2 (Ramaswamy et Marcotte, 2006).

Tabela 2: Bactérias importantes na deterioração dos alimentos (Ramaswamy et Marcotte, 2006)

Approximate Temperature (°C) Range for Vigorous Growth	Acidity of Food	
	Acid 3.7 < pH < 4.5	Low Acid pH ≥ 4.5
Thermophilic (55–35°)	<i>B. coagulans</i>	<i>C. thermosaccharolyticum</i>
	<i>S. thermophilus</i>	<i>C. nigrificans</i>
	<i>L. bulgaricus</i>	<i>B. stearothermophilus</i>
Mesophilic (40–10°)	<i>C. butyricum</i>	<i>C. botulinum (A and B)</i>
	<i>C. pasteurianum</i>	<i>C. sporogenes</i>
	<i>B. mascerans</i>	<i>B. licheniformis</i>
	<i>B. polymyxa</i>	<i>B. subtilis</i>
Psychrophilic (35–<5°)	<i>Pseudomonas</i>	<i>C. botulinum E</i>
	<i>Micrococcus</i>	<i>S. aureus</i>

O *C. botulinum* é um microrganismo que está presente em alimentos de baixa acidez, o qual pode causar problemas de saúde pública. Portanto, devido à sua elevada resistência ao calor são geralmente aplicadas temperaturas entre os 115 a 125 ° C no processo destes alimentos (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

Antes de estabelecer um processo térmico é necessário a identificação do microrganismo mais resistente ao calor. Isto requer a “história” microbiológica do produto e as condições em que é posteriormente armazenado.

Após a identificação do microrganismo é feita uma avaliação da resistência térmica do microrganismo, que deve ser determinada de acordo com as condições que normalmente prevalecem no recipiente. Para utilizar os dados do processo de destruição térmica, estes devem ser caracterizados utilizando um modelo adequado.

Os dados sobre a dependência da temperatura da taxa de destruição microbiana também são necessários para integrar a destruição e efetuar, através do perfil de temperatura em condições de processamento, vários procedimentos para a avaliação experimental da cinética de destruição térmica de microrganismos (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

De acordo com a classificação do pH dos alimentos, o processamento térmico utilizado pode ser a pasteurização ou a esterilização. A pasteurização aplicada pode ser a pasteurização flash, pasteurização em túnel ou HTST.

### 2.3.1. Curvas de Sobrevivência (Morte Térmica)

Os resultados publicados sobre a destruição térmica de microrganismos geralmente mostram que este processo deve seguir uma reacção de primeira ordem, o que indica uma ordem logarítmica de morte. Por outras palavras, o logaritmo do número de microrganismos sobreviventes a um dado tratamento térmico, a uma determinada temperatura em função do tempo de aquecimento (curva sobrevivência) vai originar uma linha recta (Fig. 4).

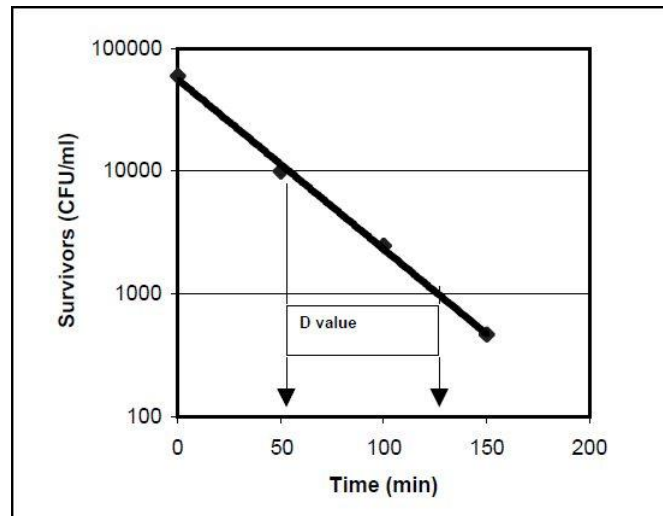


Figura 4: Curva de Sobrevivência e valor D (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

A taxa de destruição microbiana é geralmente definida em termos de um tempo de redução decimal (valor D), que corresponde ao tempo de aquecimento em minutos a uma dada temperatura para provocar uma redução decimal na sobrevivência da população microbiana. Por outras palavras, o valor D representa um tempo de aquecimento que resulta em 90% da destruição da população microbiana existente. (Equação 1). Matematicamente:

$$\text{Equação 1} \quad D = \frac{(t_2 - t_1)}{[\log(a) - \log(b)]}$$

onde a e b representam a sobrevivência seguida da contagem de aquecimento para um tempo  $t_1$  e  $t_2$  em minutos.

A natureza logarítmica da curva de sobrevivência ou destruição, indica que a completa destruição da população microbiana não é possível, porque uma fração decimal da população deve permanecer, mesmo depois de um número infinito de valores D.

A contagem de sobrevivência dos microrganismos é traçada directamente na ordenada logarítmica contra o tempo em abcissas lineares. O intervalo de tempo entre o qual a porção linear da curva passa por um ciclo logarítmico ou o declive negativo de uma equação de uma regressão linear apresenta o valor D (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

### 2.3.1.1. Parâmetros cinéticos que dependem da temperatura

O valor D depende fortemente da temperatura. Temperaturas mais elevadas resultam em menores valores de D (Fig. 5). A sensibilidade da temperatura de valores D em várias temperaturas é normalmente expressa como uma curva de resistência térmica (Fig. 6).

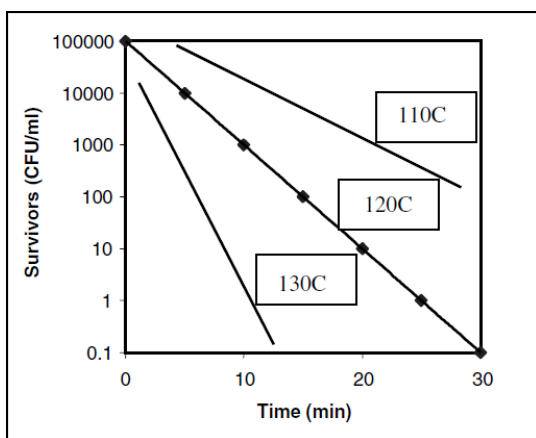


Figura 5: Curvas de Sobrevivência influenciadas pela Temperatura (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

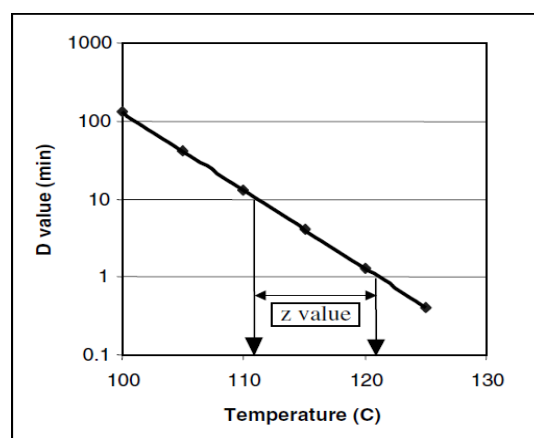


Figura 6: Curva de valor D e valor Z (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

O indicador de sensibilidade à temperatura é definido como z, um valor que representa uma gama de temperaturas, o que resulta numa mudança de 10 vezes nos valores de D, que representa o intervalo de temperatura entre os quais a curva de valor de D que passa através de um ciclo logarítmico. Usando as técnicas de regressão, o valor de z pode ser obtido como a inclinação recíproca negativa da curva de resistência térmica (regressão de log D valores versus temperatura).

Matematicamente:

$$\text{Equação 2} \quad z = \frac{(T_2 - T_1)}{[\log(D_1) - \log(D_2)]}$$

onde  $D_1$  e  $D_2$  são valores  $D$  em  $T_1$  e  $T_2$ , respectivamente.

O valor  $D$  em qualquer temperatura, pode ser obtida a partir de uma forma modificada da equação acima, usando um valor de referência  $D$  ( $D_0$  a uma temperatura de referência,  $T_0$ , geralmente 250 ° F (121,1 ° C) para a esterilização térmica)

(Ramaswamy e Marcotte, 2006):

$$\text{Equação 3} \quad D = D_0 10^{[(T_0 - T)/z]}$$

O índice de letalidade é bastante utilizado em alimentos de forma geral, porém em produtos derivados de tomate costuma utiliza-se a expressão Unidades de Pasteurização (UP) que pode ser escrita da seguinte forma:

$$\text{Equação 4} \quad UP = 10^{\frac{T - T_{REF}}{z}} t$$

Assim, a Unidade de Pasteurização (UP) quantifica a acção do processo de pasteurização como função da temperatura que está a ocorrer no processo e durante quanto tempo está a ocorrer. A UP pode ser obtida através da aplicação de temperaturas mais elevadas (maior intensidade do processo) ou um maior tempo de processamento (maior tempo de acção destrutiva).

O tratamento térmico de alimentos como a pasteurização e esterilização é apenas estabelecido por um binómio (tempo, temperatura).

As Unidades de Pasteurização representam o processo de pasteurização variando de forma exponencial com a temperatura e, como a concepção da UP é logarítmica, a sua variação é linear com o tempo, conforme a curva de sobrevivência térmica (Fontana, 2009).

No nosso caso, para os derivados de tomate o valor z recomendado pela indústria é de 13°C e a temperatura de referência  $T_{Ref.}$  é de 85°C. Assim a equação fica:

Equação 5 
$$UP = 10^{\frac{T-85}{13}} t$$

### 2.3.2. Pasteurização

A pasteurização é um tratamento térmico dado aos alimentos com a finalidade de destruir espécies microbianas vegetativas (Ramaswamy e Marcotte, 2006) de modo a oferecer ao consumidor um produto seguro, com vida útil aceitável (Sganzerla, 2010), pois é um processo que envolve o aquecimento a uma dada temperatura que vai destruir e reduzir substancialmente os microrganismos causadores de doenças e de deterioração (Wiley et al., 2008).

A temperatura de pasteurização e o tempo de duração utilizados dependem da carga de contaminação do produto e das condições de transferência de calor (Sucupira et al., 2012).

Com este tipo de tratamento térmico, as características sensoriais e o valor nutritivo dos alimentos são minimamente afectados.

A severidade do tratamento de calor e o tempo de armazenamento depende da natureza do produto, das condições de pH, da resistência do microrganismo, da sensibilidade do produto e do tipo de calor aplicado. (Tabela 3).

Tabela 3: Objectivos da pasteurização e condições aplicadas em função dos alimentos seleccionados (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

Food	Purpose	Typical Processing Conditions
Fruit juice	Inactivation of enzymes (pectinesterase and polygalacturonase)	88°C for 15 s
Beer	Destruction of spoilage microorganisms (wild yeasts, <i>Lactobacillus</i> species), and residual yeasts ( <i>Saccharomyces</i> species)	65–68°C for 20 min (in bottle)
Milk	Destruction of pathogens: <i>Brucella abortus</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Coxiella burnetii</i>	71.5°C for 15 s
Liquid egg	Destruction of pathogens <i>Salmonella seftenberg</i>	64.4°C for 2.5 min
Ice cream	Destruction of pathogens	80°C for 15 s

A maioria das operações que envolvem líquidos (tais como leite, produtos lácteos, cerveja, frutas, sumos, entre outros) é realizada em permutadores de calor contínuo.

Dependendo do tipo de produto, a validade de alimentos pasteurizados pode variar desde vários dias (leite) a vários meses (sumos de fruta ou polpas de tomate) (Ramaswamy e Marcotte, 2006). A eliminação de microrganismos presentes nos derivados de tomate, que é o principal objectivo dos tratamentos térmicos, é requerida cada vez mais pelo consumidor que procura uma segurança alimentar cada vez maior.

A maioria dos alimentos serve como meio de cultura para o crescimento de muitos microrganismos, por isso a utilização de uma temperatura elevada é um dos métodos mais seguros e fiáveis (Pelczar et al., 1981).

Os microrganismos que causam deterioração, tais como fungos, leveduras e bactérias, são destruídos por tratamento térmico, pelo que o tomate e os seus derivados devem ser processados através do calor para destruir os microrganismos que causam a deterioração. (Raab, 2010)

A tabela 4 mostra a resistência térmica das bactérias mais relevantes para a pasteurização.

Tabela 4: Resistência Térmica das Bactérias para Pasteurização. (Ramaswamy e Marcotte, 2006)

Microorganism	D <sub>65.5</sub> Value (min)	z Value (°C)
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	0.20–0.30	4.4–5.5
<i>Brucella</i> spp.	0.10–0.20	4.4–5.5
<i>Coxiella burnetii</i>	0.50–0.60	4.4–5.5
<i>Salmonella</i> spp.	0.02–0.25	4.4–5.5
<i>Salmonella seftenberg</i>	0.80–1.00	4.4–6.7
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.20–2.00	4.4–6.7
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0.20–2.00	4.4–6.7
Spoilage microorganisms (vegetative bacteria, yeast, mold)	0.50–3.00	4.4–6.7
	<b>D<sub>82</sub> value</b>	
<i>C. botulinum</i> (type E)	0.10–3.0	5.0–8.9

Source: Stumbo, 1973. With permission.

### 2.3.2.1. Pasteurização flash

A pasteurização flash consiste em levar o produto à temperatura de pasteurização o mais rápido possível, e mantê-lo durante um dado tempo a esta temperatura, antes de retorná-lo a temperatura ambiente, como mostra a figura 7 (Berselli, 2011).

Este tipo de processo permite também preservar e melhorar as características organolépticas uma vez que o produto é submetido à temperatura, o menor tempo possível.

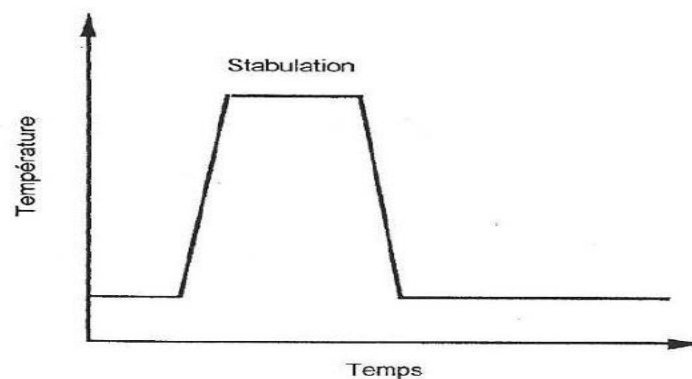


Figura 7: Pasteurização flash, Temperatura em função do tempo. ( Berselli, 2011)

### 2.3.2.2. Pasteurização em túnel

A pasteurização em túnel é feita com água aquecida num permutador tubular e o arrefecimento é feito através de chuveiros de água aquecida com diferentes temperaturas por onde passa o produto embalado, promovendo assim uma diminuição gradual da temperatura ao longo do túnel.

O produto que está a ser estudado é pastoso e muito consistente. Após o enchimento, a embalagem onde é introduzido o produto fica com um espaço de cabeça, que neste caso, pode ser considerado crítico, devido ao ar que aí possa existir vindo a desenvolver microrganismos que vão causar a deterioração do produto.

A propriedade física que traduz a maior ou menor facilidade com que o material conduz o calor é denominada de condutividade térmica ou transferência de calor.

Dois dos mecanismos de transferência de calor são:

- Condução: é um fenómeno à escala molecular e ocorre sempre que existe um gradiente de temperaturas, neste caso aplicado a produtos pastosos, sendo um processo mais lento.
- Convecção: é o transporte de energia devido ao movimento global do fluido, neste caso aplicado a produtos líquidos, sendo mais rápido o seu processo (Mateus, 2009).

A transferência de energia por condução faz-se de 2 modos:

- Interacção molecular, no qual as moléculas com maior energia e maior movimento (temperatura) transferem essa energia para as moléculas adjacentes com menor energia. Este tipo de transferência está presente em todos os sistemas em que existam gradientes de temperatura, quer estejam presentes moléculas de sólidos, líquidos ou gases.
- A condução de calor é levado a cabo pelos eletrões “livres”. O mecanismo dos eletrões livres está primordialmente presente nos sólidos metálicos, os

quais são os melhores condutores de calor, e existe em pequena escala nos sólidos não metálicos (Mateus,2009).

### **2.3.3. Esterilização**

A esterilização é um tratamento térmico mais severo que a pasteurização e é destinado a destruir os microrganismos que levam à deterioração do produto que por sua vez podem causar problemas à saúde pública (Ramaswamy e Marcotte, 2006). Este processo consiste em uma operação unitária, na qual os alimentos são aquecidos a temperatura suficientemente elevada durante vários minutos, visando à destruição total de microrganismos capazes de deteriorar o produto durante o armazenamento (Sucupira et al., 2012).

Existem inúmeras técnicas de esterilização. Na indústria os processos mais utilizados são a esterilização por vapor (autoclave), óxido de etileno e radiação ionizante. Esses dois últimos são utilizados em materiais que não suportam altas temperaturas, o que acontece na esterilização por calor húmido. (Silva, nd)

Os alimentos são expostos a uma temperatura suficientemente elevada (superior a 100°C) durante um maior período de tempo para torná-los comercialmente estéreis.

O processo de calor emitido é projetado para matar microrganismos, o que no caso de alimentos com embalagem fechada a vácuo, hermética e mantida a temperatura, vai limitar o crescimento de outros microrganismos, especialmente os termófilos.

A presença de vácuo geralmente impede o crescimento da maioria dos microrganismos aeróbicos. Se a temperatura de armazenamento do produto for abaixo de 25 ° C, os termófilos resistentes ao calor representam pouco ou até mesmo nenhum problema.

O microrganismo mais importante para alimentos de baixa acidez (pH 4,5) o *C.botulinum*, um agente patogénico anaeróbico, formador de esporos resistentes ao calor. Se este sobreviver ao processamento pode, potencialmente, crescer e produzir a toxina do botulismo mortal.

O *C. botulinum* e a maior parte dos formadores de esporos não crescem ou produzem a toxina a pH<4,5 (ácido). O critério para a transformação térmica destes alimentos é a destruição de microrganismos vegetativos resistentes ao calor ou enzimas.

Os formadores de esporos geralmente têm alta resistência ao calor.

Os alimentos de baixa acidez que suportam o seu crescimento são processadas a temperaturas elevadas (115-125 ° C), enquanto os alimentos ácidos podem ser processados a 100°C (ou inferior) para a inativação de enzimas adequadas ou destruição das células vegetativas (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

A tabela 5 mostra a resistência térmica das bactérias mais relevantes para a esterilização.

Tabela 5: Resistência Térmica de Bactérias para Esterilização (Ramaswamy e Marcotte, 2006).

Microorganism	D121.1 Value (min)	z Value (°C)
<i>B. stearothermophilus</i>	4.0–5.0	7.8–12.2
<i>B. subtilis</i>	0.5–0.8	7.8–12.2
<i>C. nigrificans</i>	2.0–3.0	8.9–12.2
<i>C. sporogenes</i> (PA 3679)	0.1–1.5	7.8–10.0
<i>C. botulinum</i> (type A, B)	0.1–0.2	7.8–10.0
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	3.0–4.0	8.9–12.2

### 2.3.4. Permutadores de calor

As indústrias de processos em geral, e as indústrias de processos químicos em particular, necessitam de quantidades significativas de energia, usualmente na forma de calor. O calor é requerido em diversos equipamentos e este é obtido através da queima de combustíveis, originando um fluido térmico, usualmente vapor de água. Os combustíveis são sempre utilizados para aquecer água em caldeiras originando o vapor de água. Este vai assim, aquecer o produto nos permutadores de calor.

É essencial que nas indústrias de processos exista uma Área de Utilidades da Fábrica, onde se inclui uma caldeira de produção de vapor através da queima de um combustível adequado. O vapor é transportado pela unidade fabril para os equipamentos

onde é necessário, e nestes é transferido por recurso a equipamentos ou acessórios específicos de permuta de calor.

A classificação dos permutadores de calor pode ser feita com base em diferentes critérios: o tipo de construção; mudança de fase do fluido de processo; sentido relativo de circulação dos fluidos de processo e térmico.

Quanto ao tipo de construção, os permutadores podem ser de tubos concêntricos, permutadores de caixa e tubos, permutadores de placas e permutadores regenerativos. Existem ainda outros tipos, mas os referidos são os mais comuns, destacando-se entre estes os permutadores de caixa e tubos. Pode ainda ser considerada uma forma alternativa de classificação quanto ao tipo de construção, tendo por base a mistura entre os fluidos térmicos e de processo: nos permutadores “fechados” não existe mistura entre os fluidos que circulam em diferentes compartimentos (caixa e tubos, placas, tubos concêntricos); nos permutadores “abertos” verifica-se uma mistura completa entre os fluidos, a permuta de calor é directa e a composição da corrente de processo é alterada, pelo que este tipo de equipamento não é normalmente considerado um permutador de calor; nos “regeneradores”, ou permutadores regenerativos, os fluidos de processo e térmico passam alternadamente pelo equipamento, podendo verificar-se alguma mistura entre eles (Mateus, 2009).

De seguida procede-se à descrição, mais especificamente, de permutadores de tubos, permutadores de placas, permutadores em túnel e autoclaves.

#### **2.3.4.1. Permutadores de tubos**

São geralmente construídos com tubos circulares, existindo uma variação de acordo com o fabricante. São usados para aplicações de transferência de calor líquido/líquido (uma ou duas fases). Este trabalham de maneira óptima em aplicações de transferência de calor gás/gás, principalmente quando pressões e/ou temperaturas operacionais são muito altas onde nenhum outro tipo de permutador pode operar. Estes permutadores podem ser classificados como caixa e tubo, tubo duplo e de espiral (Faria et al., 2008).

Os permutadores de tubos são preferencialmente utilizados em produtos pastosos, como é o caso da polpa de tomate.

### **2.3.4.2. Permutadores de placas**

Os permutadores de placas são equipamentos compactos. O seu custo face aos permutadores de caixa e tubos depende principalmente do tipo de material usado. Tem algumas vantagens, como é o caso de serem fáceis de limpar (a estrutura pode ser desmontada), de apresentarem mais flexibilidade tanto ao nível de projecto inicial como ao nível de projecto de modificação, pois é possível aumentar ou diminuir a área de transferência de calor procedendo-se ao acréscimo ou à remoção de placas. Por outro lado têm algumas desvantagens, como problemas de estanquicidade, principalmente na presença de fluidos gasosos, e a verificação de queda elevada de pressão ao longo do equipamento, não sendo adequado por essas razões à utilização como evaporador ou condensador, e à utilização com fluidos viscosos ou com sólidos em suspensão (Mateus, 2009).

### **2.3.4.3. Túneis**

O pasteurizador tipo túnel possui esguichos de água no seu interior, por onde vai passar o produto. Este pasteurizador tem diversas zonas a diferentes temperaturas fazendo com que o produto passe por um processo de pasteurização e arrefecimento, passando assim por um acréscimo e por um gradual decréscimo de temperaturas.

Este conceito permitiu a pasteurização em grande escala, tornando-se este equipamento num modelo dominante no mundo. O seu sucesso é evidenciado até hoje pois o conceito básico permanece o mesmo nas máquinas mais modernas (Fontana, 2009).

### **2.3.4.4. Autoclaves**

A autoclave é um aparelho muito utilizado em laboratórios para a esterilização de materiais. O processo de autoclavagem consiste em manter o material contaminado em contacto com um vapor de água a uma temperatura elevada, por um período de tempo suficiente para matar todos os microrganismos.

A autoclave é formada por um cilindro metálico resistente, vertical ou horizontal, onde geralmente fica a resistência que aquecerá a água. Possui uma tampa que permite fechá-la hermeticamente. Em cima da tampa estão as válvulas de segurança e de ar. Apresenta também uma chave de comando para controlar temperatura e um registo indicador de temperatura e pressão (Silva, nd).

### 3. Descrição do trabalho

#### 3.1. Produção dos derivados de tomate

Descrição do processo de fabrico de polpa de tomate na Fábrica de Almeirim:

O processo produtivo de polpa de tomate baseia-se em 6 fases principais (fig.8): a abertura das polpas/concentrados, a formulação, a pasteurização, o enchimento, a pasteurização em túnel e arrefecimento, a paletização e a armazenagem. O fluxograma completo do processo encontra-se no anexo A.

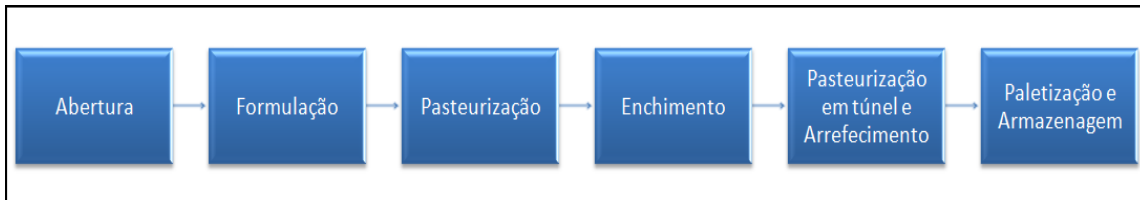


Figura 8: Principais fases do processo.

Antes da abertura dos bidons, que contêm o concentrado da polpa, estes são lavados, exteriormente e as tampas secas. Após a abertura são verificadas as características organoléticas do produto. Depois da fase de abertura o concentrado é transferido para os depósitos de formulação com ajuda de água e com agitação.

De seguida são adicionados os ingredientes no depósito onde é feita a formulação do produto (fig.9). Após a agitação, é enviada uma amostra ao controlo de qualidade para verificação das características.



Figura 9: Tanques de Formulação

No pré-aquecimento é feito o aquecimento da carga, num permutador tubular à temperatura específica no anexo B.

De seguida, o produto passa por um processo de desarejamento onde é retirado o oxigénio presente no produto para evitar processos de oxidação. Depois passa para o homogeneizador para o produto conseguir uma maior uniformidade de textura.

Na 3ª fase ocorre a pasteurização do produto num permutador de calor. O produto é submetido a uma alta temperatura durante um curto período de tempo também chamado tempo de  *Holding* . Neste período cumpre-se o processo de pasteurização do produto (de acordo com as especificações presentes no anexo B).

Após a pasteurização efectua-se o enchimento e capsulagem (fig.10) das respectivas embalagens, neste caso garrafas de vidro de 0.5L e 1 L, que são despaletizadas e enxaguadas (fig.11) com água quente que ronda os 50°C para remover partículas sólidas. (de acordo com as especificações presentes no anexo B).



Figura10: Capsuladora



Figura11: Enxaguadora

De seguida as embalagens com o produto entram no túnel de pasteurização (fig.12) onde vão passar por mais uma fase de pasteurização (de acordo com as especificações presentes no anexo B), passando de seguida por 3 fases de arrefecimento com diferentes temperaturas que vão decrescendo gradualmente ao longo do túnel até que saem do túnel à temperatura ambiente.

À saída do túnel o produto encontra-se à temperatura ambiente.



Figura 12: Túnel de pasteurização e arrefecimento.

A secagem das embalagens é feita após o arrefecimento, por ventilação forçada através de um ventilador, passando depois para a fase de distribuição, onde vão ser rotuladas e codificadas.

De seguida passam por um inspector de vácuo e cápsulas, onde vai ser detectada a falta de vácuo nas garrafas já embaladas e pasteurizadas, garantindo assim que a embalagem está estanque. Após o inspector de vácuo e cápsulas, dá-se a rotulagem (fig.13) seguida da formação de conjuntos que são devidamente codificados e paletizados (fig. 14 e 15).



Figura 13: Produto acabado (Sousa, nd)

O processo termina com a armazenagem e distribuição. As paletes de produto acabado são armazenadas no armazém comercial, sendo mais tarde distribuídas ao cliente final.



Figura 14: Formação de conjuntos



Figura 15: Paletização

## 4. Metodologia dos Testes

Na linha de Derivados de Tomate produz-se polpa de tomate com diferentes formulações e em diferentes formatos de embalagem (de acordo com as especificações presentes no anexo C).

Os testes foram realizados com temperaturas mais baixas que as de especificação (anexo A) tanto no pasteurizador como no túnel. Foi testado o efeito de diferentes condições de processo no produto:

- 1) Redução de temperatura no pasteurizador
- 2) Redução de temperatura no túnel
- 3) Redução de temperatura no pasteurizador e no túnel.

Os testes foram realizados em condições industriais, representativos das condições normais de produção para que o produto pudesse sair para o mercado e o seu ciclo de vida comercial pudesse ser avaliado. O planeamento de cada teste foi feito juntamente com a área de planeamento de produção para garantir o mínimo de entropia possível no plano e para minimizar desperdícios e custos associados. A cada teste foi atribuído um número de lote para correcta identificação e rastreabilidade do produto na fábrica e no mercado.

Após produção o lote de teste foi mantido em quarentena na fábrica para avaliação microbiológica e uma vez confirmados resultados conformes, o produto foi libertado para o mercado, havendo um controlo e acompanhamento mais rigoroso desse lote no sentido de detectar eventuais reclamações.

Mais especificamente, a realização dos testes começa com a preparação da linha em termos de higienização e formulação da carga do lote de teste.

Antes de se formular, é necessário garantir que o produto de teste é separado da produção anterior que foi realizada em condições normais. Depois de finalizada a formulação da carga do teste (aprox. 4000 kg) é retirada uma amostra para análise no Controlo de Qualidade para verificação do cumprimento das especificações físico-químicas e organolépticas do produto.

De seguida é feita a redução da temperatura, no pasteurizador, no túnel ou em ambos os equipamentos, e inicia-se assim a produção do teste.

Após o enchimento das primeiras embalagens, foram retiradas 3 garrafas capsuladas para arrefecimento rápido. Este procedimento foi efectuado para avaliar as condições microbiológicas do produto antes de entrar no túnel e este foi realizado em todos os testes, para haver uma comparação de resultados.

Depois é feita a monitorização da temperatura no túnel com sondas de temperatura (loggers) que vão fazer o registo da temperatura tanto no interior da garrafa como no interior do túnel. A monitorização da temperatura foi feita por mim ao longo de todo o processo em linha, colocando os loggers no início, meio e fim do processo.

Ao longo da produção foram recolhidas amostras de polpa de tomate no início, meio e fim do processo. Esta recolha teve como objectivo estudar e testar as melhores condições do mesmo, testando assim o conteúdo das primeiras garrafas.

As garrafas do início e fim do processo correspondem à pior situação que possa vir a surgir pois nestas as temperaturas do túnel são mais baixas.

Para as garrafas do meio do processo, isto não deve acontecer pois nesta altura o túnel encontra-se cheio. As garrafas que vão enchendo o túnel estão quentes influenciando o aumento da temperatura ambiente do túnel. Após esta fusão, a temperatura ambiente do túnel vai ser superior à que existia inicialmente.

Com isto, estamos a testar todas as condições possíveis, incluindo a situação mais crítica, quando o túnel atinge temperaturas mais baixas, garantindo assim que testámos todas as garrafas do processo. As quantidades de amostras recolhidas encontram-se na tabela 6.

Tabela 6: Amostras recolhidas ao longo do processo.

<b>Formato</b>	<b>0.5L</b>	<b>1L</b>
<b>1 Embalagem normal</b>	12 garrafas	6 garrafas
<b>3 Embalagens em cada fase do processo</b>	36 garrafas	18 garrafas
<b>9 Embalagens no total</b>	108 garrafas	54 garrafas

Foram realizados vários testes nos produtos A, B e C em dois formatos de embalagem diferentes (1L e 0,5L), como mostra a seguinte matriz (Tabela 7). Estes produtos encontram-se discriminados no anexo C.

Tabela 7: Matriz dos produtos utilizados para teste.

Produto	A	B	C
Pasteurizador	23-04-2014	-	-
Túnel	08-05-2014	03-06-2014 20-06-2014	29-04-2014
Past.+Túnel	02-06-2014	-	-

De referir que os produtos A, B e C representam apenas parte dos produtos fabricados nesta linha. Uma vez que a linha não labora todas as semanas, por falta de oportunidade ficaram por testar outros produtos derivados de tomate.

O primeiro teste foi realizado no produto A com redução de temperatura apenas no pasteurizador. Os testes realizados no pasteurizador envolvem mais tempo uma vez que a linha tem de ser higienizada após teste para garantir que não ficam vestígios na linha de produto pasteurizado a uma temperatura inferior para a produção normal.

O segundo teste foi realizado no produto C com redução de temperatura apenas no túnel. Após a realização destes testes no túnel não é necessário fazer uma higienização da linha.

Ambos os testes foram realizados no formato de 1 litro. Após a realização destes, os testes seguintes foram realizados em formato 0.5 litro.

O terceiro, quinto e sexto teste foram também realizados apenas com redução de temperatura no túnel, sendo que o terceiro foi realizado para o produto A enquanto o quinto e sexto teste foram realizados ambos para o produto B.

O quarto teste foi realizado no produto A com redução de temperaturas tanto no pasteurizador como no túnel.

#### 4.1. Monitorização das temperaturas

A monitorização da temperatura é feita através de loggers (fig.16). Estes são sondas que registam temperatura, em ambientes externos e internos. Estes têm aplicação em processamento de alimentos, indústria química, biotecnologia, hospitais, indústria de alta temperatura, esterilização e autoclaves, cerâmicas, e muitas outras (Labometric, nd).

Estes aparelhos suportam altas temperaturas e fazem o registo das temperaturas por onde passam sendo depois descarregadas através do programa informativo Valsuit Basic (fig.17) que transforma os registos em gráficos e calcula automaticamente as unidades de pasteurização.



Figura 16: Logger



Figura 17: Logger ligados ao computador

## 4.2. Ensaio microbiológicos

### 4.2.1. Preparação de material e utensílios

Para a realização de análises microbiológicas é necessário todo um processo de preparação de material e utensílios, cujo tratamento consiste fundamentalmente na destruição total dos microrganismos pela esterilização.

Todo o material que se destina a ser utilizado nos laboratórios de Microbiologia, necessita de tratamento especial, quer antes, quer depois da sua utilização.

Se o material já foi utilizado, a sua esterilização, que neste caso é designada por descontaminação, pretende evitar riscos que o manipulador do Laboratório Preparatório poderia correr ao lavar e preparar material fortemente contaminado.

Se o material está ainda a ser preparado para posterior utilização nos laboratórios pretende-se, com a sua esterilização, impedir que qualquer contaminação por ele transportada falseie os resultados das análises a efectuar.

i. Descontaminação do Material

O material utilizado no Laboratório de Microbiologia, é colocado em recipientes adequados e tratado em autoclave à temperatura de  $121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  durante 45 minutos. Só após esta operação, é transportado para a secção de lavagem.

As pipetas de vidro (pipetas Pasteur e/ou graduadas) e os semeadores, logo após a sua utilização, são mergulhados em recipientes contendo solutos desinfectantes fortemente concentrados. Após cerca de um dia de permanência nestes banhos, são levados para a secção de lavagem.

ii. Lavagem do Material

A necessidade de assegurar uma lavagem eficaz e perfeita do material de vidro utilizado em Microbiologia e a quantidade de material a lavar diariamente, obriga a uma organização racional deste serviço. O lugar de lavagem deve comportar pelo menos dois recipientes de lavagem e de passagem, com água quente e fria.

As pipetas têm um tratamento especial; depois de se retirar o algodão do bocal, para conseguir uma lavagem eficiente das paredes internas, mergulham-se completamente numa solução detergente que se leva a ferver durante 5 minutos em tabuleiro de inox. Em seguida, são passadas cuidadosamente por água morna e corrente até remover todo o detergente e no final são passadas por água destilada.

O restante material é colocado em tabuleiros de inox e mergulhado completamente numa solução detergente que se leva a ferver durante 5 minutos.

A lavagem é seguida de várias passagens com água corrente e finalmente por água destilada.

iii. Secagem e Preparação do Material

Após a lavagem do material, segue-se a sua completa secagem em estufa com arejamento, à temperatura de  $\pm 80^{\circ}\text{C}$ . Depois, o material seco é preparado de modo a que

após a esterilização não sofra o risco de contaminações que viriam a comprometer todo o trabalho anterior.

Para isso utilizam-se diversos processos como, por exemplo, a aplicação de rolhas de algodão cardado envoltas ou não em gaze e a protecção com papel de alumínio. É necessário não esquecer que tanto este papel, como o algodão têm que ter uma qualidade que lhes permite serem submetidos às temperaturas de esterilização sem que sofram alterações indesejáveis.

a. Preparação do material para esterilização após a secagem

- Placas de Petri de vidro: São colocadas em grupos de três e embrulhadas em papel de alumínio.
- Tubos de ensaio: São fechados com uma rolha de algodão.
- Pinças, Bisturis, Tesouras, Alicates, entre outros: São embrulhados em papel de alumínio e identificadas.
- Frascos de “boca” estreita com tampas de plástico: São fechados com rolha de algodão cardado.
- Tampas de plástico ou de borracha: São embrulhadas em papel de alumínio e esterilizadas em autoclave 15 minutos a  $121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .
- Pipetas: Na extremidade das pipetas são colocadas pequenas porções de algodão para isolar o seu interior e assim evitar uma possível aspiração da solução pelo operador. As pipetas são embrulhadas em papel de alumínio individualmente ou em grupos de 10 e identificadas com a capacidade das mesmas, na parte superior do papel de alumínio que corresponde ao bocal da pipeta.
- Semeadores: São embrulhados em papel de alumínio.

iv. Esterilização do Material

Todo o material à excepção daquele que possui componentes de fraca resistência ao calor seco, é esterilizado na estufa a  $160^{\circ}\text{C}$  durante uma hora.

O material a que se refere a excepção indicada (por exemplo: borrachas ou material plástico) é esterilizado em autoclave durante 15 minutos a  $121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.2.2. Meios de Cultura**

A composição e preparação dos meios de cultura encontra-se no anexo D.

#### **4.2.3. Diluição de amostras para ensaios microbiológicos**

Para a realização da análise das amostras, é muitas vezes necessário fazer uma diluição da amostra para se conseguir um resultado mensurável. Os aparelhos e utensílios utilizados, a técnica e contabilização de resultados encontram-se no anexo E.

#### **4.2.4. Contagem de teores totais**

Esta análise baseia-se na contagem do número total de colónias de microrganismos, que crescem num meio de cultura sólido, Plate Count Agar (P.C.A.), após sementeira por incorporação e incubação.

Os aparelhos e utensílios, técnica de análise e leitura de resultados apresentam-se no anexo F.

#### **4.2.5. Contagem de bolores e leveduras**

Esta análise baseia-se no desenvolvimento de bolores e leveduras em meio de cultura sólido, Yeast Extract Agar (Y.G.C.), após sementeira por espalhamento em superfície e incubação.

Para este processo não foram feitas diluições.

Os aparelhos e utensílios, técnica de análise e leitura de resultados apresentam-se no anexo G.

### **4.3. Ensaio de análise sensorial**

A análise sensorial das polpas foi realizada no laboratório de análise sensorial. Para as polpas de tomate fizeram-se ensaios de envelhecimento acelerado. Este envelhecimento foi feito durante 7, 14, 21, 28 e 35 dias a 40°C. Também se faz o envelhecimento do produto a temperatura ambiente durante 6, 12, 18, 24 e 30 meses.

Para o envelhecimento acelerado a estimativa do tempo a ambiente é feita da seguinte forma:

- 7 dias a 40°C → 6 meses ambiente
- 14 dias a 40°C → 12 meses ambiente
- 21 dias a 40°C → 18 meses ambiente
- 28 dias a 40°C → 24 meses ambiente
- 35 dias a 40°C → 30 meses ambiente

## **5. Apresentação e Discussão de resultados**

Os resultados da monitorização de temperatura apresentados de seguida foram obtidos através do programa Valsuit Basic, que transforma os registos de temperatura em gráfico e calcula automaticamente as unidades de pasteurização também representadas graficamente, enquanto o produto atravessa o túnel de pasteurização e arrefecimento.

Seguidamente são apresentados os resultados microbiológicos e os resultados da análise sensorial.

### **5.1. Resultados da monitorização de temperaturas**

Para todos os testes efectuados, foram monitorizadas as temperaturas ao longo do túnel através de loggers e para se poder acompanhar todo o processo de monitorização, estes foram colocados no início, meio e fim do processo, como é mostrado de seguida. Foi feito o acompanhamento no início, meio e fim, pois no meio do processo é quando o túnel está cheio fazendo assim com que a temperatura suba, visto que as garrafas vêm quentes. Através dos loggers podemos saber qual foi a temperatura registada ao longo de todo o processo.

Para alguns dos testes não é apresentado o gráfico referente ao fim do processo, devido a alguma aceleração no final do processo, terminando antes do previsto, não sendo assim possível colocar o logger.

Visto que os gráficos apresentados de seguida mostram resultados semelhantes, optei por escolher o gráfico do meio do processo para fazer a explicação destes, sendo este o mais fiável, pois no início do processo as temperaturas podem ainda não estar devidamente reduzidas. O gráfico referente ao fim do processo também não é o mais indicado visto que nem todos os testes apresentam este resultado.

Os gráficos apresentam a temperatura no interior da garrafa (verde escuro), a temperatura no exterior da garrafa, nomeadamente na cápsula que fazia o registo da temperatura no túnel (azul escuro) e respectivas unidades de pasteurização (verde e azul fluorescente, respectivamente).

1º Teste: Início e meio do processo

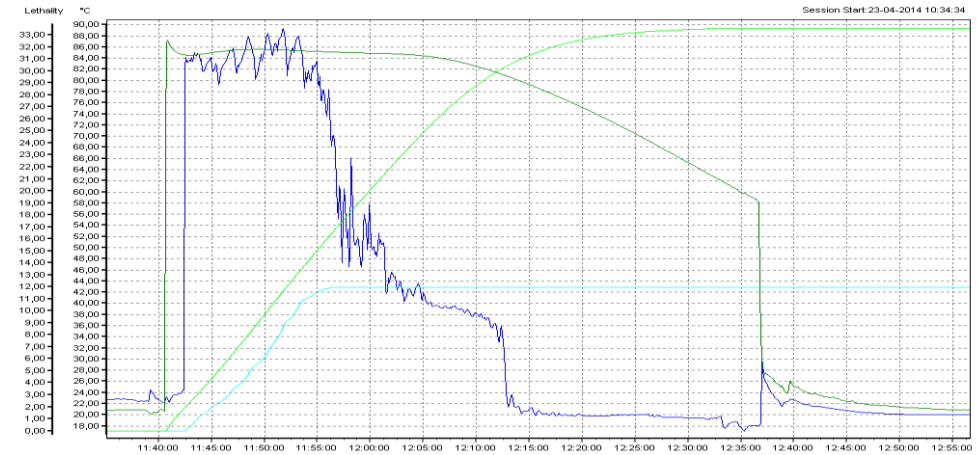


Figura 18: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do primeiro teste.

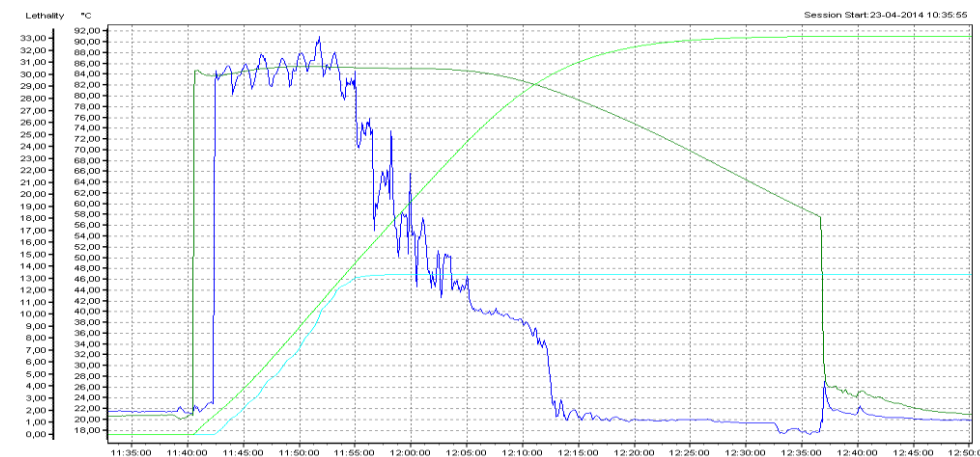


Figura 19: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do primeiro teste.

Com a realização do 1º teste e com as figuras 18 e 19 obtidas pode-se constatar pela última que na entrada há um grande aumento de temperatura em relação à temperatura ambiente, chegando logo à temperatura máxima atingida pelo túnel, neste caso os 85°C. Esta vai diminuindo ao longo do processo visto que o produto passa por uma pasteurização e arrefecimento. Em relação ao produto, este vai oscilando entre os 80 e os 90°C durante a pasteurização, passando depois por 3 fases de arrefecimento até chegar à temperatura ambiente.

As unidades de pasteurização (UP) são calculadas automaticamente através do programa informático, sendo possível observá-las através dos gráficos obtidos. Estas unidades estão representadas através de curvas a verde e azul fluorescente em todos os gráficos apresentados neste subcapítulo. Nestes gráficos podemos observar que à medida que a temperatura vai aumentando no túnel as unidades de pasteurização também vão aumentando até que permanecem constantes, portanto já foi atingida a temperatura máxima do túnel. Isto vai acontecer com todos os gráficos apresentados de seguida.

2ºTeste: Início, meio e fim do processo

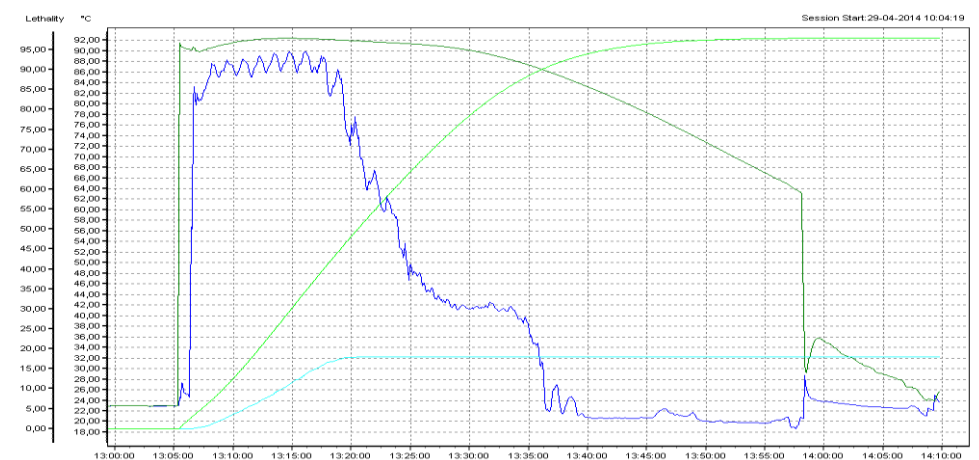


Figura 20: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do segundo teste.



Figura 21: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do segundo teste.

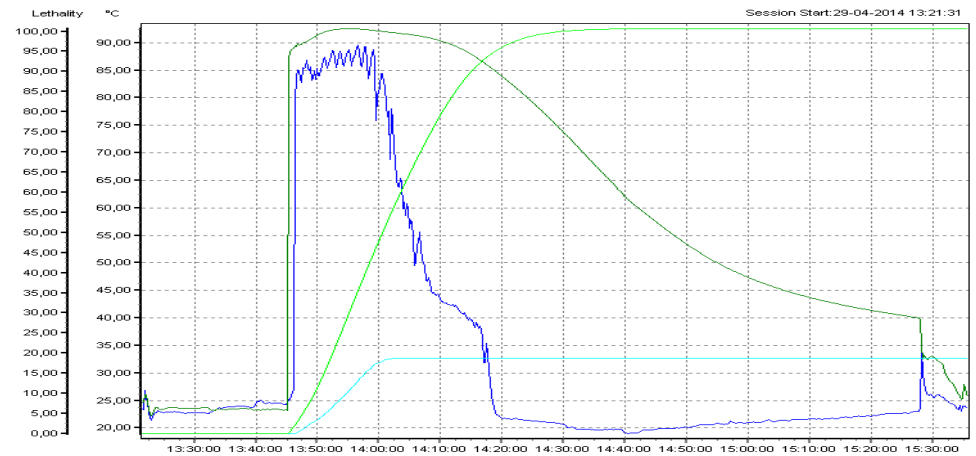


Figura 22: Registro da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do segundo teste.

Em relação ao 2º teste foram obtidas as figuras 20, 21 e 22. Em relação à figura 21 é possível constatar que o túnel não conseguiu manter uma temperatura constante oscilando entre os 74 e 82°C durante a fase de pasteurização, vindo esta depois a diminuir ao longo das fases de arrefecimento. O produto passa igualmente por uma fase de pasteurização, onde a temperatura deste oscila entre os 82 e 88°C.

Este teste não atingiu as temperaturas pretendidas. Um dos factores que pode contribuir para que este equipamento não tenha funcionado da melhor forma pode dever-se à sua antiguidade, surgindo assim alguma dificuldade em manter uma temperatura constante ocorrendo algumas oscilações. Outro factor que pode contribuir para isto são as condições do processo.

Em relação ao 3º teste onde foram obtidas as figuras 23, 24 e 25, a figura 24 é possível constatar que o túnel atingiu temperaturas superiores a 90°C nunca passando dos 92°C durante a fase de pasteurização, vindo esta depois a diminuir ao longo das fases de arrefecimento. O produto passa igualmente por uma fase de pasteurização, onde a temperatura deste oscila entre os 84 e 91°C.

Neste teste as temperaturas foram atingidas.

3ºTeste: Início, meio e fim do processo

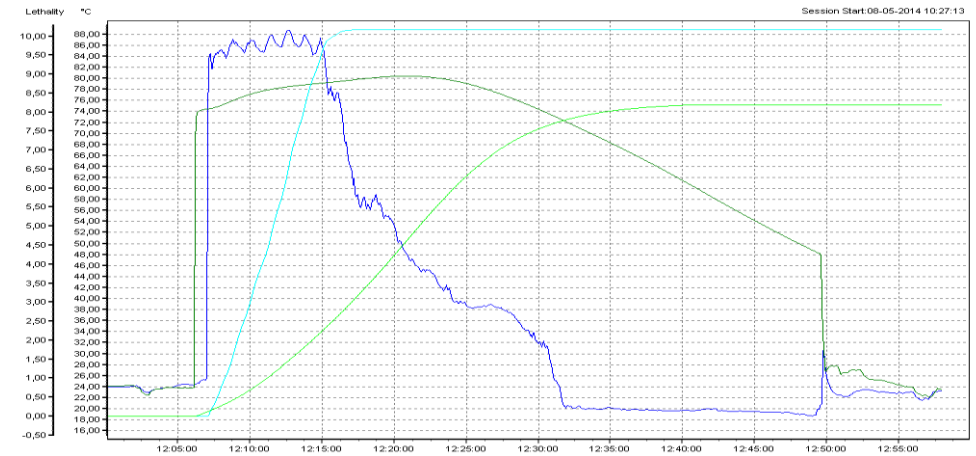


Figura 23: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do terceiro teste.



Figura 24: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do terceiro teste.

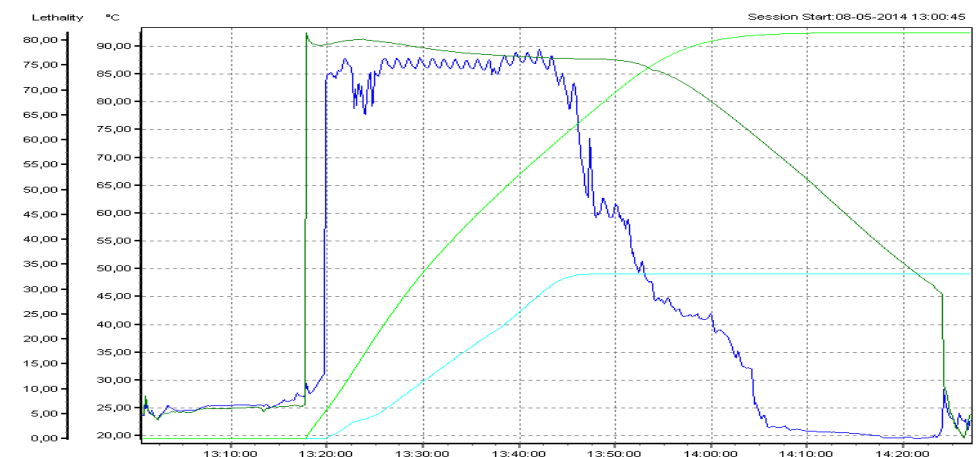


Figura 25: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do terceiro teste.

No 4º teste foram obtidas as figuras 26 e 27. Em relação à figura 27 é possível constatar que a temperatura máxima atingida pelo túnel foram os 87°C, durante a fase de pasteurização, vindo esta depois a diminuir ao longo das fases de arrefecimento. O produto passa igualmente por uma fase de pasteurização, onde a temperatura deste oscila entre o 84° e aproximadamente 90°C.

4º Teste: Início e meio do processo

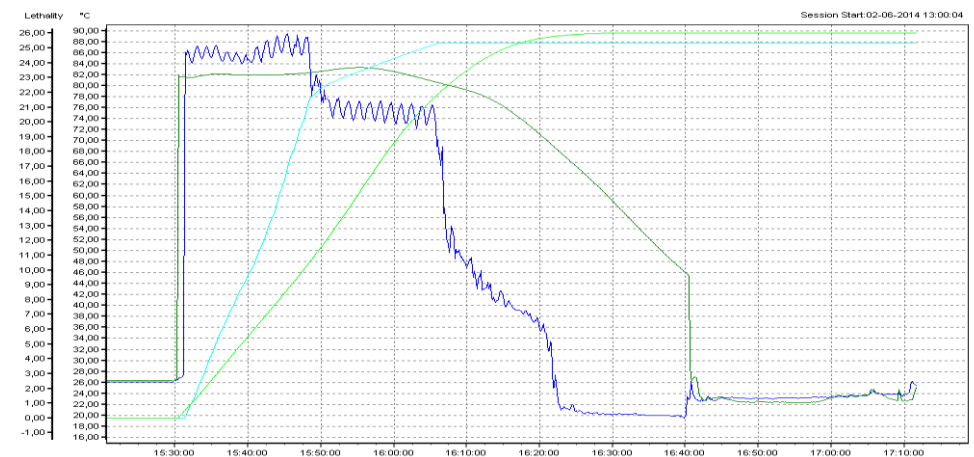


Figura 26: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do quarto teste.

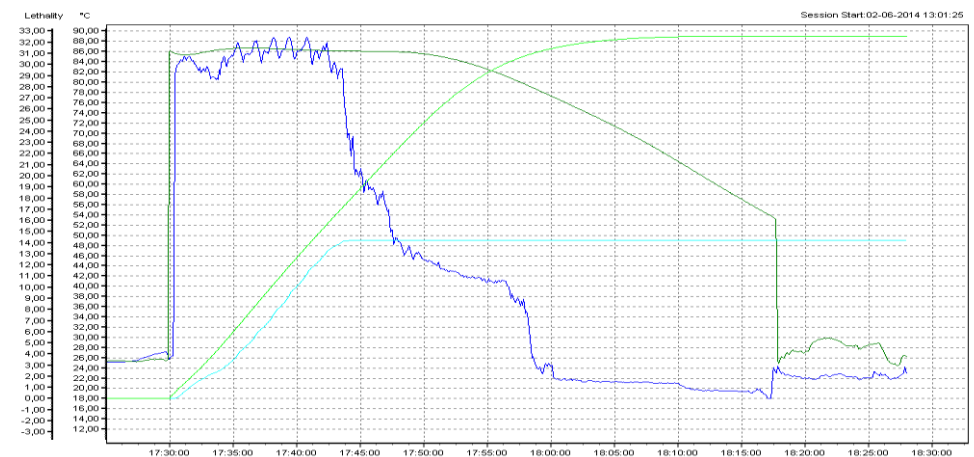


Figura 27: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do quarto teste.

No 5º teste foram obtidas as figuras 28, 29 e 30 e em relação à figura 29 é possível constatar que a temperatura máxima atingida pelo túnel foram os 84°C, durante a fase de pasteurização, vindo esta depois a diminuir ao longo das fases de arrefecimento. O produto passa igualmente por uma fase de pasteurização, onde a temperatura deste oscila entre o 84° e 90°C.

5º Teste Início, meio e fim do processo

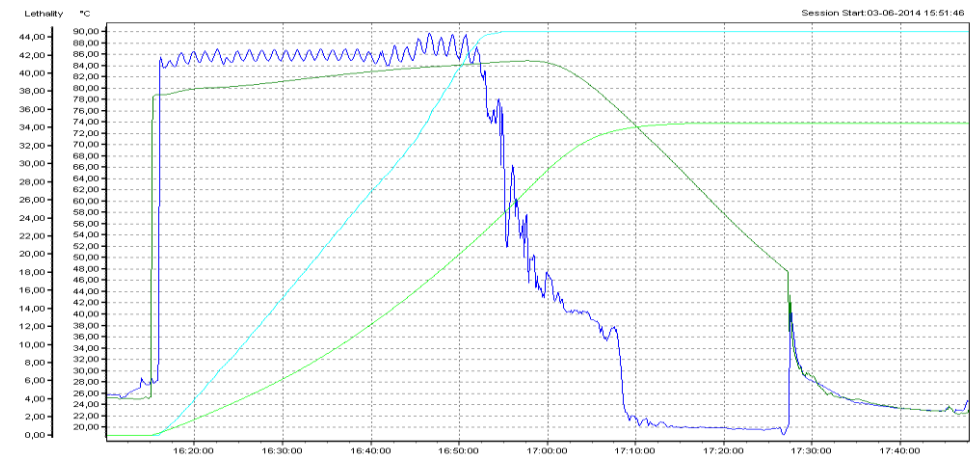


Figura 28: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do quinto teste.

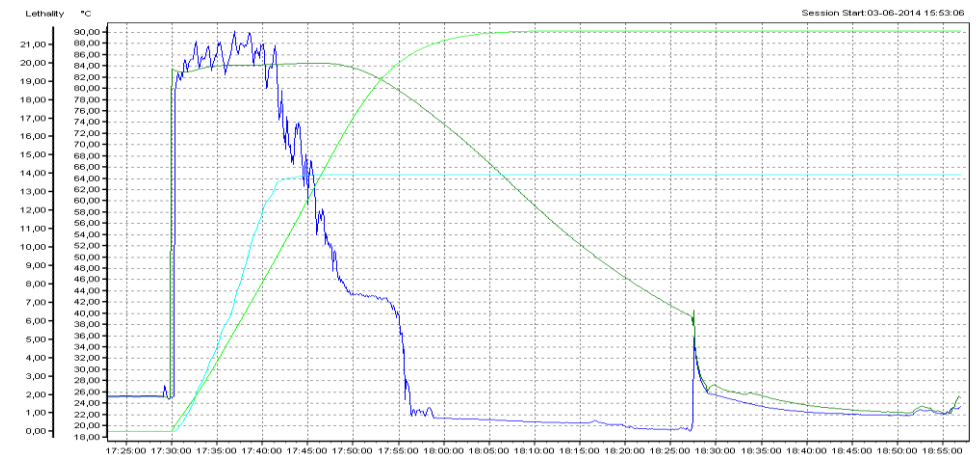


Figura 29: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do quinto teste.

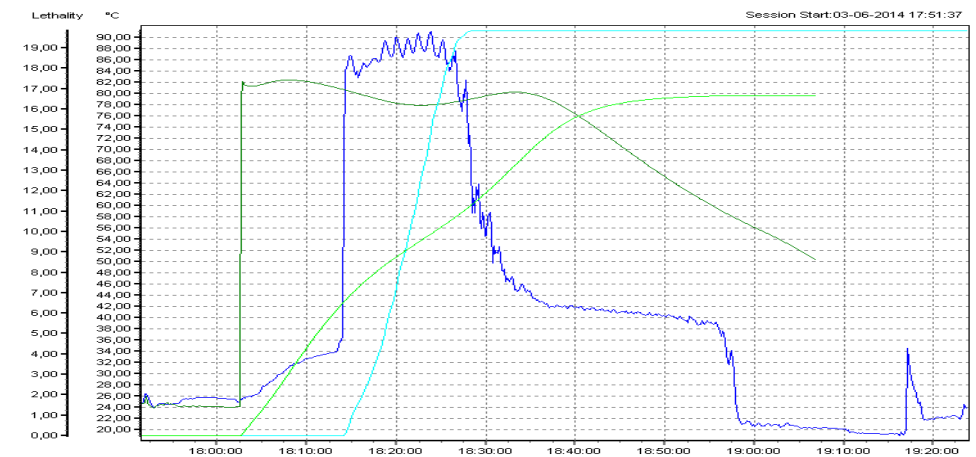


Figura 30: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do quinto teste.

No 6º teste foram obtidas as figuras 31, 32 e 33 e em relação à figura 31 é possível constatar que a temperatura máxima atingida pelo túnel foram os 85°C, durante a fase de pasteurização, vindo esta depois a diminuir ao longo das fases de arrefecimento. O produto passa igualmente por uma fase de pasteurização, onde a temperatura deste oscila entre o 82° e 91°C.

6ºTeste: Início, meio e fim do processo

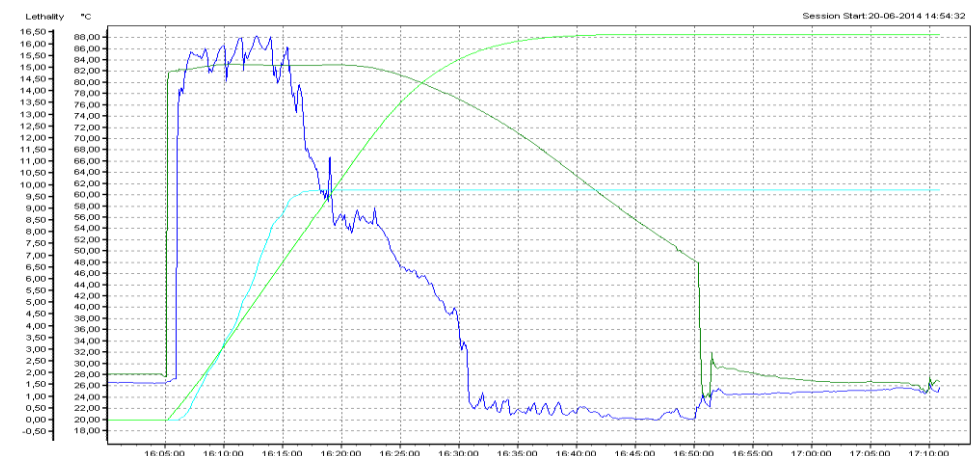


Figura 31: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o início do sexto teste.

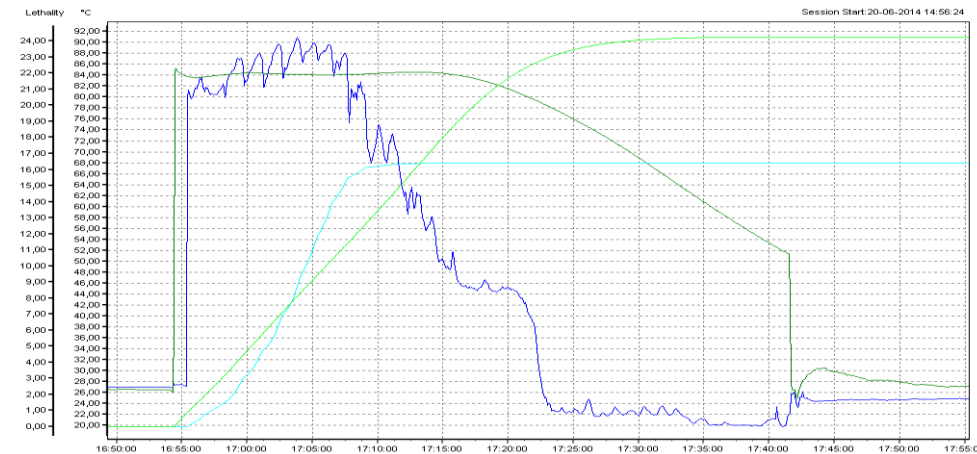


Figura 32: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o meio do sexto teste.



Figura 33: Registo da temperatura atingida ao longo do túnel durante o fim do sexto teste.

Após a observação destes gráficos é possível concluir que existem algumas oscilações de temperatura de teste para teste. Essa oscilação não coloca em causa a segurança alimentar e conformidade do produto, trata-se apenas de uma limitação por parte do equipamento por hipótese relacionada com a sua antiguidade.

As temperaturas pretendidas foram atingidas nos testes 2, 5 e 6, nos restantes a temperatura foi um pouco inferior à pretendida.

Em relação às unidades de pasteurização, estas são calculadas através da equação 5 já referida anteriormente, onde se verificam oscilações de teste para teste. Isto acontece porque cada teste tem a sua temperatura e tempo de processo, não sendo estas iguais em nenhum teste efectuado.

## 5.2. Resultados Microbiológicos

Os resultados apresentados de seguida correspondem às análises microbiológicas realizadas nas amostras recolhidas em cada teste efectuado, sob a forma de gráfico de barras. Os gráficos obtidos não apresentam escala porque são só para efeitos comparativos.

Os primeiros resultados, correspondentes à figura 34, são referentes às amostras retiradas nos depósitos de formulação e nas amostras de arrefecimento rápido dos 6 testes realizados.

Deste gráfico podemos observar que inicialmente (depósito de formulação) existe um grau de contaminação mais elevado, havendo algumas variações ao longo dos testes. Esta contaminação existe devido a factores extrínsecos ao processo, como os vários ingredientes que não são esterelizados, assim como a própria linha que também não é esterilizada antes do pasteurizador.

Em relação ao arrefecimento rápido existe um grau de contaminação muito inferior às amostras dos depósitos de formulação. Este facto deve-se ao arrefecimento rápido, sendo este efectuado após a pasteurização e enchimento do produto. Como o produto já foi sujeito a tratamento térmico, necessariamente as amostras têm que apresentar um grau de contaminação mais baixo.

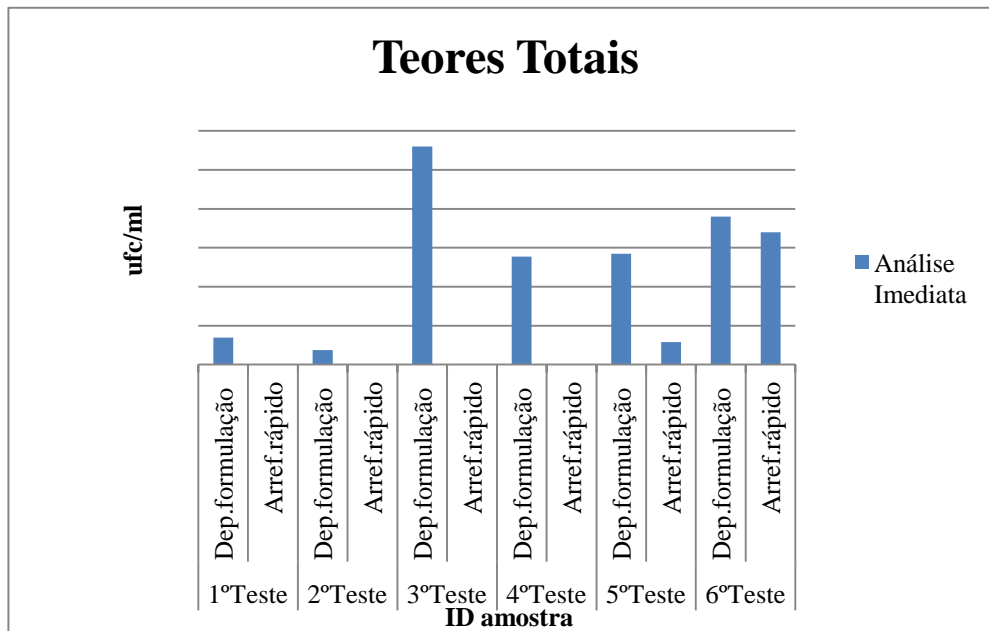


Figura 34: Resultados microbiológicos dos depósitos de formulação e arrefecimento rápido para teores totais ao longo dos testes realizados.

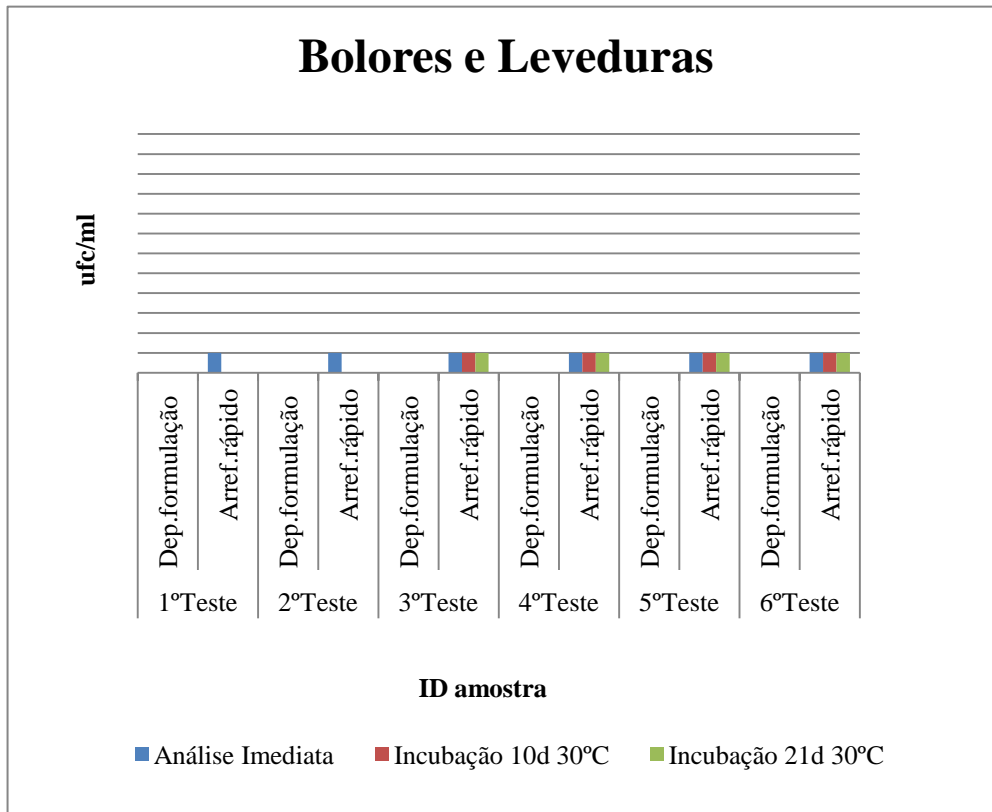


Figura 35: Resultados microbiológicos dos depósitos de formulação e arrefecimento rápido para bolores e leveduras ao longo dos testes realizados.

Como os gráficos referentes às figuras 34 e 35 só fornecem dados para comparação não são apresentadas linhas de especificação.

Cada um dos seguintes gráficos possui uma linha a vermelho que marca o limite máximo de ufc/ml definido na especificação para que se possa analisar se os resultados estão ou não dentro da especificação pretendida.

De acordo com a figura 36, referente ao 1º teste executado, podemos observar que todas as amostras estão dentro da especificação pretendida.

Para estas amostras só estão representados os resultados das análises para bolores e leveduras, visto que é nesta análise que aparecem os microrganismos que mais impacto têm na conformidade deste produto.

Para cada amostra e para todos os testes seguintes foi realizada a análise imediata, a incubação de 10 dias e a incubação dos 21 dias. As incubações foram ambas realizadas a 30°C.

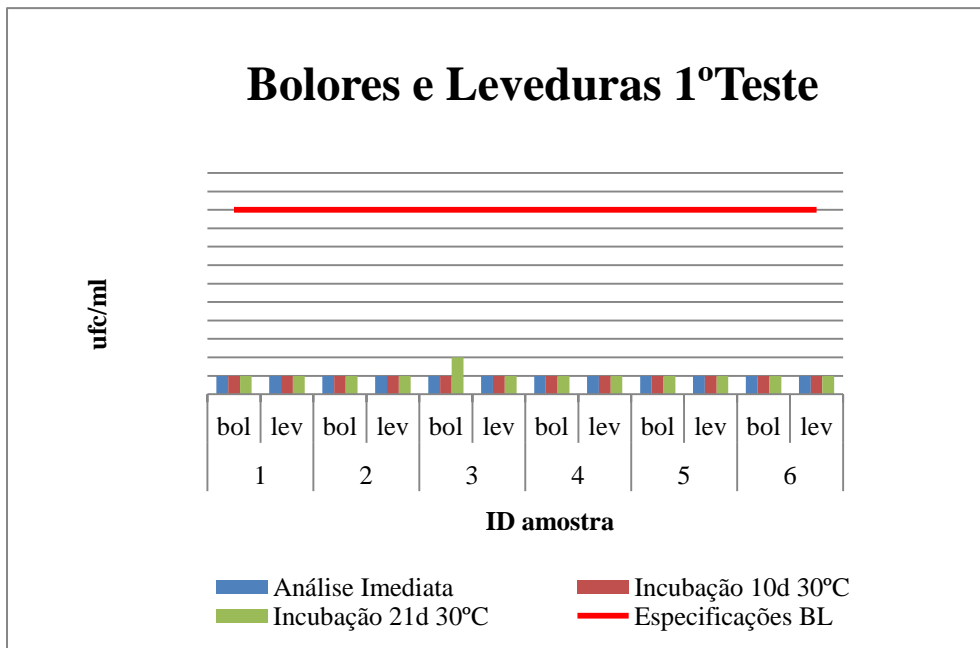


Figura 36: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 1º teste.

Para o 2º teste, houve algumas variações em termos de bolores nas incubações de 10 e 21 dias. Por histórico, considera-se que estes teores não representam uma ameaça à conformidade do produto, para além de se encontrarem todas as amostras dentro da especificação, como mostra a figura 37.

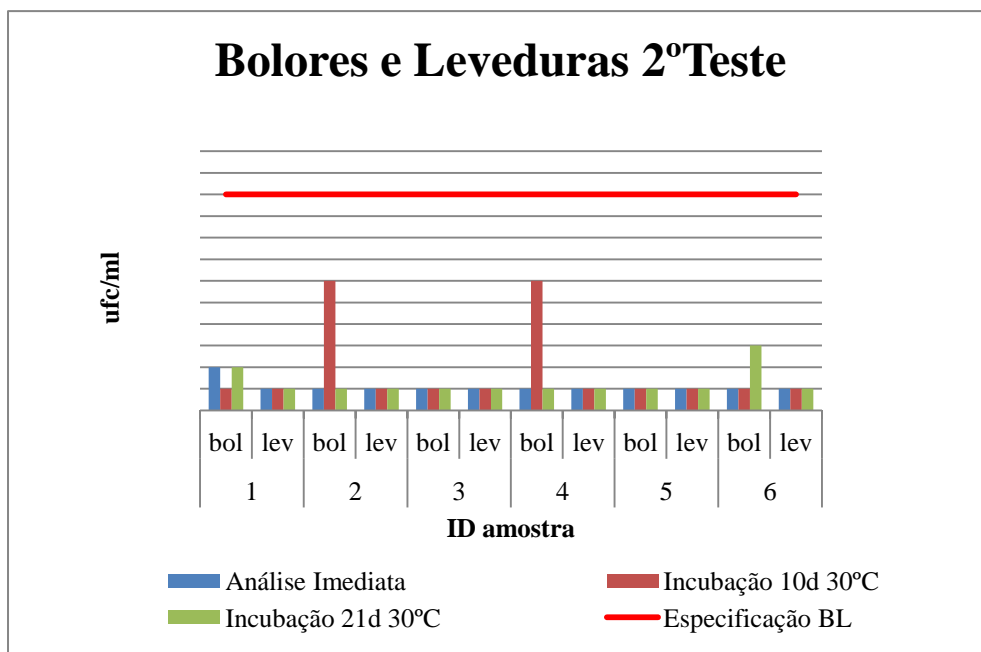


Figura 37: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 2º teste.

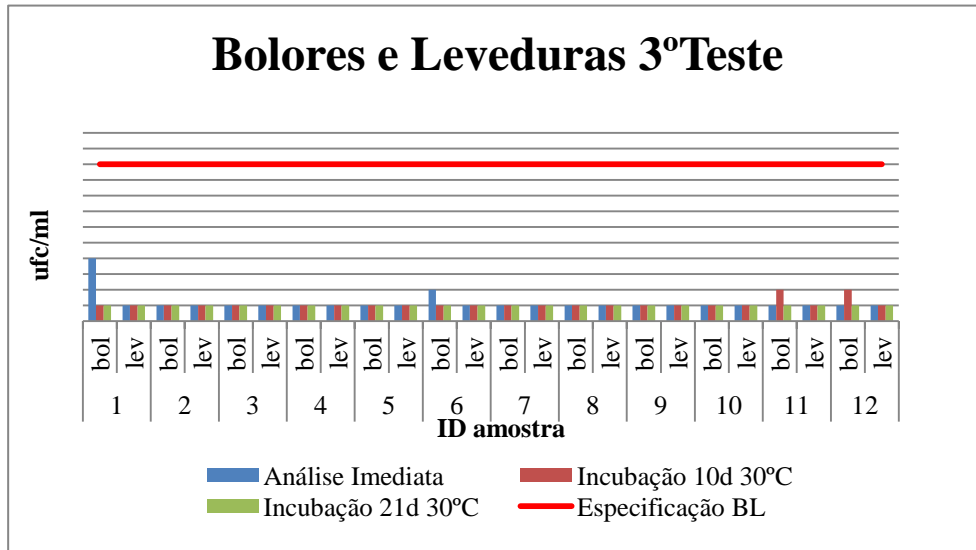


Figura 38: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 3º teste.

Em relação ao 3º teste (fig.38) podemos observar que a variação, novamente em bolores é muito baixa, não causando nenhum problema futuro visto que se encontram dentro da especificação.

No 4º, 5º e 6º teste, correspondendo às figuras 39, 40 e 41, respectivamente, também existe uma pequena variação também em termos de bolores, que juntamente com os resultados anteriores, permite concluir que não vão causar problema ao produto desenvolvido, pois estas encontram-se dentro da especificação.

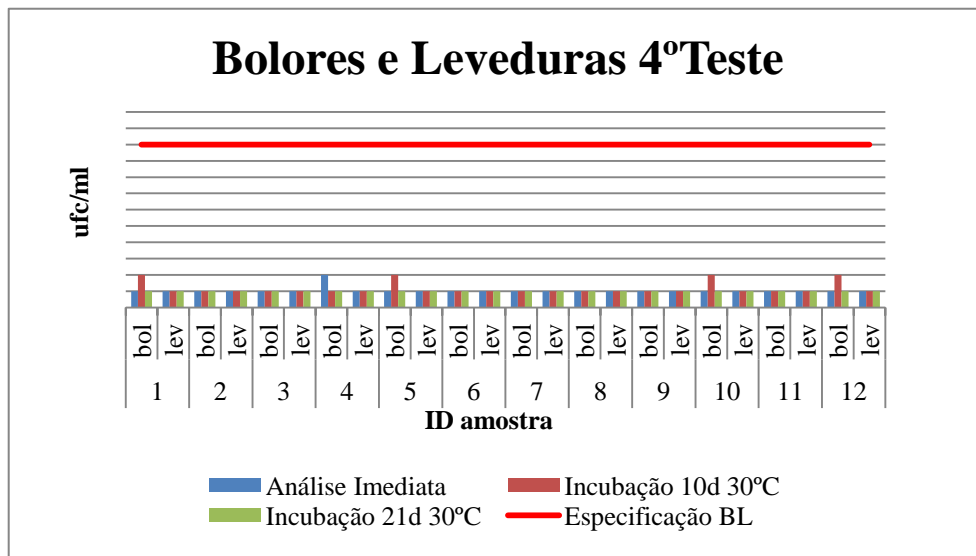


Figura 39: Resultados Microbiológicos dos Bolores e Leveduras ao longo do 4º teste.

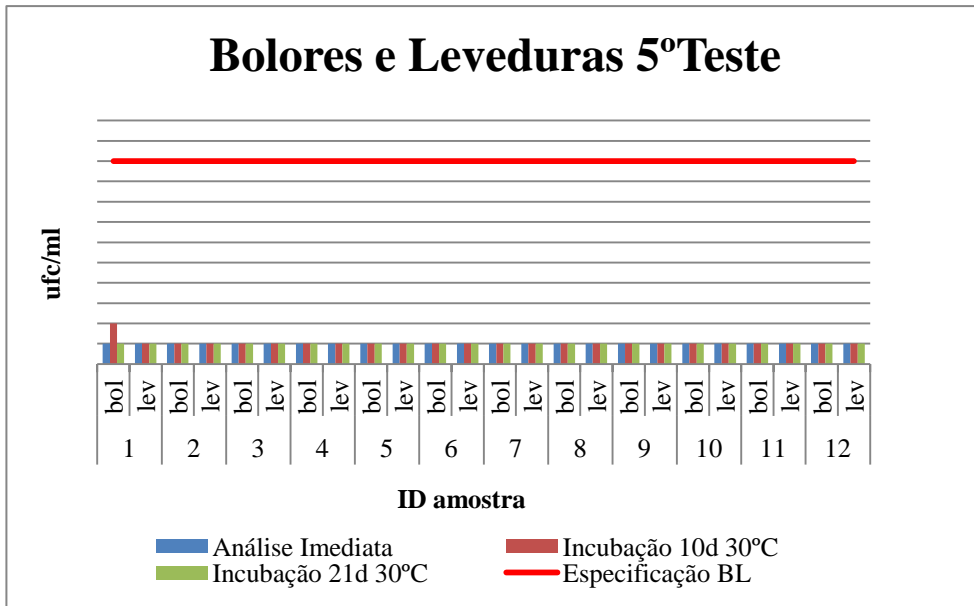


Figura 40: Resultados Microbiológicos dos Bolors e Leveduras ao longo do 5º teste.

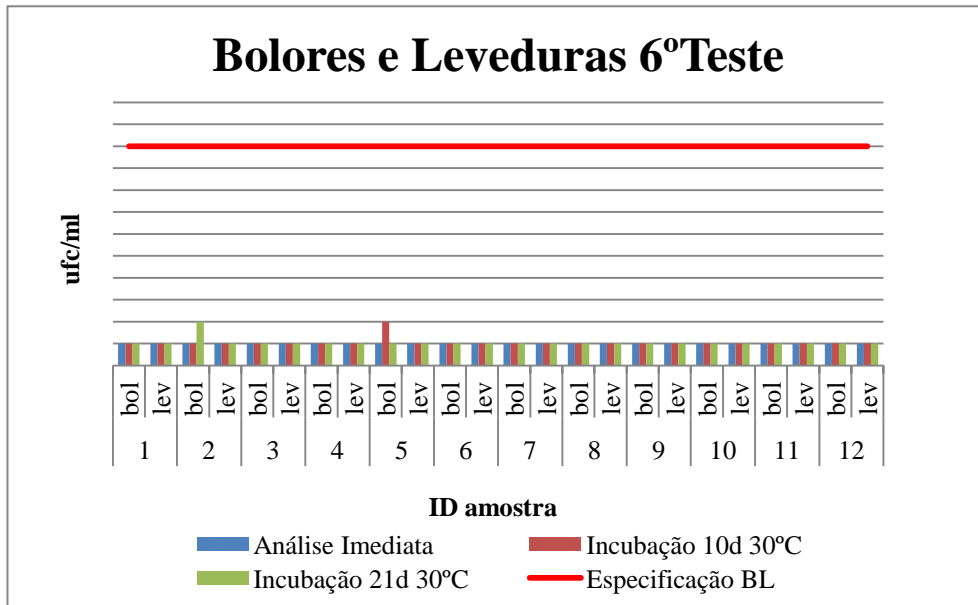


Figura 41: Resultados Microbiológicos dos Bolors e Leveduras ao longo do 6º teste.

### **5.3. Resultados Análise Sensorial**

No caso do envelhecimento acelerado não foram verificadas alterações significativas, estando tudo dentro do padrão.

No envelhecimento à temperatura ambiente apenas temos o resultado com 0 e 6 meses para o 1º e 2º teste, sem diferenças significativas quando comparados com o padrão na mesma altura. As variações existentes não são visíveis a olho nu.

Em termos sensoriais está tudo conforme o padrão.



## 6. Conclusão

A realização deste estágio curricular na unidade fabril de Almeirim da empresa Sumol+Compal Marcas S.A., no âmbito do mestrado em Tecnologia Química teve como principal objetivo estudar a “ Optimização de Condições de Pasteurização na Indústria” em Derivados de Tomate Compal.

Durante a fase inicial de integração foram alcançados os objetivos referentes à inserção e adaptação ao ambiente empresarial Sumol+Compal.

Em relação ao estudo efectuado, os testes desenvolvidos revelaram que as temperaturas que foram testadas poderão vir a ter aplicação prática, pois todos os resultados microbiológicos obtidos estão dentro da especificação implementada pela empresa, não representando assim um problema para a conformidade do produto.

Conclui-se também que a nível sensorial o produto encontra-se bastante próximo do padrão, pelo que, apesar de não se ter detectado uma melhoria das características organolépticas do produto, a alteração também não representará um problema para o produto.

No entanto, é necessário a realização de mais testes noutras formulações de produtos que ainda não foram testados, para se poderem tirar conclusões quanto à implementação de novas temperaturas em todos os produtos.

A redução da temperatura de pasteurização irá também implicar uma redução do consumo de vapor e também na redução do consumo de água de arrefecimento, o que representa um benefício económico para a empresa e um benefício para o ambiente.



## 7. Bibliografia

- Andress, E. L., Harrison, A., Preserving Food: Canning Tomatoes and Tomato Products, Georgia, 2013.
- Berselli, G., Influência da Flash-Pasteurização na Coloração e Análise Sensorial de Vinhos Tintos, Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia, Bento Gonçalves, 2011.
- Carvalho, J. L., Pagliuca, L.G., Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente, Hortifruti Brasil, 2007.
- Cook, M. S., Nove razões surpreendentes para comer tomate, <http://medicina-tradicional-chinesa.com/2013/06/20/9-razoes-surpreendentes-para-comer-tomate/> (acesso em Outubro 2014).
- Faria, C. T., Ferlin, A. S., Martins, A. M., Beneduzzi A. H., Paschoal, E. F., Neto, V. G., Barbosa, I. S., Woiski, E. R., Cremone, L. F., Fachini, J. H. G., Proposição de um Parâmetro de Projecto para Trocadores de Calor com Escoamento Cruzado ao Redor de um Feixe de Tubos, Ilha Solteira, 2008.
- Fontana D., Elaboração de um Modelo para o Controle do Processo de pasteurização em Cerveja Envasada, Dissertação para Obtenção de Título de Mestre em Engenharia, Porto Alegre, 2009.
- Labometric, Registradores de Dados Inalâmbricos: Data Logger, [http://www.labometric.com/prt/descript\\_prod.asp?codf=36&nomeF=Data+Logger&langS=esp](http://www.labometric.com/prt/descript_prod.asp?codf=36&nomeF=Data+Logger&langS=esp) (acesso em Outubro 2014).
- Mateus, D., Fundamentos de Transferência de Calor, Pinho, H., Equipamentos de Transferência de Calor, Instituto Politécnico de Tomar, Tomar, 2009.

Momm, L., Processo de Produção de Molho de Tomate Tradicional, Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Planejamento e Projetos da Indústria II do curso de Engenharia Química, Blumenau, 2012.

Palet, J. S. C., Alterações físico-químicas e microbiológicas num produto à base de tomate embalado em doypack, ao longo do tempo de prateleira, Lisboa, 2012.

Pelzcar, M., Reid, R., Chan, E.C.S., Microbiologia, Vol. 2, McGraw-Hill, Brasil, 1981.

Pinto, A., Fragata, A., Martins, V., Processed Tomato producers: Their Organisations and Measures to Promote Quality and Environment, Oeiras, 2007.

Raab, C. A., Canning Tomatoes and Tomato Products, Oregon, 2010.

Ramaswamy, H., Marcotte, M., Food Processing: Principles Applications, Taylor & Francis Group, Northwestern, 2006.

Roca, M. G. G., Valorização do Tomate Nacional: Extração de licopeno por CO<sub>2</sub> supercrítico a partir de repiso de tomate, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar, Lisboa, 2009.

Silva, R., Como funciona uma autoclave, <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/15228/Como%20funciona%20uma%20autoclave.pdf?sequence=2> (acesso em Outubro de 2014).

Sganzerla, M., Análise das Etapas de Produção de Conservas de Tomate Seco Produzidas em uma Agroindústria Local, Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos Rio Grande do Sul, 2010.

Sousa, A., Parceria com Compal da Horta, <http://narwencuisine.blogspot.pt/2014/06/parceria-com-compal-da-horta-ofertas.html> (acesso Outubro 2014).

Sucupira, N.R., Xerez, A.C.P., Sousa, P.H.M., Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos, Ceará, 2012.

Wiley, J.M., Sherwood, L.M. e Woolverton, C.J., Prescott, Harley, and Klein's Microbiology, 7<sup>a</sup> ed., McGraw-Hill International Edition, USA, 2008.



## **8. Anexos**

Os anexos apresentados de seguida contêm informações confidenciais da empresa que não devem ser divulgados para o exterior.