



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

# EFEITO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DOS QUEIJOS PAIVA

Renata Cristina Fernandes Macedo

2018



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

EFEITO DAS CARATERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS NO COMPORTAMENTO  
REOLÓGICO DOS QUEIJOS PAIVA

EFFECT OF PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS ON THE  
RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF PAIVA CHEESES

Tese apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica  
Portuguesa para a obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia e Inovação

Renata Cristina Fernandes Macedo

**Local:** Lacticínios do Paiva e Escola Superior de Biotecnologia

**Orientação:** Engenheira Susana Barros

**Tutor:** Professora Doutora Ana Gomes, Escola Superior de Biotecnologia – Universidade Católica Portuguesa

2018

## Resumo

A transformação do leite em outros alimentos, como é o caso do queijo, permite diversificar e melhorar a qualidade nutricional da nossa alimentação diária. A sua importância deve-se ao facto de ser um alimento altamente nutritivo, isto porque, apresenta na sua composição proteínas, gordura, sais minerais e vitaminas.

O fabrico do queijo é um processo complexo, visto que envolve várias etapas e várias modificações bioquímicas. Os principais processos de fabrico são a coagulação, o dessoramento, a salga e a cura.

Consoante os parâmetros tecnológicos atuando ao nível destas quatro fases, pode obter-se uma grande variedade de queijos.

A composição (teores de água, de proteínas, de matéria gorda, de minerais), o pH da coalhada, bem como as condições em que decorre a cura estão intimamente relacionados com a textura o sabor e o aroma do produto.

Das mais de 2000 variedades de queijos existentes, as suas características reológicas e de textura são de muita importância para a padronização da qualidade.

Este trabalho teve como objetivo estudar as características físico-químicas dos queijos “Prato Gordo” e “Barra Light” durante o processo de cura (0, 8, 15 e 21 dias) e do queijo “Fresco Meio Gordo” apenas no final do seu processo de fabrico, uma vez que este queijo não sofre cura. De cada lote determinou-se o teor de humidade e o pH (parâmetros químicos) e realizou-se um ensaio reológico e a análise da textura (parâmetros físicos).

Os resultados obtidos demonstraram que, os queijos apesar de partirem da mesma matéria-prima, o leite, são queijos que diferem entre si, pois resultam de diferentes modos de produção, originando queijos com características bastantes distintas tanto a nível das propriedades químicas como físicas.

Ao nível químico, todos os queijos apresentaram teores de humidade e pH que estavam de acordo com os valores de referência da empresa – Laticínios do Paiva.

Ao nível físico, conclui-se que no queijo “Prato Gordo” no final do processo de cura, os valores obtidos nos parâmetros da textura são maiores, à exceção dos parâmetros de dureza, coesividade e resiliência em relação ao queijo “Barra Light”.

Quanto ao queijo “Fresco Meio Gordo” registou-se uma grande variedade entre lotes. De entre os três lotes estudados, apenas um lote apresentou valores de desvio padrão inferiores, garantindo neste caso uma maior homogeneidade, comparativamente com os restantes lotes.

Verificou-se também que o tempo de cura estava fortemente correlacionado com a maioria dos parâmetros de textura dos queijos “Prato Gordo” e “Barra Light”.

Evidenciou-se ainda que tanto nos queijos maturados como nos queijos frescos a componente elástica foi superior à componente viscosa ( $G' > G''$ ) o que está correlacionado com uma estrutura sólida relativamente forte.

**Palavras-Chave:** Queijos, Características Químicas, Reologia, Textura, Cura.

## **Abstract**

Transformation of milk into another foods, for example in cheese, allows to diversify and improve the nutritional quality of our everyday food habits. Its importance it's due to the fact that milk is a highly nutritional aliment, that's because on its composition it has proteins, fat, mineral salts and vitamins. Cheese production it's a very complex process, due to the various phases and biochemical changes that occurs throughout the process.

The main production processes are, coagulation, desorption, salting and curing. According to the technological parameters acting at the level of these four phases we can a large variety of different cheeses.

The composition (water, protein, fat and minerals percentages), pH of the curd, as well as the conditions that the curing occurs are deeply related with the texture, flavor and aroma of the product. Of the more than two thousand varieties of cheeses, their rheological and texture properties are extremely important to the quality standardization.

The objective of this work was to study the chemical and physical characteristics of the "Prato Gordo" and "Barra Light" cheeses during the ripening process (0, 8, 15 and 21 days) and of "Fresco Meio Gordo" cheese only at the end of its manufacturing process, only because these cheese are not ripened. Cheeses from each batch were monitored for their moisture content and pH (chemical parameters) and rheological and texture analyses (physical parameters) were performed.

The results showed that the cheeses, despite starting from the same raw material - milk, differed from each other, since they resulted from different modes of production, giving rise to cheeses with quite different characteristics as far as chemical and physical properties are concerned.

At the chemical level, all cheeses presented moisture contents and pH values that were in agreement with the reference values of the company – Laticínios do Paiva.

At the physical level, it was concluded that in the "Prato Gordo" cheese at the end of the maturation process, the values obtained in the texture parameters are higher, except for the parameters of hardness, cohesiveness and resilience about of "Barra Light" cheese, the opposite has already been verified, that is, at the end of the maturation process, the lower the values obtained in these parameters.

As for "Fresco Meio Gordo" cheese a great variability is reported between batches. Among the three batches studied, only one batch presented low values of standard deviation, guaranteeing greater homogeneity compared to the remaining batches.

It was also verified that the ripening time was strongly correlated with most of the texture parameters of "Prato Gordo" cheese and "Barra Light" cheeses.

It was further evidenced that in both ripened and fresh cheeses the elastic component was superior to the viscous component ( $G' > G''$ ) which proved to have a relatively strong solid structure.

**Key words:** Cheeses, Chemical Characteristics, Rheology, Texture, Maturation.

## **Agradecimentos**

Gostaria de expressar o meu reconhecimento a várias pessoas, que das mais variadas formas tornaram possível a realização deste trabalho.

À Professora Doutora Ana Gomes, tutora de estágio, a minha gratidão pela orientação científica deste trabalho e pela sua disponibilidade.

Ao Sérgio Sousa, o meu obrigada, pelo empenho demonstrado desde o primeiro dia, pela paciência e pela colaboração nos tratamentos estatísticos utilizados no trabalho.

À Engenheira Susana Barros, orientadora da empresa Lacticínios do Paiva, e ao Engenheiro Miguel Avões por todo o apoio, disponibilidade e pela concretização deste estágio.

À Engenheira Marlene Pereira, analista no laboratório da empresa, o meu agradecimento pela sua dedicação e disponibilização dos meios para execução prática deste trabalho.

A todos os colaboradores da empresa Lacticínios do Paiva pela facilidade de integração na empresa, em especial à Dona Lurdes.

Aos meus pais, irmãos e avó pelo apoio imprescindível ao longo da minha vida e que nunca deixaram que algo me faltasse, nem que desistisse de lutar pelos meus objetivos.

Ao meu namorado Eduardo Rema, pelo apoio e encorajamento na realização deste trabalho.

Finalmente, aos meus amigos do coração, Catarina, Sara, Nuno e Pedro, por toda alegria que me têm dado.

A todos os outros que, por lapso, possam ter sido omitidos desta lista, aqui fica o meu sincero agradecimento.

## Lista de Figuras

<b>Figura 2.1</b> - Esquema de ligação entre duas submicelas por meio de fosfato de cálcio coloidal .....	4
<b>Figura 2.2</b> - Estrutura da micela de caseína no leite.....	5
<b>Figura 2.3</b> - Curva generalizada da análise do perfil da textura (TPA).....	18
<b>Figura 4.1</b> - Queijo “Prato Gordo” .....	22
<b>Figura 4.2</b> – Fluxograma do processo de fabrico do queijo “Prato Gordo” .....	23
<b>Figura 4.3</b> - Queijo “Barra Light” .....	25
<b>Figura 4.4</b> - Fluxograma do processo de fabrico do queijo “Barra Light” .....	26
<b>Figura 4.5</b> - Queijo “Fresco Meio Gordo” .....	27
<b>Figura 4.6</b> - Fluxograma do processo de fabrico do queijo “Fresco Meio Gordo” .....	28
<b>Figura 6.1</b> - Potenciômetro Microprocessor pH Meter .....	30
<b>Figura 6.2</b> - Analisador de humidade Mettler Toledo MJ33 .....	31
<b>Figura 6.3</b> - Reómetro, “Bohlin Instruments” modelo Germini Advanced Rheometer (Rotonetic drive), software versão 6.32.....	32
<b>Figura 6.4</b> - Texturómetro, “ TA. XT. Plus Texture Analyser” (Stable Micro Systems, versão 5.0.4.0) ..	33
<b>Figura 8.1</b> - Varrimentos de frequência médios do queijo “Prato Gordo” .....	37
<b>Figura 8.2</b> - Varrimentos de frequência médios do queijo “Barra Light” .....	37
<b>Figura 8.3</b> - Varrimentos de frequência médios do queijo “Fresco Meio Gordo” .....	38

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 2.1</b> - Classificação dos queijos quanto à sua consistência (Fonte: «Port. – Portaria nº73/90. 1 de Fevereiro. I Série, 27», 1990).....	13
<b>Tabela 2.2</b> - Classificação dos queijos quanto à matéria gorda (Fonte: «Port. – Portaria nº73/90. 1 de Fevereiro. I Série, 27», 1990).....	14
<b>Tabela 6.1</b> - Valores de referência da empresa (pH e %Humidade).....	32
<b>Tabela 8.1</b> – Valores médios e desvios padrão dos queijos “Prato Gordo” e “Barra Light” em cada ponto de amostragem ao longo do tempo de cura .....	34
<b>Tabela 8.2</b> – Valores médios e desvios padrão do queijo “Fresco Meio Gordo” em cada ponto de amostragem no final do processo de fabrico .....	35
<b>Tabela 8.3</b> - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros de textura para o queijo “Prato Gordo” e “Barra Light”, ao longo do tempo de cura.....	40
<b>Tabela 8.4</b> - Valores médios e os desvios padrão dos parâmetros de textura para o queijo “Fresco Meio Gordo”, no final do seu processo de fabrico .....	40

<b>Tabela 8.5</b> - Coeficientes de correlação de Pearson entre dias de cura, propriedades físicas e químicas do queijo “Prato Gordo” .....	<b>44</b>
<b>Tabela 8.6</b> - Coeficientes de correlação de Pearson entre dias de cura, propriedades físicas e químicas do queijo “Barra Light” .....	<b>46</b>
<b>Tabela 8.7</b> - Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e químicas do queijo “Fresco Meio Gordo” .....	<b>48</b>

## **Lista de Abreviaturas**

ANOVA - Analysis of variance

$A_w$  – Atividade da água

D.O.P. – Denominação de Origem Protegida

$G'$  - Módulo elástico ou conservativo

$G''$  - Módulo viscoso ou dissipativo

LVE - Linear viscoelastic

PET – Polietileno tereftalato

RSM - Metodologia de superfície de resposta

SAOS - Small amplitude oscillatory stress

TPA - Texture Profile Analysis

# Índice

Resumo.....	III
Abstract .....	V
Agradecimentos.....	VII
Lista de Figuras .....	VIII
Lista de Tabelas.....	VIII
Lista de Abreviaturas.....	X
<b>1.Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>3</b>
2.1. O Leite como matéria-prima.....	3
2.1.1. Estrutura da micela de caseína .....	4
2.1.2. Aspetos relevantes da transformação do leite em queijo .....	5
2.2. Fatores que influenciam a Cura .....	9
2.2.1. Fatores internos .....	10
2.2.2. Fatores externos.....	11
2.3. O Queijo.....	12
2.3.1. Caracterização química .....	12
2.3.2. Caracterização física.....	15
2.4. A Importância da Reologia na Indústria Alimentar .....	19
2.4.1. No Controlo da Qualidade .....	19
2.4.2. No controlo de processo de fabrico e conceção das linhas de fabrico .....	19
2.4.3. No desenvolvimento de novos produtos.....	20
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>20</b>
3.1. Gerais.....	20
3.2. Específicos.....	21
<b>4. Características Relevantes dos Queijos “Paiva” .....</b>	<b>21</b>
4.1. Queijos Tradicionais .....	21
4.2. Queijo Saúde .....	25
4.3. Queijos Frescos .....	26
4.4. Queijo Gourmet .....	29
<b>5. Obtenção das amostras .....</b>	<b>29</b>
<b>6. Determinação dos parâmetros físico-químicos dos queijos.....</b>	<b>30</b>
6.1. Medição do pH.....	30
6.2. Teor de humidade .....	31
6.3. Parâmetros viscoelásticos.....	32

6.4. Análise Textura.....	33
<b>7. Análise estatística dos dados.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Resultados e Discussão.....</b>	<b>34</b>
8.1. Análise dos parâmetros químicos .....	34
8.2. Análise dos parâmetros viscoelásticos .....	36
8.2.1. Varrimentos de Frequência.....	36
8.3. Análise do Perfil de Textura – TPA .....	38
8.4. Correlação entre os parâmetros físicos e químicos .....	43
<b>9. Considerações Finais .....</b>	<b>50</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>51</b>

# 1. Introdução

A importância da presença do leite e produtos lácteos derivados na dieta ocorre, principalmente, pelo facto de serem uma fonte de proteínas, vitaminas e de minerais essenciais à promoção do crescimento e manutenção da vida para o ser humano.

Portugal é um país de produção de queijos de excelência, tanto de vaca como de ovelha, cabra ou mistura, consequência de um território repleto de bons pastos, sendo por isso um produto de grande importância socioeconómica.

A fabricação do queijo tem por finalidade preservar a caseína acompanhada por uma fração mais ou menos importante dos outros constituintes do leite, a fim de retardar o seu consumo no tempo, de alguns dias a alguns meses ou, eventualmente, anos (Eck, 1990b).

Com um mercado cada vez mais competitivo é possível, nos dias de hoje, obter-se uma grande variedade de queijos – cerca de 2000 tipos, consoante as variações na origem do leite, nas técnicas de processamento e no tempo de cura. Estes queijos têm que possuir determinadas propriedades sensoriais que poderão ser traduzidas em termos de propriedades macroscópicas, mensuráveis instrumentalmente e que não são mais do que a expressão da composição e estrutura do material (Pato, 2002)

O queijo torna-se suscetível aos fenómenos bioquímicos e microbiológicos que afetam a qualidade, rendimento e vida útil, devido ao elevado teor de humidade, ao valor de pH e elevada manipulação durante o processo de fabrico.

A textura é no entanto, um dos atributos mais importantes na determinação da identidade do produto e na aceitação dos alimentos pelos consumidores, em particular nos queijos. É um parâmetro que é afetado pelos fatores que determinam a estrutura do queijo, como a humidade, o sal, o pH e os graus de proteólise e lipólise.

A textura da pasta, no início da cura, é determinada pela composição do leite, especialmente pela razão gordura/caseína (Bryant, et al., 1995) e pelas operações de fabrico, uma vez que controlam a extensão da sinérese (Cunha, et al., 2002) influenciando, a humidade do queijo em fresco e, desta forma, a evolução da textura ao longo da cura.

Por sua vez, as propriedades reológicas do queijo que se podem definir como tendo um comportamento viscoelástico, conferem uma importante informação estrutural para a previsão do comportamento do queijo durante as distintas etapas do processamento e relacionam-se diretamente com as propriedades texturais.

De uma forma geral, pode-se afirmar que o comportamento viscoelástico do queijo é, principalmente, influenciado pelas propriedades do componente principal que formam a fase

contínua da sua estrutura, ou seja, a proteína. Os outros constituintes maiores do queijo, como a gordura e a humidade, contribuem para este comportamento através da modificação das propriedades da rede proteica (Karami, et al., 2008).

Por forma a avaliar a qualidade do produto e garantir a sua estabilidade até ao momento de consumo, é importante conhecermos os fatores químicos e físicos que a determinam.

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação de Mestrado em Biotecnologia e Inovação vem na sequência de um estágio curricular realizado nos Lacticínios do Paiva, Lda, que teve início a 10 de Outubro de 2016 e terminou a 5 de Abril de 2017. As análises químicas foram efetuadas no laboratório dos Lacticínios do Paiva e as análises físicas no laboratório da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa.

A empresa Lacticínios do Paiva está situada na vila de Cambres, concelho de Lamego, distrito de Viseu.

Fundada no início dos anos 30 através da fusão de duas pequenas empresas, a Lacticínios de Lamego, Lda e Lacticínios da Beira, Lda é hoje uma empresa agro-alimentar portuguesa especializada em lacticínios e seus derivados.

Nos últimos anos a Empresa tem procedido a grandes e contínuos investimentos, na aquisição e modernização de todos os seus equipamento tecnológicos, bem como, nas estruturas necessárias para a realização dos processos associados ao Sistema de Gestão de Segurança Alimentar implementado de acordo com a norma ISO 22000:2005 e, o conseqüentemente recrutamento de recursos humanos especializados.

Atualmente a empresa produz e comercializa lacticínios para o mercado nacional e internacional (nomeadamente para o Brasil, Cabo Verde, Moçambique, Estados Unidos, França, Austrália) (Lacticínios do Paiva, 2011a).

Este estudo contribuiu muito positivamente para a empresa uma vez que, não existindo os equipamentos analíticos específicos nos seus laboratórios, veio colmatar uma lacuna relacionada com a necessidade de uma investigação e caracterização mais aprofundada das propriedades reológicas e texturais dos seus queijos.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. O Leite como matéria-prima

Segundo a Portaria nº 472/87 de 4 de Junho, considera-se “leite alimentar”, todo o leite cru destinado ao consumo humano de forma direta ou indireta (nos laticínios) e que seja produzido por animais saudáveis, bem alimentados, não fatigados, mantidos em bom estado de higiene.

Os animais têm a sua época de procriação apenas uma vez por ano e por isso o leite não pode ser produzido durante todo o ano. Apesar de os criadores de gado conseguirem controlar e manipular os impulsos naturais dos seus animais, através de inseminação 3 meses após o parto, as ovelhas e as cabras são mais difíceis de persuadir a acasalar fora da época do que as vacas. A acrescentar a este facto, têm um período de lactação mais curto do que as vacas, por isso há alturas em que não se pode dispor do seu leite. O tipo de animal é um fator que apenas afeta o seu sabor (Harbutt, et al., 1999).

O leite de vaca que bebemos é levemente adocicado, suave e de sabor discreto. Só pode ser utilizado na alimentação humana após a produção de colostro (i. é, três dias após o parto), decorrendo da lactação durante cerca de 300 dias (com um pico de produção na 3ª lactação). O leite puro e fresco tem cor branca, é opaco (apenas em pequenas espessuras é transparente). O leite é mais viscoso do que a água, e o seu peso específico é de 1,029-1,033 (Oliveira, 1986).

Quanto à sua composição, o leite é uma emulsão de finíssimas partículas de gordura numa solução aquosa parcialmente coloidal de albumina (caseína e lactoalbumina), glúcidos (lactose e glicose), sais minerais (contendo sódio, potássio, cálcio, etc) e vitaminas. O leite fresco reage como ácido ou como base, devido aos fosfatos alcalinos ácidos e básicos que contém. A gordura do leite está presente em forma de pequenas gotículas (emulsão); o seu peso específico é menor que o do leite, pelo que sobe à superfície quando esta se encontra em repouso (formação de nata) (Oliveira, 1986).

É constituído por 80% de caseínas – partícula esférica formada pela associação das caseínas ( $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  e  $K$ ), de alguns fragmentos peptídicos (as caseínas  $\gamma$ ), decorrentes da proteólise da caseína, e de componentes salinos, principalmente cálcio e fosfato; 19% de proteínas do soro do leite (albuminas e globulinas:  $\alpha$ -lactoalbuminas e  $\beta$ -lactoglobulinas) – polímeros proteicos de natureza essencialmente hidrofílica e que são solúveis e permanecem solúveis no soro após coagulação do leite (precipitação das caseínas) e precipitam apenas pela ação do calor e 1% de outras proteínas entre as quais enzimas – substâncias orgânicas de natureza proteica que atuam

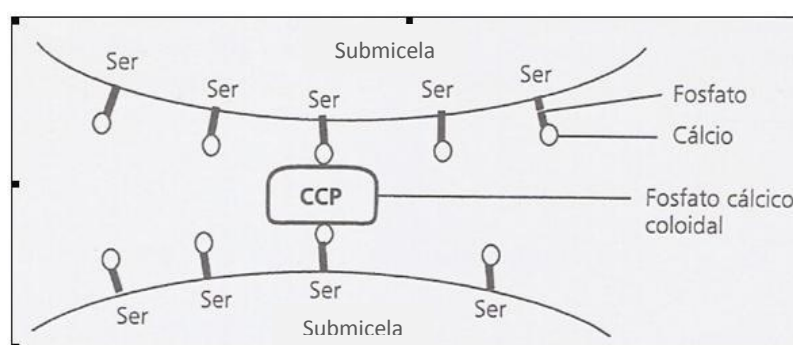
como catalisadores nas reações bioquímicas. A sua atividade depende do pH e da temperatura (Harbutt, et al., 1999).

A composição físico-química do leite não só varia de espécie para espécie mas também dentro de cada espécie, estando influenciada pelos seguintes fatores: raça, genética animal, alimentação, condições ambientais, volume de leite, estado de lactação e saúde animal (Rebelo, 1994). Todos estes fatores influenciam o fabrico e as características do queijo.

A qualidade do leite está diretamente relacionada com os rendimentos industriais (a partir dos valores de extrato seco total ou isento de gordura), os respetivos preços (que podem variar de acordo com a sua riqueza em gordura, caseína e sólidos totais, não gordos), os parâmetros de higienização (grau de impureza e acidez titulável, carga microbiana, e prova de redutase), a possível existência de substâncias ilegais (nomeadamente conservantes e adição de água), a presença de antibióticos provenientes da terapêutica veterinária (que eventualmente prejudicam o fabrico dos lacticínios fermentados), e eventuais misturas de leites de várias espécies acopladas a alterações fisiológicas e patológicas.

### 2.1.1. Estrutura da micela de caseína

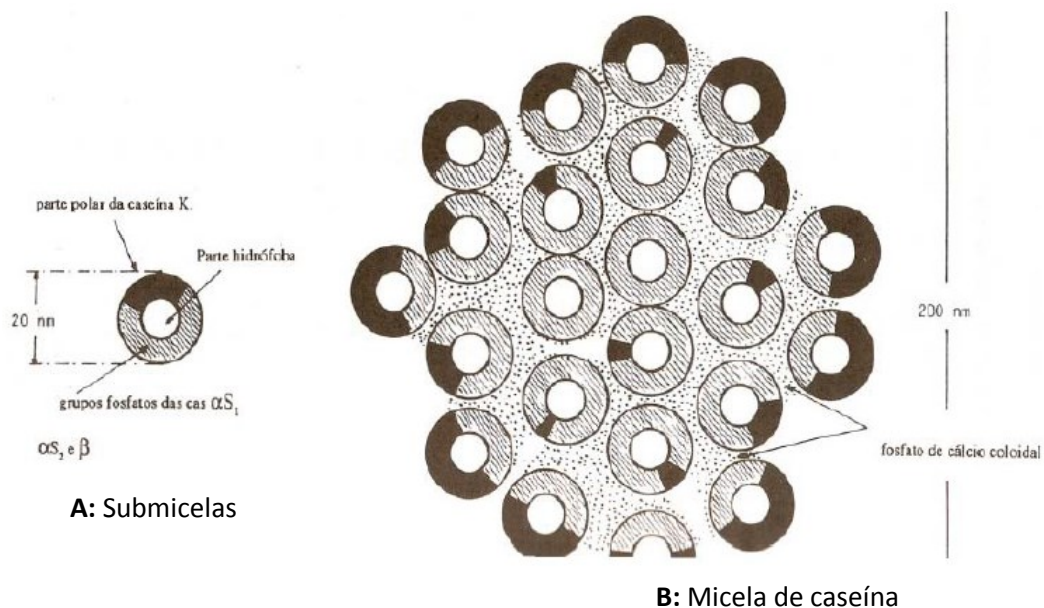
Nos modelos submicelares propostos por Schmidt (1982) e por Walstra (1990), as diferentes caseínas do leite estão integradas numa estrutura maior designada por a micela de caseína (Gomes, 2011). A micela de caseína é composta por submicelas estando ligadas entre si através do fosfato de cálcio coloidal (Figura 2.1).



**Figura 2.1-** Esquema de ligação entre duas submicelas por meio de fosfato de cálcio coloidal

As submicelas possuem uma estrutura não uniforme, isto porque, apresentam uma zona interior hidrofóbica, ocupada pelas  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$  e  $\beta$ -caseínas e uma zona externa ocupada pelas  $\kappa$ -

caseína, esta última estabiliza as micelas devido ao seu comportamento simultaneamente hidrofóbico e hidrofílico e por isso apresenta propriedades de superfície (Figura 2.2).



**Figura 2.2** - Estrutura da micela de caseína no leite

Apesar destas diferenças, há unanimidade quanto à importância da ligação fosfato de cálcio, uma vez que é esta que permite ligar as diferentes caseínas sensíveis ao cálcio (Horne, 2005). Esta agregação é favorecida pela presença de resíduos fosfoseril, situados no invólucro das submicelas, visto possuírem afinidade relativamente ao cálcio e ao fosfato de cálcio (Gomes, 2011).

### **2.1.2. Aspectos relevantes da transformação do leite em queijo**

A transformação do leite em queijo inclui, geralmente, quatro fases, designadamente: (i) a coagulação, (ii) o dessoramento, (iii) a salga, e (iv) a cura.

As duas primeiras fases do fabrico (coagulação e dessoramento) asseguram a separação e a concentração seletivas da caseína, durante as quais se forma a coalhada. Esta retém os outros constituintes insolúveis do leite, essencialmente a matéria gorda, enquanto uma parte da água e das substâncias solúveis, isto é, o soro lácteo, escorrem e drenam para fora da coalhada (Eck, 1990b).

No entanto, os mecanismos propostos na formação da coalhada vão diferir totalmente, conforme estas modificações sejam induzidas por acidificação ou pela ação de enzimas coagulantes.

Assim sendo, a coagulação ácida, coagulação pouco usada, ocorre devido à acidez, por adição de um ácido mineral ou orgânico, que conduz a uma floculação das caseínas com pH 4,6 sob a forma de um precipitado, mais ou menos granuloso, que se separa do soro láctico. Enquanto a coagulação enzimática apresenta duas fases: a fase enzimática, que corresponde à hidrólise da  $\kappa$ -caseína ao nível de uma única ligação peptídica, ligação Phe105-Met106. Esta encontra-se cortada em dois segmentos desiguais; o segmento 1-105 é a para- $\kappa$ -caseína; o segmento 106-169 é o caseinomacropéptido. A para- $\kappa$ -caseína fica integrada na micela; tem um carácter básico e hidrofóbico, e o caseinomacropéptido é libertado e passa para o soro; possui um carácter ácido e hidrofílico. A segunda fase de coagulação corresponde à formação do gel, por associação das micelas modificadas pela ação da enzima. Na coalhada enzimática o pH está próximo do pH do leite, ou seja, na faixa de 6,0 a 6,5, sendo desde o início mais firme e elástico.

As duas fases da coagulação acima referidas são apresentadas de forma sequencial, o que não corresponde totalmente à verdade, uma vez que a segunda fase pode iniciar-se sem que a primeira esteja totalmente concluída. Isto significa que, antes que a hidrólise da  $\kappa$ -caseína esteja terminada o leite pode começar a coagular. No entanto, é necessário que a primeira fase tenha início, pelo menos de modo parcial. Caso não se verifique, não ocorrerá coagulação (Remeuf, et al., 1993).

O tempo de coagulação e a firmeza do gel são parâmetros mais sensíveis a alterações do pH, por isso o controlo do mesmo é fundamental (Delacroix-Buchet, et al., 1994). O pH ideal seria 5,5; com pH mais reduzido, o tempo de coagulação é mais curto e o gel mais firme. Com valores superiores a pH 7, a coagulação não ocorre, pois a enzima fica inativa (Dalglish, 1999; Lenoir et al., 1997).

Tecnologicamente, o tempo de coagulação é portanto, o tempo que ocorre desde a adição do agente coagulante e o final de agregação das micelas, ou seja, desde o início da fase de endurecimento ao aumento de rigidez do gel.

As características da coalhada dependem não só do agente coagulante, mas também da natureza e da intensidade do trabalho mecânico, do pH em que este tem lugar e da velocidade do dessoramento.

Devido à natureza dos poros e à dinâmica de formação das cadeias, a coalhada tem tendência a contrair provocando a exsudação do líquido. Este fenómeno é conhecido por dessoramento/sinérese e depende de vários fatores como o tratamento térmico, a homogeneização do leite, a quantidade de sais como cloreto de cálcio e cloreto de sódio, a quantidade de agente coagulante, a temperatura de coagulação, o pH e o uso de práticas como o corte e lavagem da coalhada. As coalhadas no final do dessoramento possuem um pH inferior a 5,5, sendo locais de ativa fermentação láctica. Este carácter ácido da coalhada é necessário, pois atrasa a ação das enzimas e opõe-se ao desenvolvimento duma flora bacteriana prejudicial (coliformes, esporos aeróbios...); mas não deve ser pronunciado em excesso, sob pena de impedir as reações químicas e bioquímicas que estão na origem do amolecimento da pasta (Eck, 1990a).

A estabilização do substrato obtido no termo do dessoramento nunca se completa, o que permite dirigir a sua evolução durante a fase final do fabrico, a cura.

Antes da cura procede-se ainda à salga que caracteriza-se pela adição de sal dos queijos, tendo como funções: (1) completar o dessoramento do queijo, favorecendo a drenagem na fase aquosa livre da pasta; (2) modificar a hidratação das proteínas, intervindo, assim, na formação da casca; (3) dar o gosto característico e tem a propriedade de exaltar ou de mascarar a sapidez de certas substâncias que ocorrem durante a cura do queijo.

O método da salga pode ser realizado de duas formas: a seco ou em salmoura. Este último acontece na maioria dos queijos, tratando-se de uma solução salina de cloreto de sódio com uma composição típica de, por exemplo, 18-22% NaCl (m/m) e 0,5% CaCl<sub>2</sub> (m/m), sendo caracterizada por valor de pH entre 5,2 e 5,3. Deste modo, os queijos ficam imersos na solução de salmoura até adquirirem a quantidade de sal necessária e um grau ótimo de dissolução da para-κ-caseína. Neste tipo de salga, o queijo perde água, resultando na perda de peso líquido do produto (Fox, T. P. G. F., 2004; Perry, 2004).

Por último, a cura tem como objetivo essencial desenvolver no queijo, novas características físicas e químicas, que se traduzem por uma profunda modificação da sua composição e, como consequência, das suas qualidades organolépticas, digestibilidade e valor nutritivo. Existe também uma relação inversa entre a duração do período de cura e o teor de humidade do queijo, isto porque ao longo da cura o queijo vai perdendo água, por evaporação. Durante esta fase ocorrem três eventos bioquímicos: o metabolismo da lactose, o metabolismo das proteínas e o metabolismo dos lípidos, conhecidos por glicólise, proteólise e lipólise, respetivamente, que são responsáveis pelas alterações ocorridas durante a cura.

Apesar de grande parte da lactose ser removida com o soro, uma quantidade de lactose residual permanece sempre dissolvida no soro existente nos poros da matriz da coalhada.

A primeira reação que ocorre na glicólise é a conversão da lactose em lactato, por intermédio da cultura de arranque, durante a formação da coalhada ou nos primeiros estágios de cura, que conseqüentemente provoca um abaixamento do pH. Nos casos em que a glicólise não é concluída, utilizam-se bactérias lácticas que contribuem para o metabolismo da lactose (Fox, P. F., 1999; Walstra, Wouters, & Geurts, 2006).

Os compostos associados à glicólise, comparado com a proteólise, não parecem contribuir significativamente para as propriedades do queijo como a textura ou o aroma. No entanto, a redução do pH do queijo afeta a sua composição, a retenção do coagulante e do cálcio e ainda previne o crescimento de bactérias indesejáveis (Law, 1987).

A lipólise é uma das principais reações bioquímicas que tem lugar e é essencial no desenvolvimento de aromas, durante a cura dos queijos. Acontece devido à hidrólise dos lípidos que ocorre por ação de lipases naturais do leite, a lipoproteína lipase, que no estado natural, está associado principalmente à micela de caseína. A migração da enzima das micelas para o soro é favorecida pela adição de sal.

As principais características desta enzima são as seguintes: (1) atividade máxima a pH 9, mas mantêm-se com uma atividade ainda apreciável na zona do pH 5-6; (2) estabilidade máxima a pH neutro (pH 6 a 8); (3) temperatura de ação ótima dos 35-40°C; (4) inativação completa da enzima a um tratamento térmico do leite de 70°C, durante 15s; (5) grande sensibilidade à luz; (6) especificidade marcada para as ligações com ésteres primários e com triglicéridos contendo ácidos gordos de cadeia curta (Eck, 1990a).

As possibilidades de ação da enzima nas pastas de queijo dependem, em especial, das quantidades retidas na coalhada, do estado da membrana dos glóbulos de gordura e da eventual presença de ativadores (Eck, 1990a).

A maior parte dos queijos tem uma atividade lipolítica muito ligeira durante a cura. Um elevado grau de ácidos gordos livres no queijo está associado ao sabor a ranço que muitos dos consumidores conseguem detetar (Fox, 1999).

A existência no leite de uma atividade proteolítica nativa é já há muito tempo conhecida, e a mais importante no desenvolvimento do perfil de “flavour” e da textura. A reação bioquímica responsável pelas alterações sofridas na matriz proteica é a proteólise. É definida como sendo um fenómeno que acontece em queijos recentemente coagulados em que os agregados de caseína perdem a sua forma esférica devido aos acontecimentos ocorridos durante a coagulação, passando a apresentar uma estrutura fibrosa conhecida como rede proteica. À medida que a cura

avança, ocorrem processos de dissociação nas proteínas fibrosas, levando à formação de camadas com estrutura mais homogênea.

O processo proteolítico é iniciado pela conversão de caseína em grandes péptidos por proteases. As bactérias lácticas produzem peptidases, capazes de degradar os grandes péptidos em oligopéptidos menores e aminoácidos, que contribuem para o sabor doce. Além disso a conversão dos aminoácidos desencadeia a formação de compostos do flavour resultando em vários álcoois, aldeídos, ácidos, ésteres, amins e composto de enxofre (Fox P. F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., 2000; Nollet L. & Toldra, 2009; Singh T. K., Drake M.A., & K.R., 2003). Durante a proteólise, como as peptidases quebram as ligações peptídicas e os fragmentos de proteínas, ocorre uma diminuição da atividade da água ( $a_w$ ) com formação de grupos amina e carboxilo, e dá-se um aumento dos valores de pH que gera a libertação de compostos sápidos aquando a mastigação (Barrett, Rawlings, & Emmet, 2001; Sousa M. J., Ardö Y., & P.L.H., 2001).

Dependendo do tipo de coalho, da cultura bacteriana utilizada, do teor de humidade, do pH, da percentagem de sal e da temperatura de armazenamento, a intensidade de degradação das proteínas e as quantidades dos compostos resultantes são muito diferentes para os diferentes queijos (Culbertson, Duncan, Guerrero-Legarreta, & Li-Chan, 2006). Assim sendo, a textura, o sabor e o aroma do queijo estão também relacionados com a sua composição (teores de água, de proteínas, de matéria gorda, de minerais) e com o pH da coalhada, bem como das condições em que decorreu a cura.

## **2.2. Fatores que influenciam a Cura**

Conforme referido anteriormente a cura dos queijos é o resultado do trabalho das enzimas que, na sua maioria, são de origem microbiana; igualmente, todos os fatores suscetíveis de atuarem sobre o desenvolvimento dos microrganismos, sobre a produção das enzimas e sobre a atividade enzimática podem influenciar o processo de forma determinante.

Entre esses fatores, apenas irão referenciar-se aqueles em que o produtor pode intervir.

Sob o ponto de vista físico-químico, a diferenciação das pastas e as transformações que se operam por via enzimática e microbiana são condicionadas, sobretudo pelos fatores internos – atividade da água e pH.

Quanto aos fatores externos tratam-se das condições do ambiente aplicadas aos queijos durante a sua cura e ao controlo da temperatura.

### 2.2.1. Fatores internos

- A **atividade da água** é um dos parâmetros importantes para o desenvolvimento microbiano e enzimático e exerce uma influência primordial durante a cura. A redução da atividade da água retarda a atividade enzimática; aumenta a duração da fase latente dos microrganismos, diminuindo, a sua velocidade de crescimento. Certos microrganismos podem desenvolver-se em meios de baixa atividade da água, como por exemplo, as leveduras, enquanto outros, são inibidos por um leve abaixamento da atividade da água, como as bactérias coliformes. Na sequência da cura, o principal fator determinante da atividade da água é a higrometria dos locais, estando estes dois parâmetros diretamente definidos pelas pressões parciais do vapor de água do produto e do ambiente. Na prática, a cura é sempre realizada com uma higrometria inferior à saturação. Deste modo, o queijo perde sempre, e de forma, progressiva, a sua humidade, até ao equilíbrio da atividade da água de superfície com a higrometria do ambiente. Além disso, existe no queijo uma variação do teor em água da zona central, mais húmida, para a zona cortical, mais seca. As reações de ordem bioquímica que intervêm no substrato durante a cura correspondem, na sua maioria, a reações de hidrólise que fixam a água. Em consequência, conduzem a uma diminuição da água livre e, assim, da atividade da água.
- O **pH** tem também influência determinante no desenvolvimento microbiano e na atividade enzimática. As bactérias desenvolvem-se preferencialmente em substratos com carácter próximo da neutralidade, enquanto os bolores e os fermentos possuem maior afinidade com os meios ácidos. No entanto, os microrganismos mais acidófilos também podem proliferar próximo da neutralidade. A especial sensibilidade dos microrganismos ao fator pH constitui um elemento seletivo primordial da colonização do queijo pelas estirpes desejadas, bem como pelas que possuem uma origem accidental, cujo papel pode ser indesejável. Por outro lado, o pH determina a produção de enzimas pelos microrganismos, bem como a atividade dessas enzimas. Em geral, as proteases apresentam uma atividade máxima a um pH compreendido entre 5,5 e 6,5. Já as lípases, possuem um carácter basófilo mais marcado que as proteases, sendo que o seu ótimo de atividade situa-se, geralmente, entre 6,5 e 7,5. Um abaixamento do pH durante a fase inicial da cura fomenta o aumento da sinérese, devido a reajustes nas ligações proteína-proteína no gel de caseína. Por outro lado, uma diminuição

do pH na fase inicial da cura corresponde ao consumo da lactose e produção de ácido láctico que promove a expulsão do soro da coalhada, inibindo o crescimento de bactérias patogênicas e garantindo o predomínio das bactérias lácticas (quer sejam nativas quer sejam adicionadas). O aumento de pH, na fase final da cura, está relacionado com a utilização do ácido láctico com formação de produtos neutros ou alcalinos (McSweeney & Fox, 1993; Watkinson et al., 2001).

### 2.2.2. Fatores externos

- O ambiente do local de cura deve ser homogêneo, de forma que todos os queijos de um mesmo lote, seja qual for a sua posição no local, fiquem colocados nas mesmas condições. Visto que, é difícil obter uma higrometria perfeita, em todos os pontos do local, é necessário que a velocidade do ar seja fraca, e se necessário, o débito do ar seja grande. De uma forma geral, devem evitar-se as atmosferas confinadas em todos os casos de cura com microrganismos aeróbios conhecidos. Tais atmosferas tornam difícil o crescimento da flora desejável e favorecem o desenvolvimento dos microrganismos indesejáveis.
- A **temperatura**, fator fundamental no crescimento microbiano e na atividade enzimática, exerce uma influência muito marcada sobre o desenvolvimento da cura. Os microrganismos que intervêm na cura são, quase exclusivamente, mesófilos. As temperaturas ótimas para o desenvolvimento dos microrganismos situam-se nos 20-25°C, para os bolores, leveduras e micrococcos; nos 30-35°C, para as bactérias mesófilas; em 40-45°C, para as espécies termófilas. Em relação às lípases e proteases, a temperatura ótima para as respectivas atividades oscila entre 30-35°C e 40-45°C. As temperaturas de cura são muito inferiores a estes máximos; situam-se entre 5 a 20°C e, geralmente, são tanto mais baixas quanto mais húmidas são as pastas. Verifica-se também que, quanto maior a temperatura, maior a extensão da hidrólise da caseína e maiores alterações se produzem a nível da textura (Park, 2001). Convém notar, no entanto, que qualquer variação não controlada da temperatura pelo produtor e durante a distribuição aumenta os riscos de modificação da cinética da cura e das qualidades organolépticas do produto.

## **2.3. O Queijo**

Tendo em conta a Portaria nº73/90 de 1 de Fevereiro, entende-se por Queijo “o produto fresco ou curado, de consistência variável, obtido por coagulação e dessoramento do leite ou do leite total ou parcialmente desnatado, mesmo que reconstituído, e também da nata, do leitelho, bem como da mistura de alguns ou de todos estes produtos, incluindo o lactossoro, sem ou com adição de outros géneros alimentícios”.

O queijo é considerado um alimento quase completo, podendo apresentar uma digestibilidade (isto é, absorção das matérias pelo organismo) de 97-99%. É um lacticínio essencialmente constituído por caseínas, mas possui ainda água, cálcio, vitaminas, gorduras e sódio, sendo por isso um alimento muito nutritivo que contém todos os elementos do leite à exceção da lactose, que é arrastada pelo soro ao longo do seu fabrico (Oliveira, 1987).

O seu fabrico é, na sua essência, um dos aspetos que constitui, no seu conjunto, aquilo que se designa por tecnologia de fabrico, isto é, o processo de conservar os componentes do leite, visto ser um produto alimentar facilmente perecível, por períodos mais ou menos longos e de forma mais ou menos alterada ou modificada, fazendo uso do contributo de diferentes meios de conservação dos alimentos, como a acidificação, a desidratação ou a diminuição do pH (Bandeira,2010).

### **2.3.1. Caraterização química**

Os queijos contêm 10 a 30% de proteínas, consoante o seu modo de fabrico, sendo por isso os alimentos mais ricos em proteínas, em especial os queijos de pasta prensada. Estas proteínas são provenientes da alteração da caseína, em que uma parte importante (20 a 30% conforme os queijos), durante a cura, é degradada e solubilizada em oligopeptídeos e ácidos aminados, sob a influência de uma série de enzimas, diferentes conforme a microflora, o que confere ao produto final a sua textura e o seu sabor (Eck, 1990b).

Os teores em água variam entre 23-72% (consoante seja um queijo de pasta dura, ou um queijo fresco).

Nos queijos curados a quantidade final de água presente é acondicionada pela taxa e a duração da sinérese e pela compactação da estrutura da caseína. A perda de humidade, através da remoção do soro, difere conforme o tipo de queijo, sendo acompanhada por um abaixamento do pH, após a coagulação, nos processos como moldagem, prensagem e salga. (Alvarenga,

2008). Consoante o teor em humidade isento de gordura, o queijo é classificado quanto à sua consistência (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1** - Classificação dos queijos quanto à sua consistência (Fonte: «Port. – Portaria nº73/90. 1 de Fevereiro. I Série, 27», 1990)

<b>Classificação</b>	<b>Percentagem de Humidade</b>
<b>Extraduro</b>	<51%
<b>Duro</b>	De 49% a 56%
<b>Semiduro</b>	De 54% a 63%
<b>Semimole</b>	De 61% a 69%
<b>Mole</b>	> 67%

Quanto à composição em cálcio, este é um excelente constituinte do queijo. No entanto, o teor deste elemento varia em função do teor em água e do processo de fabrico. Com a adição de cálcio ao leite durante o processo de fabrico do queijo, verifica-se uma diminuição da estabilidade das micelas, o que favorece a atuação das enzimas do agente coagulante e, conseqüentemente, aumento do teor de cálcio e de fosfato de cálcio coloidal e um abaixamento do pH. Por outro lado, ocorre uma diminuição do tempo de coagulação, um aumento da firmeza do gel formado e da velocidade de agregação micelar (Lenoir et al., 1997). Em queijos de pasta prensada, verifica-se uma melhor constância dos teores em cálcio.

Tal como o cálcio do leite, o cálcio do queijo é bem assimilado pelo organismo humano, em virtude das proporções respetivas deste elemento e do fósforo que trazem e pela presença concomitante de proteínas, o que favorece a sua absorção intestinal (Eck, 1990b).

A riqueza do produto em lípidos está diretamente relacionada com o teor em vitaminas lipossolúveis, essencialmente as vitaminas A e D e, acessoriamente, a vitamina E, que pode variar de 0% em certos queijos frescos a 70% nos produtos enriquecidos com nata.

No entanto, o teor em vitaminas hidrossolúveis varia consideravelmente, consoante os queijos, o que resulta em dois fatores opostos: perdas durante a sinérese e o enriquecimento durante a cura. Deste modo, as vitaminas do grupo B são em grande parte eliminadas com o soro (só 25% ficam retidas na coalhada), sendo totalmente eliminada a vitamina C (Eck, 1990b).

Os lípidos condicionam a untuosidade da pasta de queijo. Durante a cura, sob a influência de lipases microbianas, produz-se uma lipólise limitada, com formação de ácidos gordos livres. Alguns destes ácidos livres são voláteis e intervêm na formação do aroma (Eck, 1990b). Para

além disso a importância da gordura na qualidade do queijo pode considerar-se a partir de dois pontos de vista: como suporte nutricional e pela sua influência nas características estruturais e reológicas dos queijos.

A gordura encontra-se no queijo sob a forma de glóbulos gordos. Estes têm dimensões elevadas relativamente às micelas e são aprisionadas durante a formação da matriz proteica que ocorre durante o processo de coagulação (Omar & El-Zayat, 1986). A presença de glóbulos gordos com elevadas dimensões obriga à existência de grandes extensões de rede proteica, com uma densidade de ligações reduzida, estando associadas a uma estrutura menos elástica e com uma textura mais macia e homogénea. Já a matriz proteica com uma menor quantidade de glóbulos gordos contribui para uma textura mais dura (Drake, Herrett, Boylston, & Swanson, 1996) e uma estrutura mais elástica (Ustunol, Kawachi, & Steffe, 1995).

Segundo a Portaria 73/90 de 1 de Fevereiro a classificação do queijo é feita quanto à matéria gorda – classificação feita segundo a percentagem de matéria gorda no extrato seco (Tabela 2.2)

**Tabela 2.2** - Classificação dos queijos quanto à matéria gorda (Fonte: «Port. – Portaria nº73/90. 1 de Fevereiro. I Série, 27», 1990)

<b>Classificação</b>	<b>Matéria Gorda</b>
<b>Muito gordo ou extra-gordo</b>	> 60%
<b>Gordo</b>	De 45% a 60%
<b>Meio Gordo</b>	De 25% a 45%
<b>Pouco Gordo</b>	De 10% a 25%
<b>Magro</b>	<10%

A incorporação de cloreto de sódio nos queijos é utilizada não só para realçar o sabor do queijo, como também para limitar a proliferação de certos bolores indesejáveis e regular a humidade da coalhada.

O sódio contido nos queijos pode representar, 5% a 6% da quantidade total ingerida quotidianamente.

### **2.3.2. Caracterização física**

Relativamente à caracterização física do queijo este pode ser avaliado quanto às suas propriedades reológicas e de textura.

Com um mercado cada vez mais competitivo, que requer competência e inovação e com o nível atual de exigência dos consumidores, cada vez mais informados, que leva a uma procura constante de qualidade, a indústria é obrigada a um esforço sério de atualização tecnológica.

Para um produto ser aceite pelo consumidor exigente, terá de reunir determinadas propriedades sensoriais, que poderão, por sua vez, ser traduzidas em termos de propriedades físicas, macroscópicas, mensuráveis instrumentalmente e que são a expressão da estrutura que resulta da composição química do material.

Esta aproximação traduz-se na modelação do comportamento do alimento. A medição de propriedades físicas bem definidas, como é o caso da reologia, é baseada na possibilidade de estabelecer modelos preditivos do comportamento.

A reologia, criada em 1928 por E. C. Bingham, é a ciência que estuda o dessoramento e a deformação dos materiais. As determinações reológicas permitem, assim, obter informações sobre a forma como um determinado material reage quando sujeito a uma solicitação de caráter mecânico, que é, no fundo, a expressão da sua estrutura que resulta, por sua vez, da sua composição química, das diferentes interações entre os seus vários componentes e do processamento a que foi sujeito (Castro, 2003).

Em Reologia Alimentar, pode-se considerar três tipos de ensaios usados na avaliação das propriedades reológicas dos alimentos:

#### Ensaio Fundamentais

Estes ensaios têm como objetivo a compreensão do comportamento do material, sendo principalmente utilizados em estudos fundamentais que envolvem aparelhos sofisticados e dispendiosos.

Os resultados dos ensaios reológicos fundamentais vêm expressos em unidades físicas bem definidas.

#### Ensaio Empíricos

Os ensaios empíricos são normalmente muito expeditos, envolvendo aparelhos muito simples e dão indicações preciosas e rápidas ao técnico. Por estas razões, estão largamente difundidos no controlo de qualidade dos produtos alimentares.

Os resultados obtidos a partir dos ensaios empíricos vêm expressos em unidades empíricas.

### Ensaio Imitativos

Através dos ensaios imitativos pretende-se avaliar o comportamento reológico de um material durante o seu processamento, a uma escala reduzida.

Os resultados destes ensaios imitativos são normalmente expressos em unidades empíricas.

Do ponto de vista reológico, pode definir-se um comportamento elástico (características dos sólidos) ou um comportamento viscoso (característico dos fluidos). Por sua vez, o comportamento viscoelástico é aquele que se caracteriza por adquirir propriedades elásticas e viscosas simultaneamente.

O comportamento viscoelástico pode ser observado a partir de testes não destrutivos, ou seja, quando se aplicam tensões (ou deformações) que não destroem a estrutura do material (Gunasekaran & Ak, 2003).

Por forma a estudar a viscosidade linear de queijos, são usadas as medições em que se empregam tensões oscilatórias de baixa amplitude. Estes testes permitem determinar os módulos de deformação, ou seja, o módulo elástico ou conservativo ( $G'$ ) e o módulo viscoso ou dissipativo ( $G''$ ), em função da frequência, nas condições de teste em que o material se apresenta na região viscoelástica linear (LVE “linear viscoelastic”).

Os módulos de armazenamento ( $G'$ ) e perda ( $G''$ ), estão relacionados com os tipos de interações formados nos alimentos, interações estáveis ( $G'$ ) e instáveis ( $G''$ ) (Fontan, 2013).

A energia armazenada e reconvertida por ciclo é medida pelo módulo conservativo ou elástico ( $G'$ ), enquanto a energia dissipada por ciclo de deformação é medida pelo módulo dissipativo ou viscoso ( $G''$ ). A tangente dissipativa, obtém-se a partir da relação entre o módulo viscoso e o módulo elástico ( $G''/G'$ ). Se  $G'$  for muito maior que  $G''$ , a deformação será essencialmente elástica, ou seja, o material irá comportar-se mais como um sólido. No entanto, se  $G''$  é muito maior que  $G'$  o comportamento do material é do tipo líquido e a energia utilizada para deformar o material é dissipada na forma viscosa. Por outro lado, o fator de perda revela a relação entre a viscosidade da parte elástica do comportamento de deformação (Pereira, 2014).

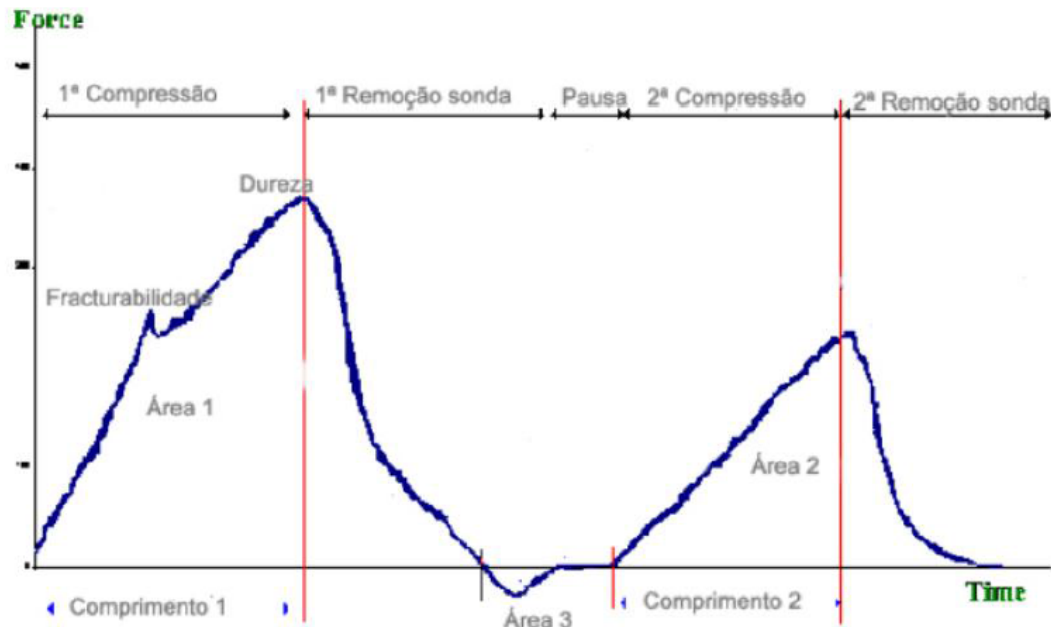
Uma ferramenta importante nos estudos de reologia dos alimentos é o reómetro, ou viscosímetro, que mede as propriedades reológicas dos fluidos através da resistência ao deissoramento sob uma força conhecida. Os mais usados para executar as medições da reologia,

são os viscosímetros capilares, viscosímetros com uma bola suspensa, reômetros rotacionais e oscilatórios, entre outros. Os reômetros comerciais podem ser divididos em analíticos e empíricos, dando a viscosidade real (Pereira, 2014). Possuem ainda alta sensibilidade e um melhor controlo da temperatura e taxa de deformação, e desta forma consegue-se obter resultados mais precisos.

Tomando como exemplo os reômetros de tensão controlada, estes impõe uma tensão sinusoidal sobre o material, existindo quatro tipos fundamentais de testes SAOS “small amplitude oscillatory stress” dependendo das variáveis em estudo. O teste que terá maior importância e o que foi utilizado neste trabalho para análise da estrutura do queijo foi o de varrimento de frequência, medindo o módulo ( $G'$  e  $G''$ ), numa gama crescente de frequências, com tensão constante e inferior ao limite LVE, sendo que o resultado deste teste é conhecido como o espectro mecânico do material. Estes testes são utilizados para determinar diferenças estruturais entre diferentes tipos de queijos (Winy Messens, Davy Van de Walle UGent, J AREVALO, and, & Huyghebaert, 2000) ou, por exemplo, para monitorizar a evolução da estrutura ao longo do processo de cura (Messens, Estepar-Garcia, Dewettinck, & Huyghebaert, 1999) e também no desenvolvimento de produtos pouco gordos ou com pouco sal. (Ma, Drake, Barbosa-Cánovas, & Swanson, 1997; Yun, Hsieh, Barbano, & Rohn, 1994). Assim, o comportamento viscoelástico dos queijos está fortemente condicionado pela sua estrutura.

A textura de um alimento realizado por Szczesniak (1963) é também uma propriedade fundamental que engloba um conjunto de características físicas que se refletem ao nível da sua apreciação sensorial, que derivam da estrutura, que por sua vez reflete a sua composição química. A textura é uma propriedade crítica da qualidade do queijo e representa um papel imprescindível na aceitação pelos consumidores, sendo um dos atributos mais importantes na determinação da identidade do produto. O texturómetro determina parâmetros relacionados com a textura dos materiais, tendo sido determinados boas correlações entre os parâmetros determinados instrumentalmente e sensorialmente (Bandeira, 2010). Este tipo de teste, conhecido também pelo «teste das duas dentadas» - *Texture Profile Analysis* (TPA) trata-se de um teste imitativo. Foi desenhado para simular a mastigação da boca e foi descrito como um conjunto, constituído por uma placa suportada por uma braço flexível ligado a um medidor de tensão, e um êmbolo que atuava sobre a amostra do alimento, comprimindo-a duas vezes com um tempo de espera entre eles que imitava a ação da mandíbula. Todas as condições de análise deverão ser especificadas, nomeadamente as dimensões da sonda e do recipiente de análise, a distância e a velocidade de compressão.

Os parâmetros da textura dos alimentos a monitorizar neste tipo de análise estão representados na Figura 2.3. Segundo Bandeira (2010), os parâmetros como a dureza, coesividade e adesividade são os que estão bem correlacionados com a avaliação sensorial.



**Figura 2.3** - Curva generalizada da análise do perfil da textura (TPA).

Pela análise da figura 2.3, pode-se calcular e definir de forma resumida as propriedades estruturais da seguinte forma:

- A dureza definida como a força necessária para obter uma dada formação é dada pela força máxima da primeira compressão;
- A adesividade é dada pela área 3 e é representada como sendo a força necessária para remover o material que adere a uma superfície específica;
- A coesividade é calculada dividindo a área 2 pela área 1 e é definida como sendo a resistência das uniões internas que formam o corpo do produto;
- A elasticidade do alimento obtém-se dividindo a distância percorrida na área 2 pela distância percorrida na área 1 e é a propriedade que define o quão bem um produto retorna fisicamente depois de ter sido deformado durante a primeira compressão.
- A gomosividade é dada pelo produto entre a dureza e a coesividade;
- A mastigabilidade é obtida efetuando o produto entre a gomosividade e a elasticidade;
- Por último, a resiliência é calculada dividindo a energia ascendente da primeira compressão pela energia descendente da primeira compressão e é a propriedade que define o quão bem

um produto “luta para recuperar a sua posição original”, ou seja, é medida sobre a retirada da primeira penetração, antes que o período de pausa seja iniciado ("Overview of Texture Profile Analysis").

## **2.4. A Importância da Reologia na Indústria Alimentar**

Na indústria alimentar, a reologia pode desempenhar um papel fundamental em três áreas: (1) controlo da qualidade, (2) controlo do processo de fabrico e conceção das linhas de fabrico e (3) desenvolvimento de novos produtos (Castro, 2003).

### **2.4.1. No Controlo da Qualidade**

O conceito de qualidade na indústria alimentar é amplo e apresenta inúmeras conotações. Envolve um conjunto de atributos – higiene, gosto, aparência, segurança, valor nutricional, entre outros, que podem estar associados ao desempenho ou características do produto, ao processo de produção e transformação do produto (final ou intermediário) e ao marketing.

A textura é um fator importante na qualidade de muitos produtos lácteos, sendo esta atribuída a alimentos como resultado da combinação das propriedades físicas e químicas, e que são apercebidas pelo tato, visão e audição. Ensaio reológicos são utilizados como um indicador para a identificação e a qualidade do queijo e a preferência dos consumidores.

### **2.4.2. No controlo de processo de fabrico e conceção das linhas de fabrico**

Durante o processamento, os ingredientes alimentares são, muitas vezes expostos a vários tipos de tensão, provocados pelo dessoramento através de bombas, permutadores de calor, filtros e outros. Estudos têm demonstrado que as condições têm um efeito decisivo na microestrutura e nas propriedades reológicas de sistemas alimentares (Castro, 2003).

A medição direta de propriedades como, por exemplo, a viscosidade pode ser feita em contínuo num determinado ponto da linha de fabrico, o que permite um controlo mais fácil das características de determinado produto. A inserção de um viscosímetro no circuito de fabrico, vai funcionar como uma sonda, permitindo o desvio automático e atempado do produto caso não esteja de acordo com as especificações, poupando ciclos posteriores de processamento de um produto defeituoso, otimizando a linha de produção (Castro, Diogo, & Covas, 2001).

Neste trabalho o uso de um reómetro permitiu a análise dos queijos em particular do queijo “Prato Gordo” e do queijo “Barra Light” numa das fases de fabrico possibilitando dar a conhecer o comportamento destes queijos para eventuais alterações que possam ser necessárias em produções posteriores.

### **2.4.3. No desenvolvimento de novos produtos**

Para além do aroma, sabor e cor, a textura final dos alimentos é um fator decisivo na sua aceitabilidade por parte dos consumidores.

A psicorreologia – domínio da reologia, estabelece relações entre os resultados da avaliação sensorial e das medições instrumentais destes parâmetros, quando propriedades como a textura e a consistência são características fundamentais no alimento. Estas permitem progredir no desenvolvimento do produto, sem recorrer ao painel sensorial, o que se traduz numa economia substancial de tempo e custos. Por outro lado, a quantificação objetiva destas propriedades facilita a utilização de ferramentas estatísticas na otimização de formulações e de níveis de processamento, como por exemplo, a Metodologia da Superfície de Resposta (RSM) (Castro, 2003).

## **3. Objetivos**

### **3.1. Gerais**

O objetivo deste trabalho foi perceber a importância do comportamento dos queijos Paiva em três tipos de queijos: “Prato Gordo”, “Barra Light” ao longo do tempo de cura (0, 8, 15 e 21 dias) e do queijo “Fresco Meio Gordo no final do seu processo de fabrico. Para isso, determinou-se os parâmetros químicos (pH e teor de humidade), os parâmetros físicos (módulo conservativo/elástico e o módulo dissipativo/ viscoso em função da frequência), assim como ao nível da textura - TPA (dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência).

### **3.2. Específicos**

A correlação entre as propriedades físicas e químicas juntamente com o tempo de cura permite compreender a estrutura dos queijos bem como a sua textura, sendo esta última uma das primeiras propriedades que o consumidor tem em consideração na avaliação da qualidade do produto. Nesse sentido foram estudadas correlações entre duas variáveis, tendo-se dado ênfase às correlações fortes e muito fortes.

Foi também realizado um estudo aprofundado relativamente às características dos três queijos Paiva analisados em relação ao seu teor em gordura, humidade e tempo de cura aliados aos seus fluxogramas e modos de produção.

Os procedimentos utilizados nas análises foram os métodos internos do laboratório, baseados nas Normas Portuguesas e nos manuais de instruções dos equipamentos.

## **4. Características Relevantes dos Queijos “Paiva”**

A empresa, neste momento, comercializa quatro tipos de queijos: Queijos Tradicionais; Queijos Saúde; Queijos Frescos e Queijos Gourmet (Lacticínios do Paiva, 2011b).

### **4.1. Queijos Tradicionais**

O Regulamento (CE) nº 509 de 2006 define “tradicional” como sendo de uso comprovado no mercado comunitário por um período que mostre a transmissão entre gerações, ou seja, pelo menos 25 anos.

Nos últimos anos, tem-se registado um interesse crescente, em termos científicos e tecnológicos, por produtos alimentares tradicionais laborados de forma artesanal, devido, por um lado, à dificuldade em imitá-lo ao nível da produção em grande escala como é o caso de diversos queijos feitos com leite cru de pequenos ruminantes e, por outro, às características organoléticas únicas desses produtos (Reis et al., 2003). É importante também conferir maior segurança ao produto final, sendo que alguns queijos tradicionais obtidos a partir de leite cru têm sido adaptados às exigências atuais mediante o fabrico destes a partir de leite submetido a tratamento térmico para destruição dos microrganismos patogénicos, perdendo-se, no entanto, a especificidade que nalguns casos depende fortemente da flora microbiana autóctone (Beuvier & Buchin, 2004).

Nos Lacticínios do Paiva os queijos tradicionais continuam a ser produzidos através de métodos tradicionais mas aliados às mais modernas técnicas de produção.

O Queijo Tradicional analisado neste trabalho foi o queijo “Prato Gordo”, também designado por queijo “Curado Amanteigado”, sendo considerado um queijo curado de vaca, com um tempo de cura de 15 dias em ambiente controlado. Apresenta características verdadeiramente únicas, pasta amanteigada bem ligada e cremosa, deformável ao corte e cor amarelo palha claro e ainda um *bouquet* suave, limpo e bastante aromático (Figura 4.1).

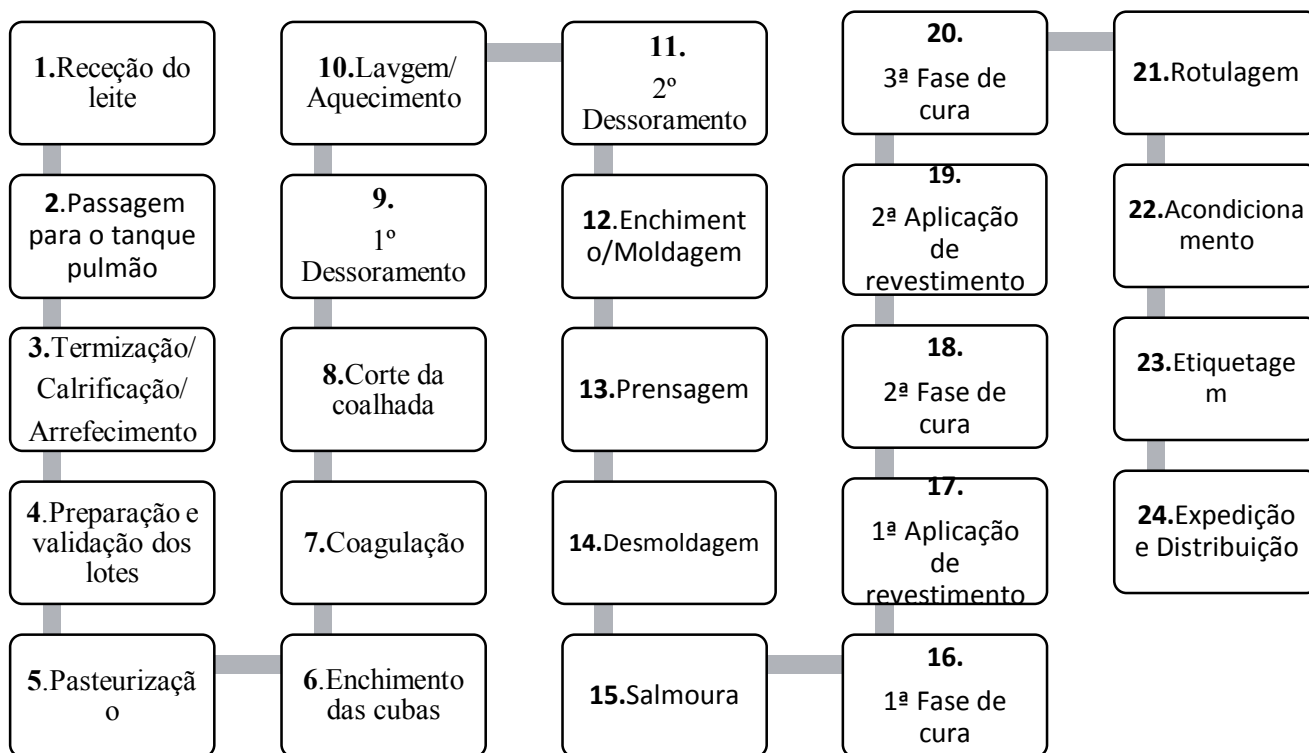
É um queijo considerado gordo, pois contém um teor em gordura (referido à matéria seca) entre 45-60% e um teor de humidade (referido ao queijo isento de gordura) de 42-46% sendo por isso classificado com um queijo extra-duro, segundo a Portaria nº73/90. 1 de Fevereiro.

Dentro deste grupo de queijos são produzidos queijos curados de Vaca, Cabra, Ovelha e Mistura elaborados apenas com os melhores leites selecionados, os nobres pastos de Trás-os-Montes e Alto Douro, Minho, Beiras e Serras da Arrábida.



**Figura 4.1** - Queijo “Prato Gordo”

Apresenta-se, a seguir, o fluxograma do queijo “Prato Gordo” (Figura 4.2) e a respetiva descrição do processo de fabrico.



**Figura 4.2** – Fluxograma do processo de fabrico do queijo “Prato Gordo”

Na empresa o leite rececionado antes de ser transferido para o tanque de receção é submetido a um primeiro controlo laboratorial nomeadamente: determinação do pH, índice crioscópico, acidez, pesquisa de inibidores/antibióticos e deteção de leite de ovelha/cabra no leite de vaca e vice-versa. Após a validação do laboratório procede-se à descarga, caso contrário é feita a sua rejeição.

Findo este processo, o leite é descarregado para o tanque pulmão (tanque de receção). Neste tanque o leite passa por um tratamento térmico durante, pelo menos 15 segundos, a uma temperatura compreendida entre 63-65°C, com a finalidade de reduzir a carga microbiana. Em simultâneo é clarificado numa centrífuga para a eliminação de possíveis impurezas e posteriormente arrefecido. No final segue-se a preparação dos lotes, sendo que o leite é distribuído pelos tanques de lotes (isotérmicos), onde é feita a adição de leite em pó (quando aplicável), com a finalidade de acertar o teor de gordura de acordo com o tipo de queijo a fabricar, para além disso são também efetuadas análises ao nível da acidez e da temperatura (que deve situar-se abaixo dos 6°C). Os lotes de leite passam por um tratamento térmico (pasteurização) cujas temperaturas utilizadas rondam os 77°C tendo uma duração de cerca de 15 segundos. No final desta etapa é realizada a pesquisa da fosfatase de modo a averiguar se o

tratamento térmico foi bem efetuado, sendo que o resultado deve ser negativo. É feita também a análise à proteína e realizada novamente a análise ao teor de gordura, por forma a verificar se o acerto do teor de gordura da etapa anterior foi bem procedido.

Segue-se o processo de enchimento de cubas que é efetuada de forma automática onde são adicionados os fermentos, o cloreto de cálcio e a lisozima.

Após o enchimento é adicionado o coalho animal de modo a que a coagulação se processe durante 30-35 minutos. Esta operação tem como finalidade a precipitação da caseína do leite com formação de um coágulo branco e textura homogénea em suspensão na parte líquida do leite.

Uma vez formada a coalhada procede-se ao seu corte através do movimento giratório das liras das cubas e posteriormente à realização de dois dessoramentos. Entre eles executam-se lavagens e aquecimentos (35 a 40°C) da coalhada promovendo a eliminação do soro.

Seguidamente, a massa da coalhada é colocada em moldes microperfurados de plástico para dar forma ao queijo sendo distribuída através de uma enchedora automática de coluna vertical.

A prensagem, cuja pressão ronda os 2-6bar, é feita por prensas automáticas horizontais, durante 2 horas. Esta operação tem como objetivo dessorar a coalhada dando-lhe consistência, característica e ao mesmo tempo facilitando o processo de acidificação (abaixamento do valor do pH).

Terminada a prensagem os queijos são desenformados e mergulhados no tanque da salmoura (concentração de 16-18% de sal) durante 2 a 6 horas, que tem como objetivo conferir paladar aos queijos e contribuir para a sua capacidade de conservação.

Após este tempo, os queijos são colocados em câmaras de cura em que as condições de ambiente a manter são de 8-10°C de temperatura e de 70-75% de humidade relativa, durante 3 dias. No terceiro dia, é aplicado um revestimento (poliol) com a finalidade de evitar o aparecimento de bolores e uma desidratação excessiva. São depois colocados novamente numa outra câmara de cura permanecendo durante cerca de 7 dias a temperaturas entre os 11-13°C e humidade relativa entre os 73-78%. No final dos 7 dias é aplicado o segundo revestimento (poliol) passando pela última fase de cura a temperaturas na ordem dos 12-14°C e 75-80% de humidade relativa, durante 5 dias.

No fim do processo os queijos são rotulados e acondicionados em caixas de cartão canelado ou caixas plásticas CHEP, de acordo com as especificações do cliente. As caixas são etiquetadas e transportadas em veículos com refrigeração e temperatura controlada para os pontos de venda (Lacticínios do Paiva, 2016a).

## 4.2. Queijo Saúde

Desde a década de 80 que já são fabricados queijos com baixo teor de gordura, sendo as tecnologias e os substitutos de gorduras cada vez mais estudados para produzir queijos com características próximas ao queijo tradicional.

Segundo o Regulamento nº1924/2006 de 20 de Dezembro de 2007, um alimento só pode ser considerado *light* quando preenche as condições estabelecidas para a alegação «Teor de (...) reduzido» acompanhada de uma indicação da (s) característica (s) que torna (m) o produto fraco ou «*light*».

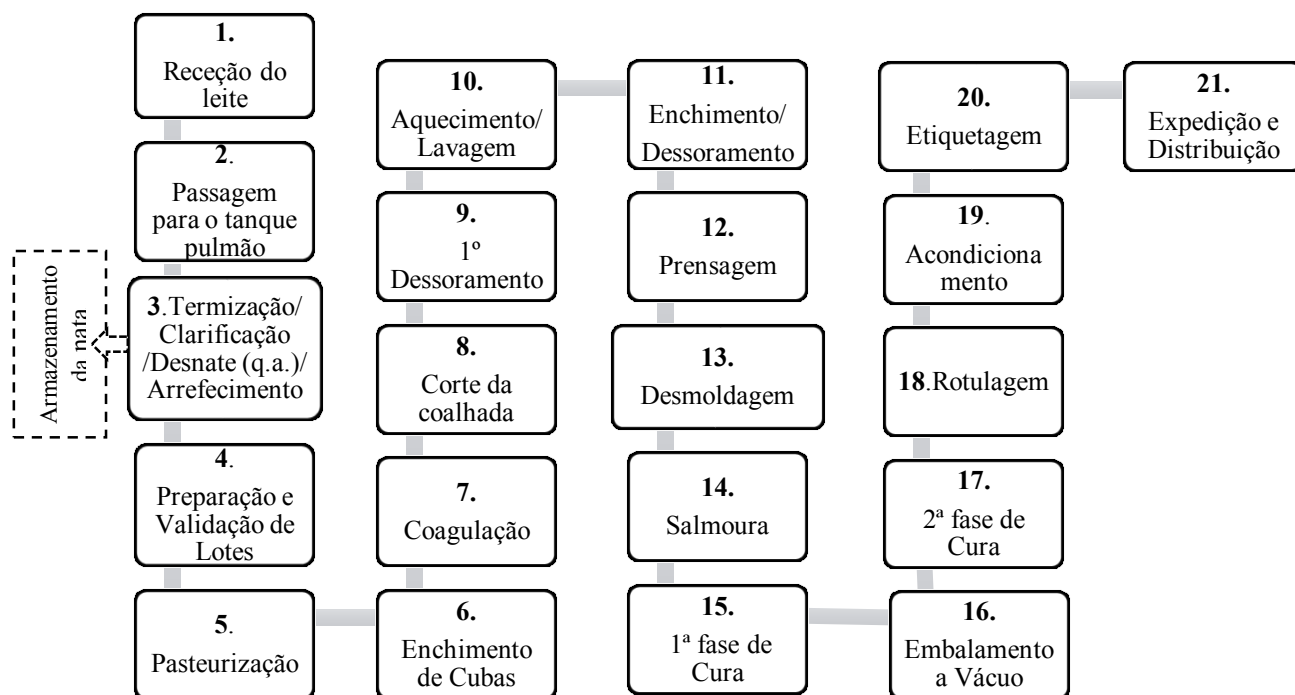
Os Queijos Saúde produzidos na Empresa, são uma gama de queijos com baixo teor de gordura dando garantia de que saúde e sabor se encontram no mesmo produto em resposta às necessidades de uma dieta saudável e equilibrada.

Dentro desta gama foi selecionado para o presente trabalho o queijo “Barra Light” (Figura 4.3), sendo um queijo com menos de 30% de Gordura e teor de Colesterol reduzido. É um queijo curado de vaca, com um tempo de cura de 21 dias em ambiente controlado. É um queijo elaborado a partir de leite parcialmente desnatado e com um teor reduzido de sal, de pasta amarela clara, dura, com poucos olhos disseminados na massa, de consistência firme, em forma de paralelepípedo, permitindo um bom corte em fatias. É um queijo que contém um teor em gordura (referido à matéria seca) entre 10-25% e um teor de humidade (referido ao queijo isento de gordura) de 48-53%.



Figura 4.3 - Queijo “Barra Light”

Na figura 4.4, apresenta-se o fluxograma do queijo “Barra Light” e de seguida a descrição do seu processo de fabrico.



**Figura 4.4** - Fluxograma do processo de fabricação do queijo “Barra Light”

O queijo “Barra Light” tem uma forma de produção análoga ao do queijo “Prato Gordo”. No entanto, as diferenças entre estes dois queijos residem no facto de no final da etapa da termização/ clarificação ocorrer o desnate que posteriormente é armazenado em câmara própria a uma temperatura não superior a 6°C. Neste processo de fabricação apenas existem duas fases de cura, sendo que as condições de temperatura na primeira fase rondam os 8-10°C e na segunda fase os 4°C, durante 21 dias. Quanto ao controlo de humidade nas câmaras de cura esta é ausente, visto que entre as duas fases de cura os queijos são embalados a vácuo, não havendo a aplicação do revestimento (poliol) (Lacticínios do Paiva, 2016b).

### 4.3. Queijos Frescos

Segundo a Portaria de 73/90 de 1 de Fevereiro, os queijos frescos são obtidos por coagulação e dessoramento do leite por fermentação láctica, com ou sem adição de coalho e não submetido a um processo de cura. Este tipo de queijo deve ser fabricado obrigatoriamente com leite pasteurizado.

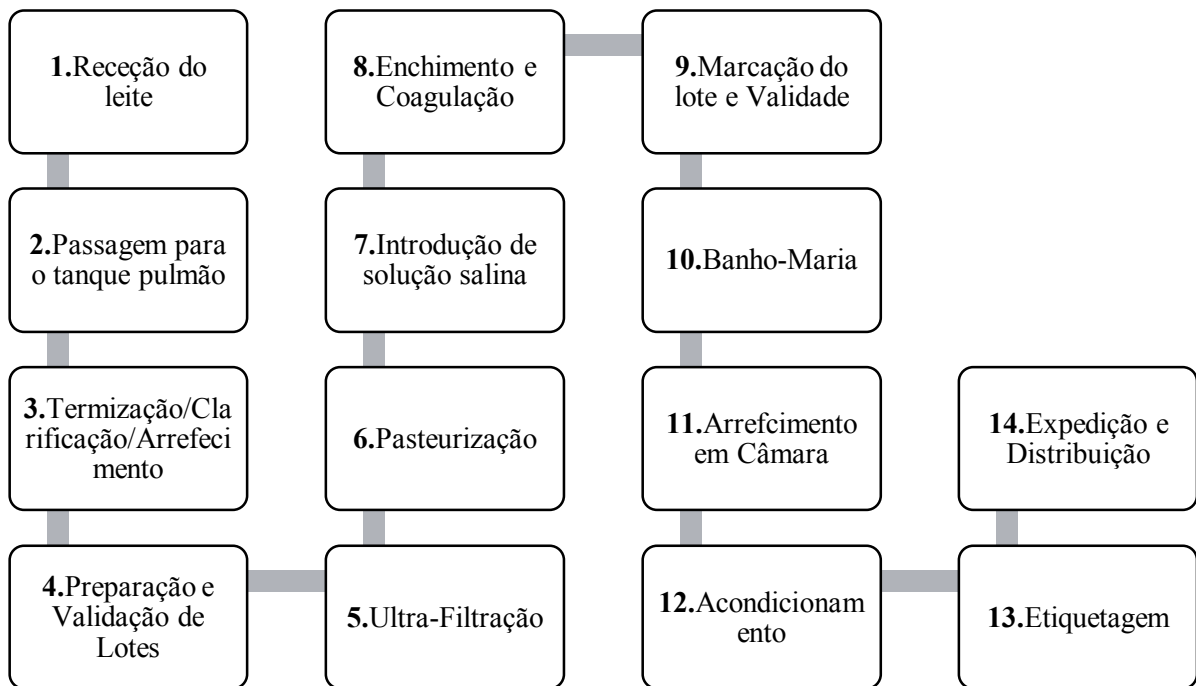
Estes queijos têm como características comuns, serem sempre macios e ricos em humidade e, por isso, com baixa percentagem de matéria gorda. Têm também um sabor ligeiramente ácido

ou láctico. Caso o queijo apresente um leve odor a azedo, normalmente acompanhado por bolor castanho, acinzentado ou fino e opaco, indica que o queijo não está fresco e terá um sabor azedo (Harbutt, et al., 1999). O objeto de estudo nesta linha de queijos frescos foi o queijo “Fresco Meio Gordo” (Figura 4.5). É um queijo fresco de vaca, elaborado a partir de leite inteiro, cremoso, sem olhos disseminados na massa, ligeiramente consistente, obtido por ultrafiltração do leite que permite manter as características organoléticas e nutritivas do queijo fresco bem como um maior prazo de validade. É considerado um queijo com um teor em gordura entre os 25-45% e um teor de humidade entre 70-75%.



**Figura 4.5** - Queijo “Fresco Meio Gordo”

De seguida, observa-se na figura 4.6, o fluxograma do queijo “Fresco Meio Gordo” e posteriormente o processo de fabrico.



**Figura 4.6** - Fluxograma do processo de fabrico do queijo “Fresco Meio Gordo”

As etapas iniciais do processo de fabrico do queijo “Fresco Meio Gordo” nomeadamente: (1) Receção do leite, (2) Passagem para o Tanque Pulmão, (3) Termização/Clarificação/Arrefecimento, (4) Preparação e Validação de Lotes, são semelhantes aos processos de fabrico dos queijos atrás referidos. Posto isto, a etapa que se segue é a ultrafiltração em que o leite pasteurizado é submetido a um processo que se resume à concentração de leite extraíndo água e lactose, ficando a gordura, proteína e sais minerais no concentrado.

Os lotes de leite passam por um tratamento térmico a uma temperatura de 96°C durante alguns segundos com a finalidade de eliminar toda ou grande parte da flora microbiana e patogénica. É realizada ainda nesta etapa a pesquisa da fosfatase, tal como nos processos anteriores, por forma a averiguar se o tratamento térmico foi bem efetuado.

De seguida, é introduzido sal através de uma bomba peristáltica.

O processo de enchimento é efetuado de forma automática em copos de PET com discos de alumínio na cobertura, numa enchedora rotativa com injeção simultânea de coalho, provocando a coagulação e obtenção do produto final – Queijo Fresco.

À saída do tapete da enchedora, os copos são marcados através de uma impressora da Ink-Jet com o respetivo lote e validade e colocados em banho-maria a 75°C durante, no máximo, 20 minutos.

No final deste processo, os queijos são colocados na câmara de arrefecimento a uma temperatura de 4°C durante 2-3 horas, onde sofrerão um choque térmico, provocando desta forma a obtenção da consistência desejada bem como, a inibição do crescimento microbológico e enzimático.

O acondicionamento é feito em caixas de cartão e etiquetadas. Posteriormente, são transportadas via elevador para a zona da expedição e transportado em veículos com refrigeração a temperaturas controladas para os pontos de venda (Lacticínios do Paiva, 2015).

#### **4.4. Queijo Gourmet**

Para além dos queijos referidos anteriormente, é ainda produzido na empresa o Queijo Gourmet.

São considerados queijos inovadores e sofisticados para momentos de requinte e prazer, elaborados para paladares mais exigentes e seletivos. Recentemente o Queijo de Azeitão Divinus D.O.P está inserido neste grupo, assim como: Queijos de Cabra Chili-Paprika (inteiro e fatiado); Queijo de Cabra com Pimenta Preta; Queijo de Ovelha com Cura Prolongada e o Queijo Flamengo Seleção.

### **5. Obtenção das amostras**

O trabalho experimental foi realizado em dois locais: (1) no Laboratório da Empresa Lacticínios do Paiva – determinação dos parâmetros químicos dos queijos e (2) no Laboratório da Escola Superior de Biotecnologia do Porto – determinação dos parâmetros físicos dos queijos.

Foram analisados três lotes dos queijos “Prato Gordo” e “Fresco Meio Gordo” e dois lotes do queijo “Barra Light”. Cada lote foi analisado em duplicado.

Nas amostras de queijos, determinou-se a percentagem de teor de humidade e o valor do pH (parâmetros químicos) e estudou-se o comportamento reológico e a textura (parâmetros físicos).

A análise química dos queijos foi efetuada nas 24h seguintes, enquanto a análise das propriedades físicas foi realizada 48h após o processo de fabrico, tendo os queijos sido



## 6.2. Teor de humidade

Na determinação do teor de humidade usou-se o analisador de humidade Mettler Toledo MJ33 (Figura 6.2). Este equipamento efetua a determinação da humidade devido à perda de peso/água de uma amostra quando submetida a um aquecimento utilizando o princípio da termogravimetria.

O analisador Mettler Toledo MJ33 é constituído por dois módulos, um que efetua a medição da massa (balança de precisão) e outro que efetua a medição do teor em humidade. No caso dos queijos “Prato Gordo” e “Barra Light”, em cada ponto de cura, foram colhidas em duplicado amostras de cada queijo. De seguida, foi removida uma camada superficial com cerca de 1 cm de espessura e foram trituradas e subsequentemente pesadas. Para cada amostra, foram colocadas três gramas no analisador Mettler Toledo MJ33 e sujeitas a uma temperatura de cerca de 160°C. Alcançado o estado de equilíbrio foi registado o teor de humidade para cada queijo. Registou-se o resultado final da humidade que foi apresentado no visor do aparelho.

No caso do queijo “Fresco Meio Gordo” a medição de humidade foi determinada após o processo de fabrico em duplicado e de forma semelhante, com exceção da remoção de uma camada superficial que não se aplicou.



**Figura 6.2** - Analisador de humidade Mettler Toledo MJ33

Na Tabela 6.1 estão representados os valores de referência da empresa relativamente aos parâmetros de pH e humidade.

Tabela 6.1 - Valores de referência da empresa (pH e %Humidade)

Categorias dos queijos	pH	%Humidade
Fresco Meio Gordo	6.50-6.70	70-75
Prato Gordo	4.60- 5.20	42-46
Barra Light	4.60-5.20	48-53

### 6.3. Parâmetros viscoelásticos

As medições reológicas dinâmicas foram realizadas a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , num reómetro rotacional, “Bohlin Instruments” modelo Germini Advanced Rheometer (Rotonetic drive), *software* versão 6.32, acoplado com uma unidade de peltier, para controlo da temperatura, com geometria de pratos paralelos, com uma sonda de 20mm de diâmetro (PP20) (Figura 6.3). Para a realização das análises foram cortados, de cada uma das amostras, cilindros com diâmetro igual ao da sonda (20mm), que foram posteriormente cortados em fatias com 2mm de espessura. Os espectros mecânicos (varrimentos de frequência) foram realizados a frequências entre 0.01 a 10 Hz, com uma tensão controlada de 1Pa. Os parâmetros medidos no reómetro foram o módulo conservativo/elástico ( $G'$ , em Pa) e o módulo dissipativo/viscoso ( $G''$ , em Pa) em função da frequência. Para cada amostra foram analisadas 3 réplicas.



Figura 6.3 - Reómetro, “Bohlin Instruments” modelo Germini Advanced Rheometer (Rotonetic drive), *software* versão 6.32

## 6.4. Análise Textura

Na análise de perfil de textura usou-se o texturómetro, “TA. XT. Plus Texture Analyser” (Stable Micro Systems, software versão 5.0.4.0), com uma célula de carga de 30 Kg (Figura 6.4). Para a realização das análises foram cortados, de cada uma das amostras, cilindros com 23mm de diâmetro, que foram posteriormente cortados em fatias com 20mm de espessura. O teste foi efetuado em ensaio de dupla compressão (TPA), com o uso de uma placa de compressão (sonda SMS P/75), fixando uma compressão correspondente a 30% da altura inicial da amostra, à temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . Foram assim obtidos os gráficos, de onde se calcularam os parâmetros da dureza (Kgf), adesividade (Kgf.s), elasticidade, coesividade, gomosidade (Kgf), mastigabilidade (Kgf), e resiliência. Para cada amostra foram analisadas 4 réplicas.



**Figura 6.4** - Texturómetro, “TA. XT. Plus Texture Analyser” (Stable Micro Systems, versão 5.0.4.0)

## 7. Análise estatística dos dados

Nas determinações químicas e físicas os dados foram apresentados como médias  $\pm$  desvio padrão. Para a análise estatística foi usado o *software* IBM SPSS Statistics, versão 20. Para a comparação das médias foi testada a homogeneidade das variâncias e a normalidade da

distribuição dos dados. Tendo sido confirmadas, foi realizada análise de variância (“analysis of variance”, ANOVA). Para a comparação “caso-a-caso” foi utilizado o teste de “Tukey”, com um nível de significância de 0.05. Nos casos em que, pelo menos uma das condições previamente mencionadas não se verificou, foram realizados testes não-paramétricos, nomeadamente, o “Teste-T”, para amostras independentes, com um intervalo de confiança de 95%.

O coeficiente de correlação de Pearson mede a associação entre 2 variáveis de acordo com a magnitude do valor absoluto. Se  $0.00 < r < 0.10$  a associação é muito pequena, se  $0.1 \leq r < 0.30$  a associação é pequena, se  $0.3 \leq r < 0.50$  a associação é moderada, se  $0.50 \leq r < 0.70$  a associação é forte, se  $0.70 \leq r < 1$  a associação é muito forte. Se  $r = 0$  não existe associação e se  $r = 1$  a associação é perfeita (Guiné, et al., 2016).

## 8. Resultados e Discussão

### 8.1. Análise dos parâmetros químicos

As médias e o desvio padrão dos resultados obtidos para os parâmetros químicos dos queijos encontram-se nas tabelas 8.1 e 8.2.

**Tabela 8.1** – Valores médios e desvios padrão dos queijos “Prato Gordo” e “Barra Light” em cada ponto de amostragem ao longo do tempo de cura

<b>Tipo</b>	<b>Tempo (d)</b>	<b>pH</b>	<b>Humidade (%)</b>
Prato Gordo	0	5.10±0.18 <sup>a</sup>	51.54±1.73 <sup>a</sup>
	8	5.02±0.09 <sup>ab</sup>	46.75±1.92 <sup>b</sup>
	15	4.92±0.11 <sup>b</sup>	45.11±0.63 <sup>c</sup>
Barra Light	0	5.01±0.11 <sup>a</sup>	51.44±1.13 <sup>a</sup>
	15	5.46±0.09 <sup>b</sup>	50.85±0.88 <sup>a</sup>
	21	5.32±0.11 <sup>b</sup>	50.77±0.83 <sup>a</sup>

**Tabela 8.2** – Valores médios e desvios padrão do queijo “Fresco Meio Gordo” em cada ponto de amostragem no final do processo de fabrico

<b>Tipo</b>	<b>Tempo (d)</b>	<b>Lote</b>	<b>pH</b>	<b>%H</b>
Fresco Meio Gordo	0	1	6.74±0.01 <sup>a</sup>	72.54±0.02 <sup>ab</sup>
		2	6.70±0.01 <sup>b</sup>	72.71±0.21 <sup>a</sup>
		3	6.64±0.02 <sup>c</sup>	72.28±0.09 <sup>b</sup>

Observa-se pela análise da tabela 8.1, que ao longo do processo de cura, há um decréscimo significativo ( $p < 0.05$ ) do teor de humidade no queijo “Prato Gordo”, o que é expectável tendo em conta a evaporação da água que ocorre nesse período.

As maiores perdas de humidade ocorreram nos primeiros 8 dias de cura. Isto acontece porque, na primeira fase de cura ocorre uma forte fermentação láctica (refletida igualmente no decréscimo do valor de pH) que normalmente está associado à perda de humidade que se concentra na superfície do queijo. O facto de também só ao fim de alguns dias se formar a camada externa consistente e impermeável (casca), contribui para este resultado: valor médio de 4,8% ao fim dos 8 dias contra os 1,64% no final dos 15 dias de cura. Constata-se que os valores médios da humidade final encontram-se de acordo com os valores de referência da empresa (Tabela 6.1).

Em relação ao pH, também se verifica um decréscimo durante a cura, existindo diferenças significativas entre os 0 e os 15 dias. Segundo Alvarenga (2008), o abaixamento do pH fomenta o aumento da sinérese, e conseqüente perda de água – decréscimo da humidade, devido aos reajustes proteína-proteína no gel das caseínas. Este decréscimo dever-se-á também à fermentação da lactose do queijo, com formação de ácido láctico, tendo sido importante para prevenir o crescimento de bactérias contaminantes ou patogénicas. Note-se que o valor do pH final encontra-se de acordo com os valores referência da empresa (Tabela 6.1).

No que concerne o queijo “Barra Light”, embora se tenha registado um ligeiro decréscimo nos valores absolutos do teor em humidade ao longo do processo de cura, este não foi estatisticamente significativo. Isto deve-se essencialmente ao facto dos queijos serem embalados a vácuo a partir do 4º- 6º dia, causando assim uma menor desidratação ao longo do processo de cura.

Em relação aos valores de pH é possível observar que houve um aumento em cerca de 0,45 unidades valores médios nos primeiros 15 dias seguido de uma pequena descida, não significativa ( $p > 0,05$ ) no final da cura. Dado que, neste queijo o tempo de cura é de 21 dias, o processo de proteólise é mais notável, contribuindo para a subida do pH devido à libertação de compostos azotados alcalinos. Tanto os valores de humidade como do pH no final da cura encontram-se de acordo com os valores referência da empresa (Tabela 6.1).

No queijo “Fresco Meio Gordo” (Tabela 8.2), os elevados teores de humidade registados são característicos do tipo de queijo sob análise. Este é um tipo de queijo fresco, que não é submetido ao processo de cura, não havendo perdas de água por evaporação. Observa-se porém alguma variabilidade inter-lote para este parâmetro, com diferenças significativas entre o lote 2 e 3.

Quanto ao pH, este é um parâmetro importante durante o processo de produção sendo o seu valor final indicativo de como o processo ocorreu e se o produto final tem uma boa qualidade, ou seja, se não é muito ácido. Independentemente da variabilidade significativa ( $p < 0,05$ ) entre lotes os valores de pH reportados para todos os queijos estavam próximos do valor de pH do leite simples. De salientar que os valores de humidade e pH nos 3 lotes encontram-se, uma vez mais, de acordo com os valores médios de referência da empresa (Tabela 6.1).

## **8.2. Análise dos parâmetros viscoelásticos**

### **8.2.1. Varrimentos de Frequência**

Os resultados dos testes de varrimentos de frequência nos queijos “Prato Gordo”, “Barra Light” e “Fresco Meio Gordo” encontram-se nas figuras 8.1, 8.2 e 8.3, respetivamente. No eixo vertical apresentam-se os valores de  $G'$  – módulo de elasticidade e  $G''$  – módulo de viscosidade, ambos expressos em Pa e no eixo horizontal apresentam-se os valores de frequência, expressos em Hz.

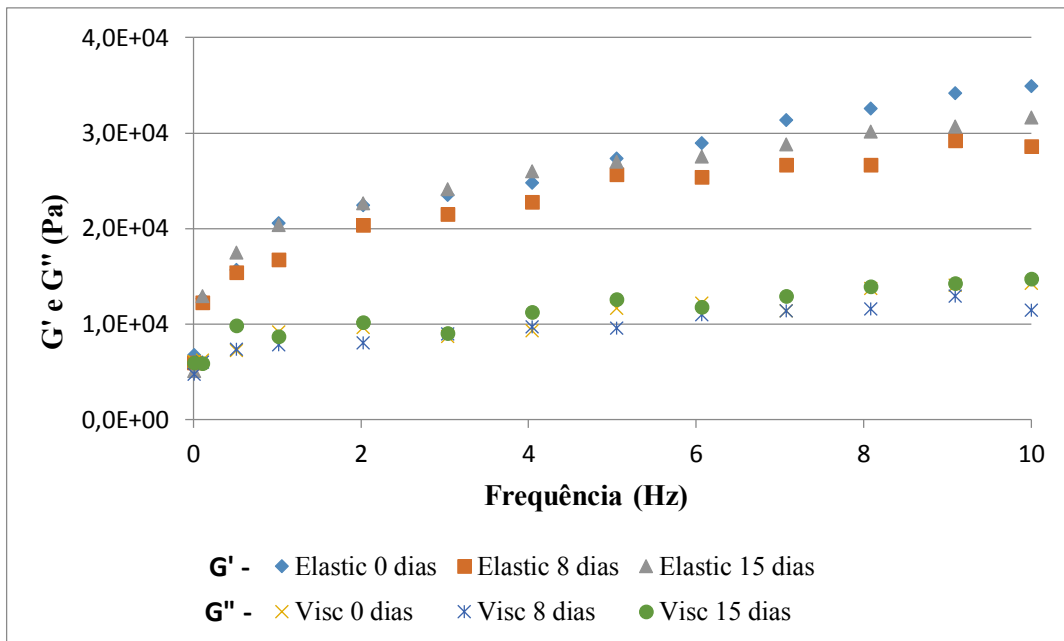


Figura 8.1 - Varrimentos de frequência médios do queijo “Prato Gordo”

Os resultados experimentais (Figura 8.1) mostram que, ao longo do tempo de cura, os valores do módulo conservativo ( $G'$ ) e do módulo dissipativo ( $G''$ ) são praticamente constantes. Verifica-se ainda um ligeiro aumento de viscosidade ao fim dos 15 dias. No entanto,  $G'$  foi maior do que  $G''$  durante o tempo de cura, apresentando ser um queijo com uma maior componente elástica do que viscosa. Isto indica, que é um queijo com uma estrutura estável (parte elástica) e forte.

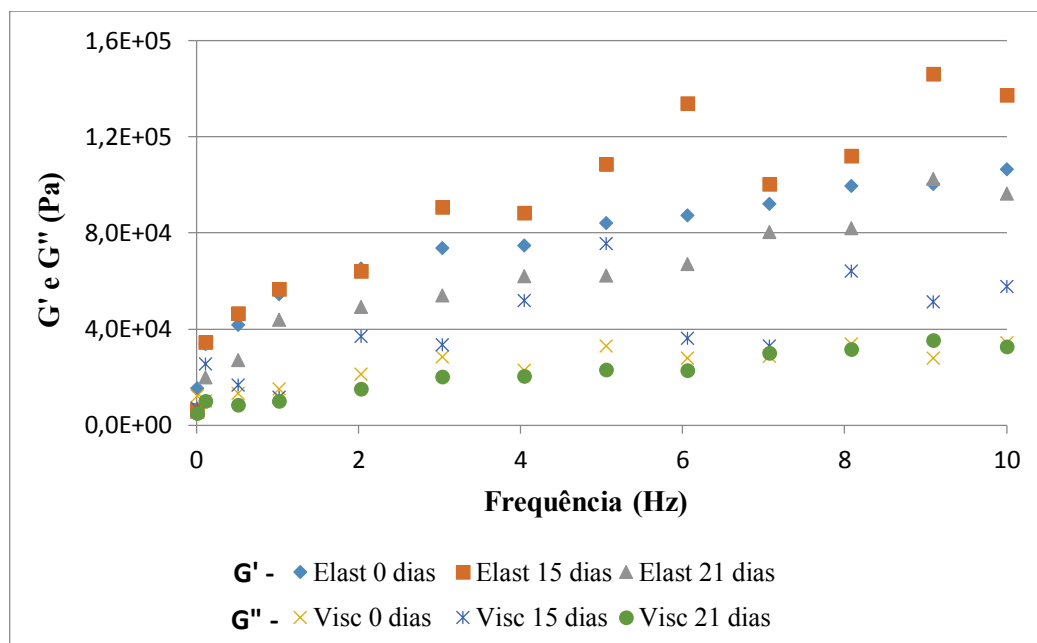


Figura 8.2 - Varrimentos de frequência médios do queijo “Barra Light”

Pela análise da figura 8.2, observa-se valores muito inconstantes no que refere à elasticidade e à viscosidade neste tipo de queijo “Barra Light”, principalmente nos 15 dias de cura. No entanto, ao fim dos 21 dias o queijo apresenta valores mais constantes, havendo uma aproximação dos módulos  $G'$  e  $G''$ . Apesar disso, os resultados revelam que os valores  $G'$  foram superiores aos valores de  $G''$  ao longo do processo de cura. Este facto indica que, estes queijos apresentam uma estrutura elástica e forte.

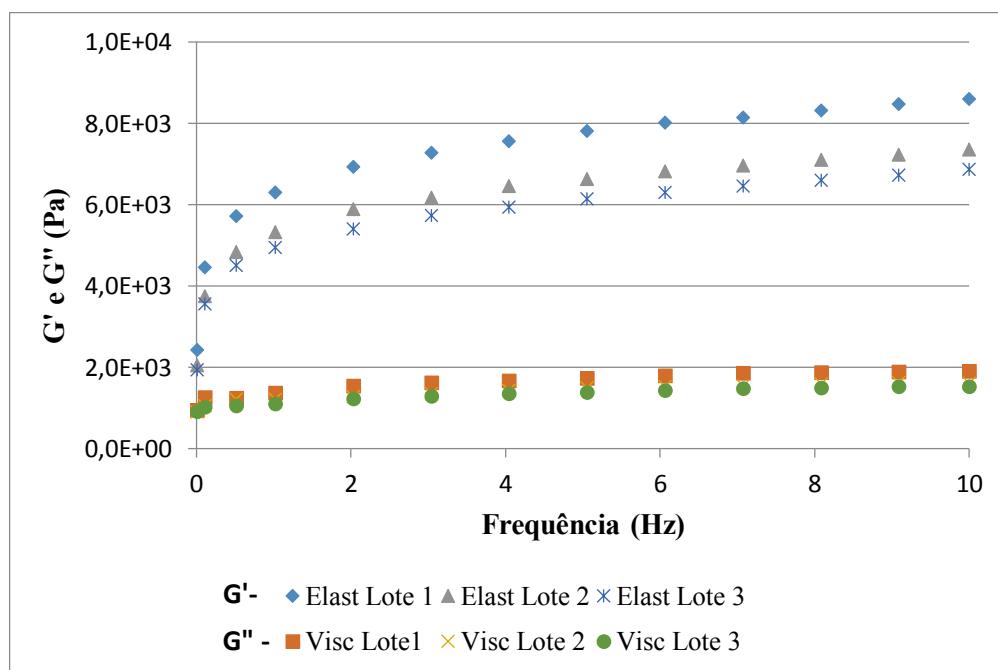


Figura 8.3 - Varrimentos de frequência médios do queijo “Fresco Meio Gordo”

Relativamente ao queijo “Fresco Meio Gordo” (Figura 8.3) verifica-se que, nos 3 lotes o módulo ( $G'$ ) foi sempre maior do que o módulo ( $G''$ ). Significa que a elasticidade foi superior à viscosidade, apresentando ser um queijo, uma vez mais, com uma estrutura estável e igualmente forte. Os resultados mostram também que o lote 1 foi o que obteve uma maior elasticidade comparativamente com os restantes lotes. No que diz respeito à viscosidade, verifica-se valores muito próximos e constantes nos 3 lotes.

### 8.3. Análise do Perfil de Textura – TPA

Nas tabelas 8.3 e 8.4 encontram-se os valores médios e os desvios padrão, obtidos durante o ensaio de dupla compressão TPA das amostras de queijo ao longo do tempo de cura – queijo

“Prato Gordo” e “Barra Light” e no final do seu processo de fabrico – queijo “Fresco Meio Gordo”.

Na maioria dos casos, observam-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na evolução das propriedades tanto para os queijos analisados ao longo da cura como para os diferentes lotes do queijo fresco analisado no final do processo de fabrico. De referir também que é possível observar-se um aumento do desvio padrão na maioria dos parâmetros do queijo “Prato Gordo” e do queijo “Barra Light”, ao longo do processo de cura. Isto deve-se ao facto de os queijos serem um produto que depende da atividade biológica. Quanto ao queijo “Fresco Meio Gordo” observa-se, valores inferiores na maioria dos parâmetros do lote 1, no que diz respeito ao desvio padrão, o que significa que é o que demonstra ter uma maior homogeneidade comparativamente com os restantes lotes.

**Tabela 8.3** - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros de textura para o queijo “Prato Gordo” e “Barra Light”, ao longo do tempo de cura

<b>Tipo</b>	<b>Tempo (d)</b>	<b>Dureza (kgf)</b>	<b>Adesividade (kgf.s)</b>	<b>Elasticidade</b>	<b>Coesividade</b>	<b>Gomosidade (kgf)</b>	<b>Mastigabilidade (kgf)</b>	<b>Resiliência</b>
Prato Gordo	0	758±55 <sup>a</sup>	-48±16 <sup>a</sup>	0.878±0.008 <sup>a</sup>	0.784±0.010 <sup>a</sup>	594±42 <sup>a</sup>	522±41 <sup>a</sup>	0.418±0.015 <sup>a</sup>
	8	884±125 <sup>a</sup>	-158±41 <sup>b</sup>	0.867±0.024 <sup>a</sup>	0.773±0.018 <sup>ab</sup>	683±91 <sup>a</sup>	591±75 <sup>a</sup>	0.368±0.019 <sup>b</sup>
	15	1111±367 <sup>b</sup>	-237±88 <sup>c</sup>	0.891±0.029 <sup>a</sup>	0.766±0.020 <sup>b</sup>	848±269 <sup>b</sup>	753±228 <sup>b</sup>	0.353±0.014 <sup>b</sup>
Barra Light	0	4102±332 <sup>a</sup>	-406±267 <sup>a</sup>	0.917±0.013 <sup>a</sup>	0.816±0.012 <sup>a</sup>	3345±239 <sup>a</sup>	3065±185 <sup>a</sup>	0.506±0.012 <sup>a</sup>
	15	3117±241 <sup>b</sup>	-244±216 <sup>a</sup>	0.917±0.014 <sup>a</sup>	0.832±0.009 <sup>b</sup>	2593±200 <sup>b</sup>	2377±174 <sup>b</sup>	0.515±0.016 <sup>a</sup>
	21	2814±442 <sup>b</sup>	-303±153 <sup>a</sup>	0.911±0.011 <sup>a</sup>	0.815±0.014 <sup>a</sup>	2290±344 <sup>b</sup>	2085±312 <sup>b</sup>	0.483±0.013 <sup>b</sup>

**Tabela 8.4** - Valores médios e os desvios padrão dos parâmetros de textura para o queijo “Fresco Meio Gordo”, no final do seu processo de fabrico

<b>Tipo</b>	<b>Lote</b>	<b>Dureza (kgf)</b>	<b>Adesividade (kgf.s)</b>	<b>Elasticidade</b>	<b>Coesividade</b>	<b>Gomosidade (kgf)</b>	<b>Mastigabilidade (kgf)</b>	<b>Resiliência</b>
Fresco Meio Gordo	1	315±1 <sup>a</sup>	-15±2 <sup>a</sup>	0.946±0.008 <sup>a</sup>	0.827±0.001 <sup>a</sup>	260±1 <sup>a</sup>	246±2 <sup>a</sup>	0.538±0.006 <sup>a</sup>
	2	192±10 <sup>b</sup>	-14±0 <sup>a</sup>	0.930±0.015 <sup>a</sup>	0.825±0.005 <sup>a</sup>	163±2 <sup>b</sup>	153±3 <sup>b</sup>	0.517±0.003 <sup>ab</sup>
	3	272±30 <sup>a</sup>	-63±13 <sup>b</sup>	0.936±0.012 <sup>a</sup>	0.817±0.015 <sup>a</sup>	222±27 <sup>a</sup>	208±26 <sup>a</sup>	0.505±0.020 <sup>b</sup>

Da análise da Tabela 8.3, verifica-se que no queijo “Prato Gordo”, ao longo da cura a dureza evoluiu, mas é ao fim dos 15 dias que se observam diferenças significativas. Isto porque, no final da cura o queijo apresenta maior resistência à compressão, visto que as proteínas possuem elevada densidade estando por isso associadas a valores elevados de dureza. Outro fator pode ser explicado devido à desidratação da pasta, ou seja, perda de humidade (Tabela 8.1), tendo influência na evolução da estrutura da pasta, ou seja no efeito endurecedor do queijo.

Os resultados da elasticidade foram os que menos variaram ao longo da cura, não existindo diferenças significativas, no entanto verifica-se um ligeiro aumento ao fim dos 15 dias. Segundo Alvarenga (2008), o processo de cura provoca a concentração das moléculas solúveis, diminuindo a mobilidade da água e aumentando a elasticidade.

Tanto a gomosidade como a mastigabilidade evoluíram ao longo do processo de cura, verificando-se diferenças significativas ao fim dos 15 dias. Sendo a gomosidade um parâmetro resultante do produto entre a dureza e coesividade e a mastigabilidade resultante do produto entre a gomosidade e elasticidade, estes resultados foram os esperados.

Em relação à coesividade definida como a medida da força das ligações entre proteínas, esta apresentou diminuição ao longo da cura, apresentando valores significativamente diferentes entre os 0 e os 15 dias, o que significa que as forças das ligações das proteínas não se mantiveram com o passar do tempo, sendo um queijo que facilmente é deformado antes da rutura.

O parâmetro de adesividade foi significativamente diferente durante a cura, tendo evoluído de -48 g/s aos 0 dias para -237g/s aos 15 dias, o que evidencia uma maior adesão do queijo à sonda e conseqüentemente aos dentes do consumidor no final da cura e por isso menor facilidade terá o queijo de voltar à sua posição inicial.

Por último, a resiliência caracteriza-se pela facilidade que um queijo tem para voltar à sua posição normal após uma primeira compressão. Assim sendo, verifica-se que os valores de resiliência foram diminuindo ao longo dos dias de cura variando entre os 0.41 (no dia 0) a 0.36 (no dia 15) o que está em concordância com os valores registados para a adesividade.

Quanto ao queijo “Barra Light” observa-se pela análise da Tabela 8.3, que a dureza diminuiu significativamente ( $p < 0,05$ ) ao longo do processo de cura, particularmente ao longo dos primeiros 15d, não existindo diferenças significativas entre o dia 15 e o dia 21. No entanto, apesar deste decréscimo verifica-se que o queijo possui um elevado grau de dureza comparativamente ao queijo anteriormente descrito. Isto pode ser explicado devido ao facto

de ser um queijo que possui uma matriz proteica com menos quantidade de glóbulos gordos apresentando menos interrupções, contribuindo para uma textura mais dura.

Os valores de adesividade oscilaram ao longo da cura, no entanto, não se verificaram diferenças significativas. Aos 0 dias os queijos apresentaram um valor de -406 g/s que decresceu ao longo dos 21 dias de cura para valores de -303 g/s. A simulação da sonda como se fosse uma mordida, mostrou que quanto mais curado for este queijo, mais facilmente se solta da sonda, ou seja, não adere tanto ao palato durante a mastigação. Observa-se, uma vez mais, que não existiram diferenças significativas relativamente ao parâmetro de elasticidade, havendo apenas uma ligeira descida no final dos 21 dias de cura. No parâmetro de coesividade verifica-se que existiram diferenças significativas apenas aos 15 dias de cura, no entanto no início e no final da cura não existiram diferenças significativas o que significa que a integridade da matriz proteica não foi alterada.

A gomosidade e a mastigabilidade, parâmetros secundários (uma vez que derivam de outros parâmetros já analisados), apresentaram um decréscimo ao longo dos 21 dias de cura. No entanto, só se verificaram diferenças significativas ao fim dos 15 dias para ambos os parâmetros.

Em relação à resiliência existiram diferenças significativas, apenas no final dos 21 dias.

Uma análise comparativa entre os dois queijos, “Prato Gordo” e “Barra Light”, ainda que se caracterizem por tempos de cura diferentes permite analisar o impacto da gordura (composição) na textura do queijo. O teor em gordura do queijo “Prato Gordo” (45-60%) é mais elevado do que o teor em gordura do queijo “Barra Light” (10-25%); o maior teor em gordura gerou uma matriz menos densa, com menor interação entre as proteínas, o que se refletiu numa menor coesividade, mastigabilidade, resiliência e dureza. Vários autores têm demonstrado que uma relação caseína/gordura elevada está associado a um aumento da dureza e da mastigabilidade (Valle, et al., 2004; Van, et al., 2013). Neste estudo, o queijo “Barra Light” apresentou uma variação na mastigabilidade cerca de 3-4 vezes superior à do queijo “Prato Gordo”.

Por último, no caso do queijo “Fresco Meio Gordo” (Tabela 8.4), verificou-se uma variabilidade entre lotes; o lote 1 apresenta maior dureza (315 Kgf) e o lote 2 menor dureza (192 Kgf), tendo o mesmo comportamento para os parâmetros da gomosidade e mastigabilidade.

Quanto aos parâmetros de elasticidade e coesividade observa-se um comportamento semelhante nos 3 lotes, não existindo diferenças significativas.

A adesividade obtida nos lotes 1 e 2 apresentam valores próximos, não existindo diferenças significativas, ou seja, a aderência foi equivalente para ambos os lotes. Porém, no lote 3 o valor de adesividade demonstrou ser muito diferente, apresentando-se mais adesivo. Por último, o lote 1 foi o que apresentou maior resiliência (0,538) ao contrário do lote 3 que demonstrou ter menor resiliência (0,505), existindo diferenças significativas entre estes lotes.

#### **8.4. Correlação entre os parâmetros físicos e químicos**

Através do coeficiente de correlação de Pearson é possível medir a associação entre 2 variáveis de acordo com a magnitude do valor absoluto, como referido anteriormente.

Sendo a textura uma das primeiras propriedades que o consumidor leva em consideração para avaliar a qualidade do produto e a composição química um atributo que influencia a textura/estrutura do produto é importante, por isso, avaliar a sua correlação.

Assim sendo, nas tabelas 8.5, 8.6 e 8.7 estão apresentados os resultados médios dos coeficientes de correlação de Pearson entre dias de cura, propriedades físicas e químicas do queijo “Prato Gordo”, “Barra Light” e “Fresco Meio Gordo” apresentando um nível de significância 0,01 e 0,05.

**Tabela 8.5** - Coeficientes de correlação de Pearson entre dias de cura, propriedades físicas e químicas do queijo “Prato Gordo”

Parâmetros	Tempo (d)	Dureza (kgf)	Adesividade (kgf.s)	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade (kgf)	Mastigabilidade (kgf)	Resiliência	pH	Humidade
<b>Tempo (d)</b>	1									
<b>Dureza (kgf)</b>	0.549**	1								
<b>Adesividade (kgf.s)</b>	-0.760**	-0.300	1							
<b>Elasticidade</b>	0.088	-0.071	-0.391*	1						
<b>Coesividade</b>	-0.380**	-0.509**	0.367*	0.395**	1					
<b>Gomosidade (kgf)</b>	0.541**	0.998**	-0.144	0.002	-0.380*	1				
<b>Mastigabilidade (kgf)</b>	0.518**	0.991**	-0.198	-0.020	-0.373*	0.995**	1			
<b>Resiliência</b>	-0.769**	-0.375*	0.679**	0.052	0.628**	-0.340*	-0.360*	1		
<b>pH</b>	-0.498**	-0.198	0.461*	0.060	0.313	-0.106	-0.053	0.338	1	
<b>Humidade</b>	-0.847**	-0.322	0.700**	-0.093	0.431*	-0.288	-0.351	0.809**	0.637**	1

\*\*Correlação é significativa a um nível de 0.01

\* Correlação é significativa a um nível de 0.05

 Cor amarela: Correlação Forte

 Cor verde: Correlação Muito Forte

Observa-se pela tabela 8.5, que os coeficientes de correlação de Pearson, entre os dias de cura e os parâmetros de textura como a dureza, gomosidade e mastigabilidade apresentam uma correlação fortemente positiva, o que demonstra que estas variáveis são diretamente proporcionais, ou seja, à medida que o tempo de cura aumenta, a dureza, gomosidade e mastigabilidade também aumentam. Isto indica que, durante a cura o queijo torna-se mais duro sendo necessário maior energia e tempo para triturar o queijo até ser engolido. Por outro lado, verifica-se também uma correlação muito forte mas negativa entre o tempo de cura e os parâmetros de adesividade, humidade e resiliência. Ou seja, ao longo da cura é menor a adesividade, a percentagem de humidade e a facilidade de o queijo se tornar à forma original.

As análises estatísticas também mostram que entre a dureza e os parâmetros de textura as correlações foram muito fortes e positivas (0.998, 0.991 respetivamente para a gomosidade e mastigabilidade), o que significa que, quanto mais duro for o queijo “Prato Gordo” maior será a gomosidade e mastigabilidade, enquanto que os mais macios exigem menor energia e menos tempo para desintegrá-los ao ponto de deglutição. No entanto entre a dureza e a coesividade, a correlação foi forte mas negativa, indicando que à medida que aumenta a dureza, menor são as resistências das ligações internas do queijo.

Relativamente ao parâmetro de adesividade verifica-se uma correlação muito forte e positiva em relação à humidade, assim à medida que o queijo perde humidade, mais cremoso fica o queijo “Prato Gordo”. Existe também uma correlação fortemente positiva entre a adesividade e a resiliência.

No que refere aos seguintes parâmetros estes obtiveram resultados fortemente positivos entre, a coesividade e resiliência (0.628), gomosidade e mastigabilidade (0.995) e a resiliência e a humidade (0.809). Por último entre o pH e a humidade, verifica-se que o abaixamento do pH é acompanhado com a perda de humidade, através da remoção do soro no queijo, verificando-se uma vez mais uma correlação fortemente positiva. (0.637).

**Tabela 8.6 -** Coeficientes de correlação de Pearson entre dias de cura, propriedades físicas e químicas do queijo “Barra Light”

Parâmetros	Tempo (d)	Dureza (kgf)	Adesividade (kgf.s)	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade (kgf)	Mastigabilidade (kgf)	Resiliência	pH	Humidade
<b>Tempo (d)</b>	1									
<b>Dureza (kgf)</b>	-0.801**	1								
<b>Adesividade (kgf.s)</b>	0.237	-0.352	1							
<b>Elasticidade</b>	-0.251	0.039	-0.466*	1						
<b>Coesividade</b>	-0.030	-0.272	0.276	0.448*	1					
<b>Gomosidade (kgf)</b>	-0.801**	0.996**	-0.299	-0.002	-0.243	1				
<b>Mastigabilidade (kgf)</b>	-0.818**	0.992**	-0.355	0.148	-0.164	0.997**	1			
<b>Resiliência</b>	-0.505**	0.215	-0.014	0.447*	0.778**	0.273	0.312	1		
<b>pH</b>	0.613**	-0.757**	0.517*	0.178	0.496	-0.695**	-0.691**	0.164	1	
<b>Humidade</b>	-0.294	0.426	-0.615*	0.331	-0.205	0.462	0.356	0.051	-0.190	1

\*\* Correlação é significativa a um nível de 0.01

\* Correlação é significativa a um nível de 0.05

 Cor amarela: Correlação Forte

 Cor verde: Correlação Muito Forte

Verifica-se que o efeito do tempo de cura no queijo “Barra Light” também pode ser denotado a partir da correlação entre os parâmetros físicos e químicos, conforme mostra a tabela 8.6. Assim sendo, observa-se que, ao longo do tempo de cura, menor é a dureza, gomosidade, mastigabilidade e resiliência e maior é o pH.

Entre o pH e os parâmetros de textura como a dureza, gomosidade e mastigabilidade verifica-se uma relação antagônica, ou seja, o aumento do pH influenciou na diminuição dos parâmetros atrás referidos.

Constata-se, uma vez mais, uma correlação fortemente positiva entre a dureza e as propriedades da gomosidade e mastigabilidade, tal como aconteceu com o queijo anteriormente descrito – “Prato Gordo”. Neste caso, quanto menos duro for o queijo “Barra Light” menores serão os parâmetros de gomosidade e mastigabilidade, ou seja, menos energia e triturações são precisas para ingerir o queijo.

Denota-se também uma correlação muito forte e positiva entre a coesividade e a resiliência (0.778) e a gomosidade e a mastigabilidade (0.997). Portanto quanto maior é a resistência das ligações internas mais facilmente o queijo retorna à forma original, assim como maior será o tempo ou o número de mastigações e energia requeridas para desintegrar um alimento sólido a um estado pronto a ser deglutido.

**Tabela 8.7** - Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e químicas do queijo “Fresco Meio Gordo”

Parâmetros	Dureza (kgf)	Adesividade (kgf.s)	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade (kgf)	Mastigabilidade (kgf)	Resiliência	pH	Humidade
<b>Dureza (kgf)</b>	1								
<b>Adesividade (kgf.s)</b>	-0.210	1							
<b>Elasticidade</b>	0.565	0.171	1						
<b>Coesividade</b>	0.142	0.603	0.605	1					
<b>Gomosidade (kgf)</b>	0.994**	-0.156	0.556	0.186	1				
<b>Mastigabilidade (kgf)</b>	0.990**	-0.130	0.586	0.217	0.999**	1			
<b>Resiliência</b>	0.483	0.629	0.554	0.802**	0.544	0.569	1		
<b>pH</b>	0.270	0.788*	0.187	0.364	0.316	0.328	0.733*	1	
<b>Humidade</b>	-0.398	0.714*	0.073	0.346	-0.399	-0.398	0.243	0.520	1

\*\* Correlação é significativa a um nível de 0.01

\* Correlação é significativa a um nível de 0.05

 Cor amarela: Correlação Forte

 Cor verde: Correlação Muito Forte

Dos resultados obtidos para o queijo “Fresco Meio Gordo” (Tabela 8.7), verifica-se apenas correlações fortemente positivas entre os parâmetros físicos e químicos. No entanto apenas, serão salientadas as correlações que tiveram um nível de significância de 0,01 e 0,05.

Assim sendo, verifica-se que quanto mais duro for este tipo de queijo maior será a energia, o tempo ou o número de mastigações requeridas para se decomporem até serem ingeridos. Observa-se também que quanto maior o valor de pH e percentagem teor de humidade maior será a adesão do queijo aos dentes do consumidor.

Denota-se igualmente que, quanto maior a resistência das ligações internas (coesividade) nestes queijos mais facilmente será o retorno à sua forma original, depois de sofrer uma compressão (resiliência), sendo esta última variável diretamente proporcional aos valores de pH.

Por último, o aumento da energia requerida (gomosidade) para desintegrar este tipo de queijo a um estado pronto para ser engolido aumentará, por sua vez, o número de mastigações necessárias para ser deglutido (mastigabilidade).

## 9. Considerações Finais

Com este trabalho foi possível perceber o comportamento químico e físico dos três tipos de queijos avaliados: “Prato Gordo”, “Barra Light” e “Fresco Meio Gordo”. Este estudo permitiu corroborar que a textura e o comportamento reológico dos queijos varia com a composição e com o tempo de cura. Uma perda de água ao longo do processo de fabrico e tempo de cura repercutiu-se num menor teor de humidade. Esta correlação negativa foi mais notória para o queijo “Prato Gordo”, devendo-se essencialmente a uma fermentação láctica mais predominante o que permitiu uma maior eficácia na expulsão do soro. O impacto do teor de gordura diferente dos queijos “Prato Gordo” e “Barra Light” refletiu-se nos parâmetros de textura independentemente do grau de cura; um menor teor de gordura está associado a uma matriz proteica mais densa, com maior interação entre as moléculas, gerando uma matriz mais coesa, mais dura, mais resiliente e com maior mastigabilidade. O tempo de cura interferiu significativamente ( $p < 0,01$ ) na maior parte dos parâmetros de textura do queijo “Prato Gordo” e do queijo “Barra Light”.

Quantos aos resultados de varrimentos de frequência, estes revelaram que nos três tipos de queijos o módulo elástico ( $G'$ ) foi superior ao módulo viscoso ( $G''$ ), o que demonstra serem queijos com comportamentos predominantemente elásticos e com estruturas relativamente fortes, não tendo sido observado o “fenómeno de crossover”, ou seja, a intersecção entre os dois módulos.

No geral, registaram-se correlações lógicas e esperadas entre os parâmetros físicos e químicos dos diferentes queijos sob análise. De referir que o queijo “Fresco Meio Gordo” foi o queijo que apresentou maior heterogeneidade nos resultados entre lotes.

## Bibliografia

- Bryant, A., Ustunol, Z. & Steffe, J. (1995). Texture of Cheddar Cheese as Influenced by Fat Reduction. *Journal of Food Science*, 60(6), 1216–1219.
- Alvarenga, N. B. M. G. d. (2008). Introdução da tecnologia de congelação na produção de queijo de ovelha. Universidade Técnica de Lisboa Disponível:  
[https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj11Ybw743UAhWBnhQKHSb-DxgQFgguMAE&url=https%3A%2F%2Fcomum.rcaap.pt%2Fbitstream%2F10400.26%2F2663%2F1%2FTdoutoramento\\_NunoAlvarenga.pdf&usg=AFQjCNFuBKfrTznt2rvoGnRbLa041Y41nQ](https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj11Ybw743UAhWBnhQKHSb-DxgQFgguMAE&url=https%3A%2F%2Fcomum.rcaap.pt%2Fbitstream%2F10400.26%2F2663%2F1%2FTdoutoramento_NunoAlvarenga.pdf&usg=AFQjCNFuBKfrTznt2rvoGnRbLa041Y41nQ)
- Barrett, A. J., Rawlings, N. D., & Emmet, A. (2001). The Merops Database as a Protease Information System. *Journal of Structural Biology*, 134, 95–102.
- Beuvier, E., & Buchin, S. (2004). Raw Milk Cheeses. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 1, 319-345.
- Castro, A. G. (2003). A Química e a Reologia no Processamento dos Alimentos. In I. Piaget (Ed.).
- Castro, A. G., Diogo, A. C., & Covas, J. A. (2001). Reologia e Suas Aplicações Industriais In I. Piaget (Ed.).
- Clarissa Reschke da Cunha, Leila Maria Spadoti, Patrícia Blumer Zacarchenco, & Viotto, W. H. (2002). Efeito do fator de concentração do retentado na composição e proteólise de queijo Minas Frescal de baixo teor de gordura fabricado por ultrafiltração. *Food Science and Technology*.
- Culbertson, J. D., Duncan, S., Guerrero-Legarreta, I., & Li-Chan, E. C. Y. (2006). Handbook of food science, technology, and engineering. In Y. H. HUI (Ed.), (Vol. 1): Taylor & Francis Group.
- Dagleish, D. G. (1999). The Enzymatic Coagulation of Milk. In P. a. M. In *Cheese: Chemistry* (Ed.), (pp. 69-100). INC, Gaithersburg.

- Delacroix-Buchet, A., Barillet, F., & Lagriffoul, G. (1994). Caractérisation de l'aptitude fromagère des laits de brebis Lacaune à l'alde dlun Formagraph. 173-186. [https://lait.dairy-journal.org/articles/lait/pdf/1994/03/lait\\_74\\_1994\\_3\\_15.pdf](https://lait.dairy-journal.org/articles/lait/pdf/1994/03/lait_74_1994_3_15.pdf)
- Drake, M. A., Herrett, W., Boylston, T. D., & Swanson, B. G. (1996). Lecithin Improves Texture of Reduced Fat Cheeses. *Journal of Food Science*, 61(3), 477-666.
- Eck, A. (1990a). O Queijo In Europa-américa (Ed.), (Vol. 1º Volume).
- Eck, A. (1990b). O Queijo In P. Europa-América (Ed.), (Vol. 2º Volume).
- Fontan, G. C. R. (2013). *Queijo de coalho light : produção, caracterização físico-química, sensorial e reológica*. Universidade Federal de Viçosa, Brasil
- Fox, P. F. (1999). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. In I. Aspen Publishers, Gaithersburg (Ed.), (Vol. 2, pp. 389-438).
- Fox, P. F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P. (2000). Fundamentals of Cheese Science. In I. Aspen Publishers, Gaithersburg (Ed.). USA.
- Fox, T. P. G. F. (2004). Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. 1, 207–259.
- Gomes, P. A. C. (2011). *Evolução das características físico-químicas e da cura em Queijo Amarelo e Queijo Picante da Beira Baixa DOP: - Composição, fracções azotadas e ácidos gordos livres.*, Universidade Técnica de Lisboa Disponível: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4112/1/Evolu%C3%A7%C3%A3o%20das%20caracter%C3%ADsticas%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicas%20e%20da%20matura%C3%A7%C3%A3o%20.pdf>
- Guiné, R. P. F., Tenreiro, M. I. C., Correia, A. C., Correia, P. M. R., & Barracosa, P. (2016). Analysis of factors influencing the physical, chemical and sensorial properties of Serra da Estrela cheeses. *Journal of Food Measurement and Characterization*.
- Gunasekaran, S., & Ak, M. M. (2003). Cheese Rheology and Texture. In C. Press (Ed.). London.
- Horne, D. S. (2005). Casein micelle structure: Models and muddles *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 11, 148-153.
- Juliet Harbutt, & Denny, R. (1999). Manual Enciclopédico Do Queijo In E. Estampa (Ed.).

- Lacticínios do Paiva, S. A. (2011a). Empresa Consultado: 10 de Abril de 2017, Disponível: <http://www.lacticiniospaiva.pt/pt/empresa.aspx>
- Lacticínios do Paiva, S. A. (2011b). O Nosso Queijo. Consultado: 10 de Abril de 2017, Disponível: <http://www.lacticiniospaiva.pt/pt/queijo.aspx>
- Lacticínios do Paiva, S. A. (2014). Medição do pH - Instrução de Trabalho Consultado: 12 de Outubro de 2016
- Lacticínios do Paiva, S. A. (2015). Descrição do Processo Queijo Fresco Longa Duração Consultado: 17 de Outubro de 2017
- Lacticínios do Paiva, S. A. (2016a). Descrição do Processo Queijo Prato Consultado: 17 de Outubro de 2016
- Lacticínios do Paiva, S. A. (2016b). Descrição do Processo Queijo Barra Consultado: 17 de Outubro de 2016
- Law, B. A. (1987). Proteolysis in relation to normal and accelerated cheese ripening. ( General Aspects Elsevier Applied Science Publishers, London ed., Vol. 1, pp. 365-392).
- Lenoir, J., Remeuf, F., & Schneid, N. (1997). Le lait de fromagerie – l’aptitude du lait a la coagulation par la présure. In *Technique et Documentation – Lavoisier* (Ed.), (3 ed., pp. 229-256). Paris.
- Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, S.M., Rezaei\*, K. & Safari, M. (2008). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening *Food Chemistry*.
- Ma, L., Drake, M. A., Barbosa-Cánovas, G. V., and, & Swanson, B. G. (1997). Rheology of full-fat Cheddar cheeses as related to type of fat mimetic. *Journal of Food Science*, 62, 478-452.
- McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F. (1993). Cheese: methods of chemical analysis. In C. Hall (Ed.), (2ª ed., Vol. 1). London, U.K
- Messens, W., Estepar-Garcia, J., Dewettinck, K., and , & Huyghebaert, A. (1999). Proteolysis of high-pressure-treated Gouda cheese. *International Dairy Journal*, 9, 775-782.
- Nollet L., & Toldra. (2009). Handbook of Dairy Foods Analysis. In CRC Press (Ed.). USA.

- Oliveira, M. A. e. a. (1986). Moderna Enciclopédia Universal. In C. d. Leitores (Ed.), (Vol. 11, pp. 257-258).
- Oliveira, M. A. e. a. (1987). Moderna Enciclopédia Universal In C. d. Leitores (Ed.), (Vol. 15, pp. 242).
- Omar, M. M., & El-Zayat, A. I. (1986). Ripening changes of Kashkaval cheese made from cow's milk. *Food Chemistry*, 22(2), 83-94.
- Overview of Texture Profile Analysis Consultado: 9 de Maio de 2017, Disponível: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#tpa-measurements>
- Park, Y. W. (2001). Proteolysis and Lipolysis of Goat Milk Cheese. *Journal of Dairy Science*, 84, E84-E92.
- Pato, S., M., P., S., (2002). *Estudo das características físico-químicas e reológicas, das farinhas de passagens provenientes do processo de moagem*. Instituto Politécnico de Santarém
- Pereira, M., J., B. . (2014). *Perceção do consumidor no processamento oral de sobremesas lácteas semissólidas reformuladas*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
- Perry, K. S. P. (2004). Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos, pp. 293-300. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n2/19276.pdf>
- Rebello, A. G. (1994). Queijaria Racional: realidade dos nossos queijos tradicionais., *Ministério da Agricultura*, p. 301.
- Reis, P. M., Domingos, T. D., Freitas, A. C., Macedo, A. C., Trigueiros, J. J. B. L., & Malcata, F. X. (2003). Produção por tecnologias optimizadas de lacticínios tradicionais certificados: PROLACTIS. Porto: Escola Superior de Biotecnologia - Universidade Católica Portuguesa.
- Sharma, K. S., & D., D. G. (1993). Interactions between milk serum proteins and synthetic fat globule membrane during heating of homogenized whole milk. *J. Agric. Food Chem.*, 41(9), 1407–1412.
- Singh T. K., Drake M.A., & K.R., C. (2003). Flavor of Cheddar Cheese: A Chemical and Sensory Perspective. In C. R. i. F. S. a. F. Safety (Ed.), (Vol. 2, pp. 128-189).

- Sousa M. J., Ardö Y., & P.L.H., M. (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 327–345.
- Ustunol, Z., Kawachi, K., & Steffe, J. (1995). Rheological Properties of Cheddar Cheese as Influenced by Fat Reduction and Ripening Time. *Journal of Food Science*, 60(6), 1208–1210.
- VALLE, J. L. E. CAMPOS, S. D. S, YOTSUYANAGI K. SOUZA, G. (2004). Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24, 4, 669-673.
- Van Hekken, D.L., PARK, Y.W., TUNICK, M.H. (2013). Effects of reducing fat content on the proteolytic and rheological properties of Cheddar-like caprine milk cheese *Small Ruminant Research*, 110, 46– 51
- Walstra, P., Wouters, J., & Geurts, T. (2006). *Dairy Science and Technology*. In CRC (Ed.), (2 ed.). USA.
- Watkinson, P., Coker, C., Crawford, R., Dodds, C., Johnston, K., McKenna, A., & White, N. (2001). Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. *International Dairy Journal*, 11, 455-464.
- Winy Messens, Davy Van de Walle UGent, J AREVALO, and, K. D. U., & Huyghebaert, A. (2000). Rheological properties of high-pressure-treated Gouda cheese. *International Dairy Journal*, 10(5-6), 359-367.
- Yun, J. J., Hsieh, Y. L., Barbano, D. M., and, & Rohn, C. L. (1994). Rheological And Chemical Properties Of Mozzarella Cheese. *Journal of texture studies*, 25(4), 411–420.