



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE
ALIMENTOS

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DA MUÇARELA DE BÚFALA
OBTIDA DE MASSA FERMENTADA CONGELADA

LEONARDO ROCHA MAIA

2014

LEONARDO ROCHA MAIA

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DA MUÇARELA DE BÚFALA
OBTIDA DE MASSA FERMENTADA CONGELADA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Processos de Alimentos.

Orientador: Dr. Luciano Brito Rodrigues

Coorientadora: DSc. Sibelli Passini Barbosa Ferrão

**ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
2014**

637.3
M187e Maia, Leonardo Rocha.
 Estudo do comportamento mecânico da muçarela de búfala obtida de massa fermentada congelada. / Leonardo Rocha Maia. - Itapetinga: UESB, 2014.
 58f.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Processos de Alimentos. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Luciano Brito Rodrigues e co-orientação da Prof^a. D.Sc. Sibelli Passini Barbosa Ferrão.

1. Queijo muçarela de búfala. 2. Muçarela de búfala – TPA - Textura instrumental. 3. Muçarela de búfala – Reologia - Ensaios compressivos. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Rodrigues, Luciano Brito. III. Ferrão, Sibelli Passini Barbosa. IV. Título.

CDD(21): 637.3

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Queijo muçarela de búfala
2. Muçarela de búfala – TPA - Textura instrumental
3. Muçarela de búfala – Reologia - Ensaios compressivos



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Programa de Pós-Graduação
Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos
Ciência de Alimentos

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DA MUÇARELA DE BÚFALA
OBTIDA DE MASSA FERMENTADA CONGELADA.

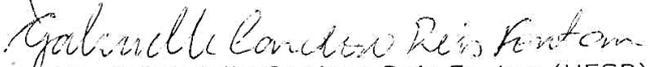
Autor (a): Leonardo Rocha Maia

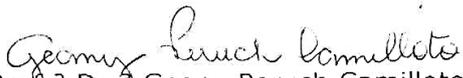
Orientador (a): Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues

Co-orientador (a): Prof.^a Dr.^a Sibelli Passini Barbosa Ferrão

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE
EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE ALIMENTOS**, pela Banca
Examinadora.


Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues (UESB)


Prof.^a Dr.^a Gabrielle Cardoso Reis Fontan (UESB)


Prof.^a Dr.^a Geany Peruch Camilloto (UEFS)

Itapetinga-BA., 25 de julho de 2014.

*“Como é feliz o homem que acha a sabedoria,
o homem que obtém entendimento,
pois a sabedoria é mais proveitosa do que a prata
e rende mais do que o ouro.
É mais preciosa do que rubis;
nada do que você possa desejar se compara a ela.
Na mão direita, a sabedoria garante a você vida longa;
na mão esquerda, riquezas e honra.
Os caminhos da sabedoria são caminhos agradáveis,
e todas as suas veredas são paz.
A sabedoria é árvore que dá vida a quem a abraça;
quem a ela se apega será abençoado”.*

(Provérbios 3:13-18)

*À minha mãe, Mércia Conceição Rocha,
pela garra, coragem, motivação,
incentivo e amor.*

Amo você!

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu não posso deixar de transferir todo o mérito, louvor, honra e gratidão ao Deus da minha Salvação (Criador e Mantenedor da existência), pela graça de conquistar mais este sonho. Faço minhas as palavras do Salmista Davi, “Eu te louvarei, Senhor, de todo o meu coração; contarei todas as tuas maravilhas. Em ti me alegrarei e exultarei; cantarei louvores ao teu nome, ó Altíssimo” (Sl 9:1-2);

À minha mãe, Mércia Conceição Rocha, guerreira incansável, por estar sempre presente em todos os momentos de minha vida e ser o espelho na formação do meu caráter. Sem o amor, carinho e todo o apoio ao longo dos anos, eu não chegaria até aqui (esta vitória também é sua);

Ao meu irmão, Hudson Carlos Maia Santos Júnior, pelo carinho, apoio e palavras de conforto, sempre me apoiando em todos os momentos. Enfim, por todos os conselhos e pela confiança em mim depositada, meu imenso agradecimento;

Aos tios e primos, Amélia, Antônio, Katharina e Rafael pelo sorriso e amor a cada reencontro. Obrigado pela torcida família linda;

À minha namorada Milene Rost de Araújo, pelo auxílio em todas as análises (horas de laboratório hein?! Risos!). E, mais do que isso, te agradeço pelas palavras de motivação, companhia e pelo amor que me proporciona a cada novo dia. Obrigado por aceitar dividir sua caminhada comigo, te amo;

À família Araújo, em especial ao Sr. Miraldo Araújo, D. Marlene Rost e Mikelal Araújo pelo carinho e atenção;

Aos amigos, Adller Chaves, Rosy Machado, Naara Carvalho (Ninha), Louyse Barreto e Hendy Oliveira pelos momentos compartilhados. Além, de me aguentarem durante todo esse tempo (risos);

Ao orientador Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues pela dedicação, paciência e todo ensinamento na orientação deste trabalho;

À professora Dra. Sibelli Passini Barbosa Ferrão pela coorientação;

Aos professores, Dra. Renata Cristina Ferreira Bonomo, Dr. Rafael da Costa Ilhéu Fontan, Dra. Gabrielle Cardoso Reis Fontan, Dra. Cristiane Patrícia de Oliveira e Dra. Carmen Lucia de Souza Rech por cederem o espaço e os equipamentos dos laboratórios que coordenam;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pelas instalações e por disponibilizar seus funcionários para a realização desta pesquisa.

À toda equipe do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos;

Aos colegas de Mestrado, pelo apoio durante esses dois anos de curso.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Laticínio Rocha e ao proprietário Walmick pela concessão do leite de búfala;

Ao Laticínio Pytty e ao proprietário Elias por ceder as suas instalações para a realização desta pesquisa;

Às Professoras Dra. Geany Peruch Camilloto e Dra. Gabrielle Cardoso Reis Fontan que aceitaram participar e colaborar com este trabalho fazendo parte da banca;

Ao GEM2A (Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente). Meu agradecimento pela disponibilidade e contribuição de cada um de vocês durante esses anos de convívio. Vocês agregaram, significativamente, à minha formação acadêmica. Somado a isso, levarei verdadeiras amizades construídas durante esse convívio;

Por fim, estendo meus agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma estiveram próximos, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena. Só posso dizer: Muito Obrigado!

MAIA, L. R. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Julho de 2014. **Estudo do comportamento mecânico da muçarela de búfala obtida de massa fermentada congelada**. Itapetinga, BA: UESB, 2014. 58p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos).*

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar, através da Análise do Perfil de Textura (TPA), o efeito do tempo de congelamento da massa fermentada sobre as propriedades mecânicas do queijo muçarela durante o armazenamento refrigerado. Para isso, foram fabricados queijos a partir de massas fermentadas, conforme os seguintes tratamentos: T1 - sem congelamento; T2 - congelada por 40 dias; T3 - congelada por 80 dias; T4 - congelada por 120 dias; e, T5 - congelada por 160 dias. As massas fermentadas foram acondicionadas a vácuo à -20°C. A análise do perfil de textura dos queijos muçarela foi realizada no Laboratório de Ensaio de Materiais – LabEM da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e consistiu na aplicação de força por meio de um prato de compressão de 100 mm de diâmetro (P/100), acoplado ao equipamento TA.HD *plus* (Stable Micro Systems, UK), utilizando os seguintes parâmetros de ensaio: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,00 mm/s; percentual de compressão de 70%; força de contato de 5,0 g, coleta de 250 pontos por segundo e célula de carga de 50kg. Os dados foram coletados através do software “Texture Expert for Windows 1.20” (Stable Micro Systems, UK). Complementarmente, foram avaliados os teores de lipídios, umidade e proteína, bem como o índice de extensão da proteólise (IEP) e o índice de profundidade da proteólise (IPP). O experimento foi conduzido no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial com 5 tempos de congelamento (0, 40, 80, 120 e 160 dias) x 3 tempos de armazenamento (10, 20 e 30 dias), totalizando 15 tratamentos, e em três repetições (n=3). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão linear com nível de significância de 5%. Não foram observadas diferenças significativas para Dureza TPA e Mastigabilidade TPA nos tratamentos estudados. Este fato pode ser explicado através dos valores constantes encontrados para umidade, proteína, IEP e IPP que se caracterizam por influenciar estes parâmetros. Para a Elasticidade TPA o tempo de armazenamento foi determinante, no qual este parâmetro apresentou diferença significativa indicada pelo decréscimo na capacidade de recuperação. A Coesividade TPA teve comportamento similar ao observado para o teor de lipídios, ambos influenciados pelo tempo de congelamento. É provável que as variações encontradas para gordura influenciem no deslizamento da matriz proteica, interferindo neste parâmetro. Frente a isso, conclui-se que, com relação as características mecânicas estudadas, o congelamento da massa fermentada apresenta-se como uma possível alternativa para contorno da sazonalidade.

Palavras-chave: reologia, TPA, textura instrumental, ensaios compressivos.

* Orientador: Luciano Brito Rodrigues, Dr., UESB e Coorientadora: Sibelli Passini Barbosa Ferrão, D. Sc., UESB.

MAIA, L.R. State University of Bahia Southwest, in July 2014. **Study of the mechanical behavior of buffalo mozzarella obtained from fermenting dough.** Itapetinga, BA: UESB, 2014 58p. (Dissertation - Master in Engineering and Food Science)*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate, through the instrumental Texture Profile Analysis (TPA), the effect of frozen storage of fermented dough on the mechanical response of mozzarella cheese during the shelf life. Cheeses from fermented dough were prepared, following five treatments, T1, without fermented dough freezing, and with the fermented dough frozen in different period: T2 - 40 days, T3 - 80 days, T4 - 120 days; and T5 - 160 days. Fermented dough was vacuum packed in polyethylene bags at -20°C. The TPA of mozzarella cheeses were performed at the Materials Testing Laboratory (LabEM) in State University of Bahia Southwest (UESB) at 10, 20 and 30 storage days within its shelf life. It consisted of applying a force in a cylindrical cheese sample by a compression plate 100 mm in diameter (P/100) coupled to the TA.HD plus testing machine (Stable Micro Systems, UK) with 50kg load cell. The test parameters were: 1.00 mm/s of pre-test, test and post-test speeds; 70% height loss; trigger force 5.0 g, sample rate 250 Hz. Data were analyzed using Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems, UK) software. Additionally, lipid, moisture and protein content were evaluated, as well as the proteolysis extent index (IEP) and proteolysis depth index (PDI). The experiment was arranged in a 5(freezing times) x 3(storage times) factorial with a completely randomized design (CRD) with 3 replicates (n = 3) and data were analyzed using ANOVA and linear regression with 5% of significance level. No significant differences were observed for TPA Hardness and TPA Chewiness in the studied treatments. This fact can be explained by the constant values for moisture, protein, IEP and IPP that are characterized by influence these parameters. Elasticity TPA for storage time was crucial, in which this parameter showed a significant difference indicated by the decrease in resilience. The Cohesiveness TPA was similar to that observed for lipid content behavior, both influenced by the freezing weather. Probably the variations in fat content influence the sliding of matrix protein, interfering in this parameter. Results obtained in this study for mechanical response of mozzarella allow to state that fermented dough freezing can be a possible alternative to contour seasonality, for preserving the instrumental texture cheese attributes.

Keywords: rheology, TPA, instrumental texture, compressive tests.

*Advisor: Luciano Brito Rodrigues, Dr., UESB e Co-Advisor: Sibelli Passini Barbosa Ferrão, D.Sc., UESB.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE LEITES BOVINO E BUBALINO.	22
TABELA 2. RENDIMENTO INDUSTRIAL DE LEITE DE BÚFALA E VACA.....	23
TABELA 3. NÍVEL DESCRITIVO (P-VALUE) DO TRATAMENTO COM RELAÇÃO AO TEOR DE LIPÍDIOS, UMIDADE, PROTEÍNA, IEP E IPP.	42
TABELA 4. MODELO MATEMÁTICO PARA O TEOR DE LIPÍDIOS	44
TABELA 5. NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DO TRATAMENTO COM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS TPA	47
TABELA 7. MODELO MATEMÁTICO PARA ELASTICIDADE TPA DO QUEIJO MUÇARELA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO.	50
TABELA 8. MODELO MATEMÁTICO PARA COESIVIDADE TPA DO QUEIJO MUÇARELA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE CONGELAMENTO.....	52

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE BÚFALOS NO MUNDO (1961 A 2010)	21
FIGURA 2. REPRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS E EXPRESSÕES MATEMÁTICAS QUE DEFINEM TENSÃO E DEFORMAÇÃO.....	31
FIGURA 3. ENSAIOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE TEXTURA INSTRUMENTAL EM QUEIJOS E AS SUAS RESPECTIVAS FREQUÊNCIAS DE USO.	32
FIGURA 4. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DAS DUAS COMPRESSÕES EXIGIDAS PARA O TESTE DE ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA. (A) MOVIMENTO DESCENDENTE DO PRATO PLANO MÓVEL E PARALELO DURANTE A PRIMEIRA E SEGUNDA COMPRESSÃO E (B) MOVIMENTO ASCENDENTE PRATO PLANO MÓVEL E PARALELO DURANTE A PRIMEIRA E SEGUNDA COMPRESSÃO.....	33
FIGURA 5. MODELO TEÓRICO GENERALIZADO PARA ANÁLISE INSTRUMENTAL DO PERFIL DE TEXTURA.	34
FIGURA 6. VELOCIDADES UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE TEXTURA INSTRUMENTAL EM QUEIJOS E SUAS RESPECTIVAS FREQUÊNCIAS DE USO.	35
FIGURA 7. NÍVEIS DE DEFORMAÇÃO UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE TEXTURA INSTRUMENTAL EM QUEIJOS E SUAS RESPECTIVAS FREQUÊNCIAS DE USO.	36
FIGURA 8. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DO QUEIJO MUÇARELA DE BÚFALA.	39
FIGURA 9. ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA DOS QUEIJOS PARA OS ENSAIOS MECÂNICOS. (A) BARRA DE QUEIJO RETIRADO DA EMBALAGEM, (B) DESCARTE DAS EXTREMIDADES, (C) CORTE TRANSVERSAL, (D) RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS COM DISPOSITIVO METÁLICO E (E) CORPOS DE PROVA.....	40
FIGURA 10. VARIAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DO TEOR DE GORDURA DURANTE OS 160 DIAS DE CONGELAMENTO.	44
FIGURA 11. COMPORTAMENTO DAS AMOSTRAS DURANTE O TPA (20° DIA).....	46
FIGURA 12. VARIAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DA ELASTICIDADE TPA DURANTE OS 30 DIAS DE ARMAZENAMENTO.....	50
FIGURA 13. VARIAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DA COESIVIDADE DURANTE OS 160 DIAS DE CONGELAMENTO.	52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCB	Associação Brasileira de Criadores de Búfalos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nation</i> (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEP	Índice de Extensão de Proteólise
IN	Instrução Normativa
IPP	Índice de Profundidade de Proteólise
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
LabEM	Laboratório de Ensaaios de Materiais
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NNC	Nitrogênio não caseinoso
NNP	Nitrogênio não proteico
NT	Nitrogênio Total
P	Probabilidade
pH	Potencial hidrogeniônico
PT	Proteína Total
r	Coefficiente de correlação
R²	Coefficiente de determinação
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
TCA	Ácido Tricloroacético
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i> (Análise do Perfil de Textura)
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UI	Unidade Internacional
ϵ	Deformação
σ	Tensão normal
t_c	Tempo de congelamento
t_a	Tempo de armazenamento refrigerado

LISTA DE UNIDADES

(*)	Parâmetro Adimensional
cm	Centímetro
g	Gramas
m/v	Massa por volume
mm	Milímetro
mm/s	Milímetro por segundo
N	Newton
°C	Graus Celsius
s	Segundo

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xiii
LISTA DE UNIDADES	xiv
1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	20
2.1 Geral	20
2.2 Específicos.....	20
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
3.1 Dados Gerais	21
3.2 O leite de búfala e sua utilização na indústria	22
3.2.1 Características Gerais	22
3.2.2 Queijo Muçarela	23
3.3 Congelamento da massa fermentada	25
3.4 Textura em alimentos	29
3.4.1 Textura de queijos – Reologia	30
3.4.2 Textura de queijos – Métodos Instrumentais	31
4. MATERIAL E METÓDOS	37
4.1 Processamento do queijo muçarela	37
4.2 Análise Instrumental - TPA.....	39
4.3 Análises físico-químicas.....	40
4.4 Análise dos resultados	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1 Físico-Químicas.....	42
5.1.1 Lipídios	42
5.1.2 Umidade.....	44
5.1.3 Proteína, IPP e IEP	44
5.2 Análise do Perfil de Textura.....	45
5.2.1 Dureza TPA	48
5.2.2 Elasticidade TPA	49
5.2.3 Coesividade TPA	51

5.2.4 Mastigabilidade TPA	52
6. CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

O leite de búfala, dado o seu sabor peculiar e presença de maior porcentagem de seus constituintes, principalmente gordura e proteína, os quais são responsáveis pelas características físicas de estrutura, cor e sabor do leite e seus derivados, é matéria prima ideal para a elaboração de diversos tipos de queijo, em particular a tradicional *mozzarella*, ou muçarela, um tipo de queijo fresco de massa filada originário da Itália no século XVI, produzida exclusivamente com leite de búfalas, a que lhe confere sabor, aroma e textura característicos (BENEVIDES, 1998; ABCB, 2012).

Apesar de ter o maior rebanho de búfalo do Ocidente e do Hemisfério Sul, a maioria dos búfalos brasileiros ainda é criada em modelo extensivo, para abate (TERRA, 2012). Com isso, a estacionalidade reprodutiva influencia principalmente a distribuição de leite ao longo do ano. Para laticínios especializados em produção de muçarela, as variações sazonais na disponibilidade do leite de búfala, aliado ao preço mais elevado em relação ao leite de vaca, influenciam significativamente a distribuição dos produtos no período de entressafra.

Segundo Jesus (2013), muitos laticínios frequentemente misturam o leite de vaca com o leite de búfala na produção dos queijos. Segundo a autora, há evidências de laticinistas que tem reembalado queijos e colocado nova data de validade e fabricação, para que sejam aceito no mercado.

Dado a oportunidade de fraude, no Brasil, a ABCB – Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos (2012) implantou em 2001 o “Selo de Pureza”, com objetivo de proteger o consumidor e fomentar e resguardar a bubalinocultura das fraudes cometidas pelas industriais que substituem o leite de búfala pelo de vaca, por exemplo.

Por ter a muçarela como o produto de maior interesse econômico e tecnológico produzido com o leite de búfala, os laticínios têm buscado alternativas para contornar a sazonalidade. Destas, destacam-se: i) o congelamento do produto final por um prazo de até seis meses, que tem como empecilho as modificações nas características sensoriais e intrínsecas, quando estocado por períodos longos (VIEIRA et al., 2009); ii) utilização de leite congelado e estocado para a fabricação do queijo – inviabilizada pela dificuldade do armazenamento de um grande volume de leite (KATIKI, BONASSI & ROÇA, 2006); e, iii) a fabricação de queijos com coalhadas congeladas (FRIANO et al., 2008).

A utilização de coalhadas congeladas ainda necessita de maiores estudos, pois durante o tempo de estocagem da massa para fabricação de muçarela ou do próprio queijo filado, algumas alterações podem ser produzidas durante o ciclo de congelamento e

descongelamento, as quais podem levar à desestabilização de proteínas e gordura na matriz proteica, resultando na perda de qualidade no produto final.

Durante o processo de escolha de alimentos, dois aspectos são considerados essenciais na avaliação da qualidade: os aspectos sensoriais, que englobam a aparência, o sabor e a textura e os aspectos nutricionais.

Dentre os atributos sensoriais comumente estudados, a importância da textura na aceitabilidade global de alimentos varia amplamente dependendo do tipo de alimento analisado, podendo ser considerada um fator crítico, importante ou de menor relevância na qualidade global do alimento avaliado (BOURNE, 2002).

No que se refere a queijo, a textura é geralmente limitada às sensações experimentadas durante o mastigar, sugerindo o papel preponderante das propriedades mecânicas. No entanto, além da força e deformação, como as que ocorrem em parte da mastigação, outros processos, como a manipulação da massa através da mistura com a língua e também saliva ocorrem e resultam em percepções sensoriais únicas de textura que não são medidos por instrumentos (FOEGEDING e DRAKE, 2007).

O conhecimento das propriedades texturais de um alimento tem grande importância em projetos e previsão da estabilidade de amostras armazenadas, visto que o tempo desempenha uma importante influência sobre o comportamento reológico e sensorial do alimento.

Atualmente várias indústrias empregam análises de textura buscando melhorias de qualidade, quanto à maciez, firmeza, crocância, padronização, entre outros atributos para seus produtos, sendo a análise instrumental priorizada, principalmente devido à facilidade e simplicidade de padronização em relação à utilização de painéis sensoriais treinados (FOX et al., 2000; ROSENTHAL, 1999; SZCZESNIAK, 2002).

A avaliação instrumental é realizada através de métodos agrupados em três categorias: fundamental, testes empíricos e imitativos. Esses métodos têm por objetivo a avaliação das propriedades mecânicas a partir de forças aplicadas ao alimento tais como, compressão, cisalhamento, corte e tensão. A Análise do Perfil de Textura instrumental (TPA, do inglês *Texture Profile Analysis*), por exemplo, aplica sucessivas forças deformantes, numa simulação da ação de compressão e corte dos dentes durante a mastigação (BOURNE, 2002).

Neste contexto, o presente estudo ao avaliar, sob o aspecto mecânico, o efeito do tempo de congelamento da coalhada fermentada de leite de búfala sobre a qualidade queijo muçarela refrigerado, apresenta-se como uma vertente do trabalho de Jesus (2013). Outra vertente, que

já vem sendo estudada, é o efeito deste tratamento sobre a qualidade nutricional e o perfil de ácidos graxos da muçarela.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Estudar o efeito do tempo de congelamento da massa fermentada de leite de búfala sobre o comportamento mecânico de queijos muçarela, durante seu período de validade, através da Análise do Perfil de Textura (TPA).

2.2 ESPECÍFICOS

- Fabricar os queijos a partir das massas fermentadas e congeladas;
- Avaliar, durante o prazo de validade comercial, os parâmetros de textura instrumental do queijo muçarela fabricado, por meio do método Análise do Perfil de Textura (TPA);
- Quantificar a proteólise ao longo do período de armazenagem através das determinações químicas do nitrogênio solúvel a pH 4,6 e 12% TCA (extensão e profundidade);
- Realizar as análises de gordura e umidade visando verificar a relação entre o comportamento mecânico com as possíveis variações na composição do queijo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DADOS GERAIS

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que, em 2011, o rebanho brasileiro de bubalinos estava estimado em torno de 1,27 milhão de animais, crescimento de 7,8% em relação a 2010. A região Norte, com 820 mil animais, é a maior criadora do País. Em seguida, aparecem o Sudeste e o Nordeste, com 133.116 e 125.692 cabeças, respectivamente (IBGE, 2011).

Dentre os Estados brasileiros destaca-se o Pará, que responde por 38% do rebanho nacional, o Amapá e o Maranhão com 18,4 e 6,5%, respectivamente. A Bahia ocupa o nono lugar no *ranking* nacional e segundo lugar no *ranking* regional com um rebanho estimado em 27.171 cabeças (2,1%) (IBGE, 2011).

A expansão da bubalinocultura no Brasil segue tendências de mercado. Observando as estimativas da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2010), nota-se aumento do número de bubalinos no mundo de aproximadamente 120%, passando de 88 milhões em 1961, para 194 milhões de cabeças em 2010 (Figura 1).

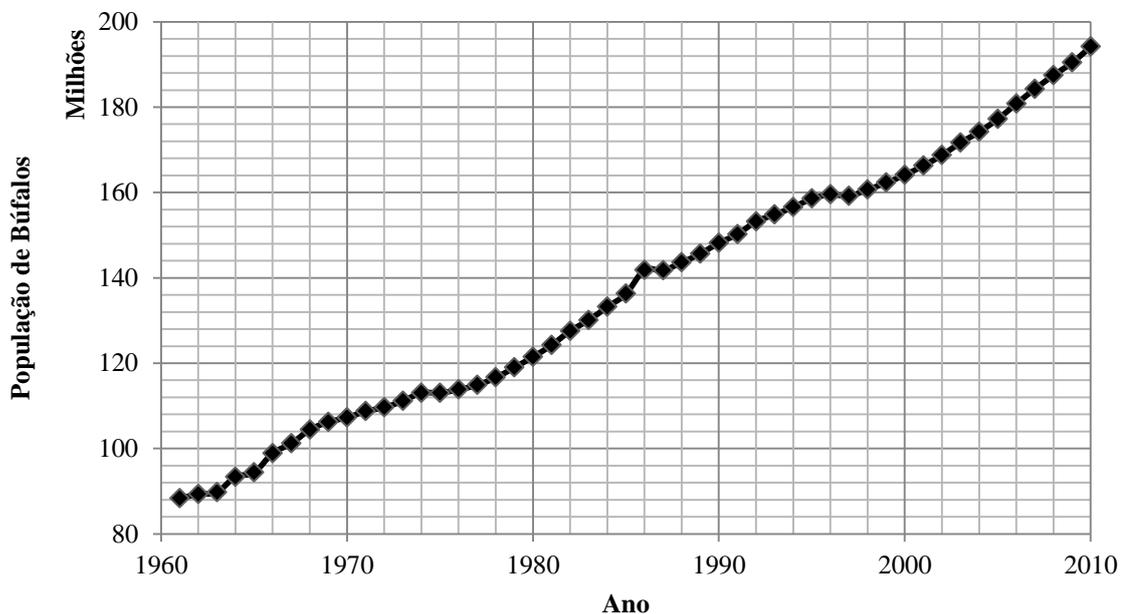


Figura 1. Estimativa da População de búfalos no mundo (1961 a 2010)
Fonte dos dados: FAO (2010).

No Brasil, são reconhecidas pela Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB) quatro raças: Carabao, pertencente ao grupo de búfalos de pântano e Mediterrânea, Murrah e Jafarabadi, todos denominados búfalos de rio. Dentre os búfalos de rio, a raça

Murrah, originária do norte da Índia, é a raça mais difundida por sua aptidão leiteira, principalmente, nos sistemas intensivos de criação (ALBUQUERQUE et al., 2006). Tem-se ainda no rebanho nacional a presença de animais mestiços das raças citadas.

3.2 O LEITE DE BÚFALA E SUA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA

3.2.1 Características Gerais

O leite de búfala apresenta características muito próprias e que permitem sua fácil identificação sob o ponto de vista físico-químico e sensorial. Seu sabor é peculiar, ligeiramente adocicado e é muito mais branco quando comparado ao leite bovino, sendo igualmente brancos a manteiga e os queijos produzidos com esse leite. Isto se deve a ausência de pigmentos carotenoides, estando presente a vitamina A, que é incolor. Já no leite de vaca encontra-se a provitamina A ou caroteno, responsável pela coloração amarelada da gordura. Além disso, apresenta-se com maiores teores de proteína, gordura e minerais como cálcio e fósforo em relação ao leite bovino (BENEVIDES, 1998; OLIVIERI, 2004). A Tabela 1 apresenta a comparação da composição química dos leites de vaca e búfala.

Tabela 1. Composição química de leites bovino e bubalino.

Parâmetros determinados	Leite	
	Vaca	Búfala
Umidade (%)	88,00	83,00
Gordura (%)	3,68	8,16
Proteína (%)	3,70	4,50
Cinzas (%)	0,70	0,70
Extrato seco total (%)	12,00	17,00
Vitamina A (U.I.)	185,49	204,27
Calorias (em 100mL)	62,83	104,29

Fonte: (VERRUMA & SALGADO, 1994)

Segundo Mesquita et al. (2001), algumas características fazem desse leite um produto típico e diferente quando comparado com leites de outras espécies. Ele apresenta micelas de caseína grandes, proporcionando rápida coagulação no processamento, com menos água e, conseqüentemente, produtos de corpo firme; sua gordura é constituída de glóbulos maiores e de coloração clara; os ácidos capróico, caprílico e cáprico são encontrados em menor quantidade e, quando liberados nos derivados lácteos, contribuem com o sabor e aroma característicos. Além disso, a hidrólise durante a maturação dos seus derivados é mais lenta, no que se refere às atividades lipolíticas e proteolíticas.

No Brasil, o consumo do leite de búfala em seu estado natural ainda não é difundido. Seu alto teor de matéria gorda lhe confere características sensoriais indesejáveis, além de dificultar a sua assimilação pelo organismo humano. Por outro lado, o seu elevado teor de extrato seco, incluindo gordura e proteína, possibilita um alto rendimento industrial, demonstrando assim que a grande importância desse alimento está na sua transformação em derivados (OLIVIERI, 2004). Teixeira, Bastianetto & Oliveira (2005) afirmam que o leite bubalino é cerca de 40-50% mais produtivo na elaboração de derivados (queijos, iogurte, doce de leite, etc.) que o leite bovino, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Rendimento industrial de leite de búfala e vaca

Derivado	Volume de leite/quilo de produto		Rendimento comparado Búfala/Vaca (%)
	Búfala	Vaca	
Iogurte	1,20	2,00	40,00
Queijo CPATU	4,56	6,00 - 8,00	35,00
Mozzarella	5,50	8,00 -10,00	39,00
Provolone	7,43	8,00 -10,00	20,00
Queijo Marajó	6,00	10,00 -12,00	41,00
Doce de leite	2,56	3,50	29,00

Fonte: (TEIXEIRA, BASTIANETTO & OLIVEIRA, 2005)

Entre os produtos elaborados a partir desse leite em diferentes países, são citados: o leite condensado, leite em pó integral ou desnatado, manteiga, leite fermentado, diversos tipos de queijos e produtos lácteos indígenas, como *ghee*, *khoa* e *paneer*. Nacionalmente, a muçarela se destaca como um dos principais queijos elaborados com leite de búfala, sendo fabricado de acordo com a tecnologia de produção tradicional italiana, apresentando alta aceitação pelos consumidores (OLIVIERI, 2004).

3.2.2 *Queijo Muçarela*

Queijo é o nome genérico para um grupo de alimentos fermentados à base de leite com grande diversidade de sabor, textura e formas. É um concentrado lácteo constituído de proteínas, lipídeos, carboidratos, sais minerais, cálcio, fósforo e vitaminas (FOX et al., 2000).

A muçarela pertence ao grupo dos queijos de massa filada. Os queijos deste grupo destacam-se dos demais pela etapa de filagem, na qual a massa é submetida a um trabalho mecânico em água quente (mínimo 55°C). Por meio desta etapa a massa fermentada que tinha

uma estrutura amorfa, torna-se elástica, com estrutura fechada, compacta e fibrilar (BRASIL, 1997).

De acordo com a Portaria nº 146/1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (BRASIL, 1996).

No Brasil, não existe uma normativa específica para queijos muçarela bubalinos. A legislação nacional regulamenta a produção de queijos tipo muçarela, ou seja, fabricados sem distinção quanto ao leite utilizado. Frente a isso, a definição para o produto estudado é apresentada tendo por referência as normativas vigentes segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1997b) e a Portaria nº 364/1997 do MAPA (BRASIL, 1997a).

Para o RIISPOA, queijo tipo muçarela é o produto adquirido a partir do leite pasteurizado, de massa filada e não prensada, entregue ao consumo até cinco dias após sua fabricação, devendo apresentar-se com: formato variável, entre cilíndrico e paralelepípedo; peso de 15g a 4 kg; crosta fina, de cor amarelada; consistência de massa semidura; textura compacta e fechada; cor branco-creme e homogênea e odor e sabor suave e salgado, respectivamente (BRASIL, 1997).

Complementarmente, a Portaria nº 364/1997 do MAPA o define como produto obtido por filagem de uma massa acidificada (produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas), complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas. Podendo ser designado (denominação de venda) como *mozzarella*, *muzzarella* ou *mussarela* (BRASIL, 1997).

O padrão italiano para a tradicional muçarela é um queijo feito a partir de leite bubalino integral, com alto teor de gordura, de massa filada mole, de cor branco-perolado ou branco-porcelâneo, superfície fina e luminosa com crosta fina e solta (menos de 1 mm), forma globosa, estrutura de folhas sobrepostas, consistente na mastigação, proporcionando elasticidade e densidade persistente durante todo o processo de mastigação e como

característica principal pode-se citar o seu “frescor”, que realça as notas odoríferas e aromáticas ligadas ao leite e ao método de coagulação (MOZZARELLA DI BUFALA, 2006).

O queijo *mozzarella* é originário do sul da Itália, região de Campana (perto de Nápoles, século XVI), sendo que este termo foi registrado pela primeira vez em um livro de receitas datado de 1570 por um chefe de cozinha da corte papal chamado Scarppi (MOZZARELLA DI BUFALA, 2006). Hoje esta região possui o selo de origem da autêntica *mozzarella* e a fabricação deste queijo é feita com a adição do fermento láctico (método tradicional de fabricação) ou ácidos orgânicos (metodologia recente) ao leite de búfala integral. Posteriormente são realizadas as seguintes etapas: adição do coalho e após a formação do coágulo; corte da massa em grãos (3 x 3cm); drenagem do soro; filagem (massa com pH entre 5,2 e 5,4, com água a 85°C); molde e salga (opcional) da massa em solução a 2% de cloreto de sódio (TEIXEIRA, BASTIANETTO & OLIVEIRA, 2005; VIEIRA et al., 2009).

Este queijo é comercializado moldado em diversos formatos tais como: bolas, nozinhos, tranças ou barras, sendo embaladas em soro ou não (ABCB, 2012). Devido às peculiaridades da tecnologia de preparo, é produzido no Brasil, principalmente, por pequenas indústrias e em âmbito artesanal, sendo distribuído por quase todo o país (VIEIRA et al., 2009).

3.3 CONGELAMENTO DA MASSA FERMENTADA

Atualmente devido ao crescimento da demanda por este produto, têm ocorrido problemas de abastecimento principalmente durante o período da entressafra. Por esse motivo, existe demanda para a pesquisa que vise o desenvolvimento de tecnologias com o intuito de conservar parte do leite de búfala produzido na safra (outono/inverno) para produção de queijos na entressafra.

Como a muçarela é o produto de maior interesse econômico e tecnológico produzido com o leite de búfala, para contornar a sazonalidade, muitos laticínios congelam o produto final por um prazo de até seis meses, sem nenhuma garantia sobre a qualidade no término desse período de congelamento. Considerando que a vida-de-prateleira da muçarela de búfala é de aproximadamente um mês, geralmente o produto congelado é comercializado sem respaldo legal e, na maior parte das vezes, com qualidade inferior ao padrão desejado (VIEIRA et al., 2009).

É válido ressaltar que as etapas finais de fabricação do queijo (filagem, moldagem, resfriamento, salga e embalagem) são essenciais para a obtenção de um produto final com alta qualidade. Assim, o congelamento direto do produto final não conserva as características sensoriais e intrínsecas, quando estocado por períodos longos (VIEIRA et al., 2009).

Cervantes, Lund & Olson (1983) ao estudar os efeitos da concentração de sal e congelamento na textura de queijo muçarela, concluíram que após uma semana de congelamento, queijos muçarela de baixa umidade não apresentaram diferenças significativas quando avaliada por compressão, flexão e avaliação sensorial.

Riscado et al. (2004) estudaram os efeitos do congelamento do queijo muçarela de leite de búfala, durante seis meses, sobre a aceitação do produto. Quanto aos resultados obtidos verificaram que as notas de todas as amostras situaram-se na região indicativa de aceitação do produto, com valores superiores a cinco, nas quais as médias obtidas para as amostras foram: no tempo 0 (zero), 6,5; aos 30 dias, 7,2; aos 60 dias, 6,3; aos 90 dias, 6,7, e aos 180 dias, 6,7. Com isso, os autores concluíram não haver diferença significativa entre os tempos de congelamento.

Graiver, Zaritzky & Califano (2004) avaliaram o comportamento viscoelástico de queijos muçarela refrigerados e congelados e concluíram que este tratamento acelera a proteólise durante o período de maturação após o descongelamento. Assim, recomendaram a redução, em cerca de uma semana, do período de maturação de queijos congelados quando comparados a queijos frescos.

Por outro lado, os mesmo autores trazem que o congelamento de queijo deve ser geralmente evitado, pois tende a produzir um colapso na estrutura dos queijos. Salientando ainda que as alterações por congelamento variam muito a depender do tempo de congelamento e descongelamento.

Uma alternativa possível para contornar este problema seria a fabricação de queijos com a utilização de leite congelado e estocado. Contudo, esta alternativa é inviabilizada pela dificuldade do armazenamento de um grande volume de leite, o que também aumentaria muito o custo de produção. Além disso, o congelamento pode alterar o equilíbrio físico do sistema devido ao aparecimento de cristais de lactose, agregados de caseína, além da provável ocorrência de alteração do gosto (oxidado) atribuído à destruição da membrana do glóbulo de gordura por cristais de gelo (KATIKI, BONASSI & ROÇA, 2006).

Giovanni et al. (2003) avaliaram as características físico-químicas do queijo muçarela produzido a partir do leite bubalino congelado (-18°C). Para isso, realizaram três tratamentos: T, queijo produzido a partir do leite fresco, que foi considerado como queijo referência (controle); T2 e T3 elaborados com leite congelado e armazenado por 25 e 50 dias respectivamente. Os resultados obtidos evidenciaram que as características do queijo tipo

muçarela elaborado a partir de leite de búfala congelado diferiram do queijo produzido com leite fresco.

Há trabalhos que evidenciam o efeito do congelamento sobre o leite de caprino. Gomes, Bonassi & Roça (1997) observaram aspecto floculado após o descongelamento do leite de cabra e atribuíram essas características a modificações físicas da proteína, acentuadas pelo congelamento lento após a pasteurização. Foi observado que o leite congelado (-18°C) por 3 meses não apresentou diferenças significativas quanto as características químicas e microbiológicas. Apenas a acidez apresentou decréscimo significativo. Por outro lado, os mesmo autores citam que, sensorialmente, a qualidade do leite, modificações significativas, com perdas de sabor e aroma característicos e o declínio acentuado da aparência geral durante o armazenamento, determinado principalmente pela floculação do leite.

Curi & Bonassi (2007) processaram queijos análogos ao Pecorino Romano utilizando leite de cabra e coalhada congelados, e observaram que o melhor tratamento foi aquele em que os queijos foram elaborados com leite congelado em nitrogênio líquido. Os autores citaram ainda que mesmo os queijos elaborados com a coalhada congelada, que obtiveram o pior desempenho sensorial, não apresentaram resultados que os desqualificariam totalmente. Portanto, o congelamento do leite poderia ser utilizado na entressafra.

Apresenta-se também como alternativa a fabricação de queijos com coalhadas congeladas. Porém, durante o tempo de estocagem da massa para fabricação de muçarela ou do próprio queijo filado, em temperatura de congelamento, podem ocorrer modificações físicas e químicas, principalmente em relação às proteínas do queijo. Estas alterações devem ser controladas, pois podem representar perda de qualidade no produto final.

Friano et al. (2008) estudaram as características físico-químicas da muçarela de búfala produzida a partir de massa fermentada e congelada por 45, 90, 135 e 180 dias comparando-as com os queijos congelados no mesmo período. De modo geral, os resultados obtidos mostraram que não ocorreram mudanças significativas nos índices de proteólise dos queijos durante 180 dias de armazenamento. Os autores salientam que os queijos filados a partir da massa congelada apresentaram características físico-químicas compatíveis com o queijo congelado do referido período. Assim, concluíram que a tecnologia de congelamento é viável para a produção de queijo mozzarella de leite de búfala por um período de até seis meses.

Katiki, Bonassi & Roça (2006) avaliaram um queijo obtido de massa mole com coagulação mista utilizando-se leite de cabra congelado pelos processos lento (*freezer* comum) ou rápido (nitrogênio líquido) e a fabricação do mesmo queijo utilizando-se coalhada

deessorada e congelada pelos mesmos processos. Os autores verificaram que os queijos resultantes do congelamento do leite e congelamento da coalhada pelos processos lento e rápido não diferiram dos queijos controle (sem congelamento) quanto ao rendimento, características físico-químicas, composição e aspectos microbiológicos, mesmo quando comparados aos resultados obtidos na matéria seca do queijo.

Ainda assim, os autores trazem que o congelamento da coalhada produz maiores alterações no produto final, tais como: i) aparecimento de sabor oxidado e metálico (oxidação dos ácidos graxos) e sabor insípido e doce (degradação das proteínas pelos microrganismos psicotróficos); ii) queijos com menor umidade, devido à redução da capacidade de retenção de água na micela decorrente de uma mudança na molécula da caseína durante o congelamento; iii) queijos com defeito de textura: estrutura em camadas devido à formação de cristais entre as micelas; e iv) queijos com menor teor proteico causado por uma maior proteólise (alteração na molécula da caseína, aumento de microrganismos proteolíticos, elevação do pH e a decomposição das proteínas alfa e beta-caseína).

Considerando as alternativas apresentadas, observa-se que o congelamento da massa fermentada representa uma tendência para contornar a sazonalidade do leite, visto que aparenta não depreciar significativamente a qualidade do produto final. É válido ressaltar que a forma com a qual o congelamento será conduzido, pode influenciar a qualidade do produto final. O congelamento rápido, por exemplo, forma cristais de gelo extremamente pequenos, que causarão um dano menor quando comparado ao processo lento em que são formados grandes cristais de gelo. O efeito dos tipos de congelamento pode ser observado sobre os microrganismos de maturação do queijo. No processo rápido de congelamento, há formação de cristais de gelo dentro das células dos microrganismos de maturação, sendo a sua destruição do tipo mecânica (destruição de organelas e membranas celulares). No congelamento lento há formação de cristais de gelo fora das células e o dano é do tipo físico-químico, devido à alteração no equilíbrio iônico na fase líquida (a concentração do soluto é maior no interior da célula). O congelamento rápido pode ocasionar choque térmico causando a lesão dos microrganismos. O choque é mais influente para termófilos e mesófilos do que para psicotróficos, mais influente para gram negativos do que gram positivos e mais para lactobacilos do que para estreptococos (PELAEZ, 1983).

Entretanto, percebe-se que os estudos para a utilização desse método ainda são escassos, necessitando de estudos científicos que possam comprovar sua viabilidade. Jesus (2013) avaliou a composição centesimal, o rendimento industrial, a derretibilidade e a atividade

proteolítica (através dos índices de extensão e profundidade e eletroforese) para queijos muçarela (de búfala) fabricados a partir de massas fermentadas e congeladas e expôs que com relação aos diferentes tempos de refrigeração não foi verificada diferença significativa para a composição centesimal, entretanto foi observado um efeito significativo com relação aos tempos de congelamento da coalhada fermentada. Apenas o congelamento da coalhada fermentada teve influência sobre o parâmetro pH e para o parâmetro acidez houve interação dos tempos de congelamento da coalhada fermentada do leite de búfala com os tempos de estocagem dos queijos sob refrigeração. Não houve efeito do congelamento da coalhada fermentada sobre a capacidade de derretimento dos queijos, porém os tempos de estocagem dos queijos sob refrigeração influenciaram significativamente no aumento da capacidade de derretimento. A proteólise foi mais rápida nos queijos preparados a partir de coalhada congelada, com a taxa dependendo do tempo de armazenamento em temperaturas de congelamento. Tais resultados permitem afirmar que a utilização de coalhada congelada de leite de búfala na fabricação de queijos muçarela pode ser uma alternativa viável para superar a escassez sazonal do leite de búfala.

3.4 TEXTURA EM ALIMENTOS

A textura de um alimento é um dos quatro fatores de qualidade mais importantes que influencia no processo de escolha pelo consumidor. A depender do produto em questão, a importância das propriedades de textura pode ser classificada como crítica, intermediária ou mínima. Por exemplo, em produtos derivados da carne, batatas fritas e pipoca a relevância do parâmetro é maior do que em sopas, alguns tipos de frutas ou hortaliças. No caso do queijo, a textura não é o aspecto dominante no processo de escolha, contudo nivela-se a parâmetros como o sabor e a aparência (BOURNE, 2002).

Szczesniak (2002) estabelece, como um consenso entre autores, que a textura é a “manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e de superfície de alimentos detectados pelos sentidos da visão, audição, toque e cinestesia”.

Por tratar-se de um atributo cujo conceito é vinculado à percepção sensorial, a textura de um alimento é originalmente determinada por meio de testes sensoriais. Em uma definição simples, a análise sensorial é um método científico que mede a resposta humana a estímulos externos. Ela estrutura-se na avaliação quantitativa ou qualitativa de um alimento tendo como referência a opinião de um grupo de julgadores, que pode ou não ser treinado a depender do tipo de teste que se deseja realizar. A literatura científica traz vários exemplos de sua

aplicação (MARSHALL, 1990; LI, CARPENTER & CHENEY, 1998; VERRUMA-BERNARDI & DAMASIO, 2004; SOUZA, et al., 2011; BEZERRA & CORREIA, 2012).

Apesar da eficácia dos procedimentos sensoriais na avaliação da textura de produtos alimentícios, desde a década de 1920 novas metodologias vem sendo criadas objetivando a determinação dos principais atributos por meio de métodos objetivos. Nesses casos, eram feitas medidas do comportamento mecânico do material de estudo quando exposto a ação de uma força a fim de simular, de forma básica, o complexo processo de mastigação. Os motivos que levaram ao seu desenvolvimento foram, principalmente, a facilidade e simplicidade de padronização em relação à utilização de painéis sensoriais treinados e o menor tempo de análise o que gera, conseqüentemente, menores custos (FOX et al., 2000; ROSENTHAL, 1999; SZCZESNIAK, 2002). Desde então, os ensaios instrumentais ganharam visibilidade dentro do ambiente científico através do estudo da mecânica clássica e da reologia.

3.4.1 *Textura de queijos – Reologia*

A reologia é o estudo da forma pela qual os materiais respondem quando expostos a condições de tensão ou deformação aplicadas (STEFFE, 1996). Seu campo estende-se desde a mecânica de fluidos Newtonianos até a elasticidade de Hooke, desempenhando um importante papel no desenvolvimento, fabricação e processamento de produtos alimentícios e servindo como um meio de controlar e monitorar um processo industrial (BOURNE, 2002).

O estudo das propriedades reológicas de um material quando aplicado à área de textura trata da relação das variáveis tensão e deformação com o tempo, aos quais disponibilizam subsídio necessário para a caracterização do comportamento deste material quando exposto a ação de uma carga. Conceitualmente, as definições de tensão e deformação de um material estão interligadas. A tensão descreve a intensidade da força interna sobre um plano específico (área) que passa por determinado ponto. Denomina-se como tensão normal (σ) a intensidade das forças no sentido perpendicular (P) por unidade de área (A). Por meio de sua aplicação os elementos estruturais que constituem o material testado podem ou não ser capazes de absorver a ação dessas forças sem que haja alterações significativas na geometria do corpo de prova. Quando o segundo caso é verdadeiro diz-se que o corpo sofreu uma deformação (ϵ). A figura 2 ilustra os conceitos e expressões matemáticas que definem as duas grandezas.

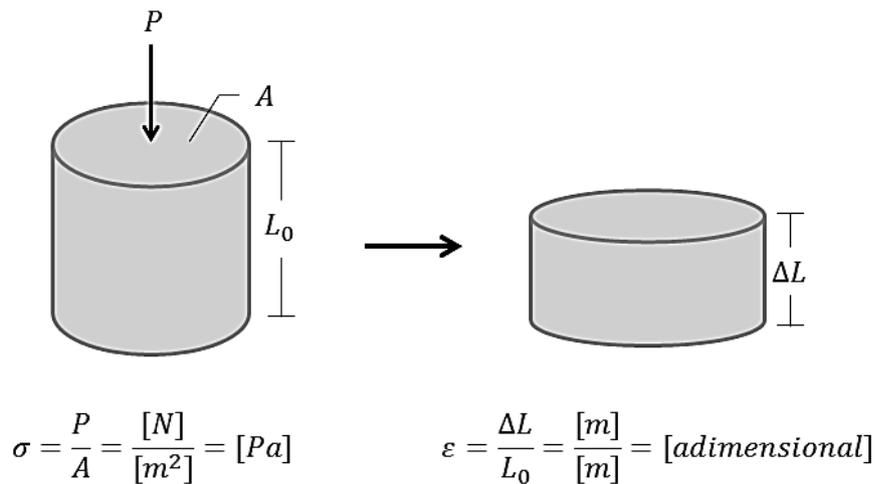


Figura 2. Representação dos conceitos e expressões matemáticas que definem Tensão e Deformação.

Fonte: BOURNE, 2002

No estudo da textura instrumental de queijos, todo o comportamento reológico irá depender de fatores como a sua composição, microestrutura (arranjo estrutural de seus componentes), do estado físico-químico das interações de seus componentes e de sua macroestrutura (presença de olhaduras, fissuras, etc.). Por exemplo, segundo alguns autores, as cadeias da matriz de caseína e os glóbulos de gordura tem um papel fundamental e são os principais responsáveis pela manutenção da estrutura do queijo, atuando como amortecedores contra os impactos que o produto sofre durante o seu ciclo de vida (GUNASEKARAN & AK, 2003; O' CALLAGHAN & GUINEE, 2004; FOX et al., 2000). Assim, a forma de avaliação desse comportamento mecânico em alimentos depende do objetivo da análise e do tipo de produto.

3.4.2 Textura de queijos – Métodos Instrumentais

De uma maneira geral, para a avaliação da textura instrumental de queijos seis formas de testes mecânicos podem ser utilizadas. Cada uma delas é baseada em um princípio e aplica-se a uma determinada situação. A figura 3 traz um levantamento efetuado em três periódicos considerados relevantes para o tema, onde há publicações que tratam da textura instrumental de queijos. Os artigos científicos foram coletados nos periódicos *Journal of Dairy Science* (todos os números desde 1910 a 2013), *Journal of Food Science* (todos os números desde 1936 a 2013) e *Journal of Texture Studies* (todos os números desde 1969 a 2013), no período de setembro a dezembro do ano de 2013.



Figura 3. Ensaios utilizados na determinação dos parâmetros de textura instrumental em queijos e as suas respectivas frequências de uso.

Fonte: Dados do Autor

Segundo as projeções, dos 116 artigos encontrados aproximadamente 80% dos artigos levantados utilizaram este tipo de ensaio, sendo que destes, aproximadamente 40% utilizaram a compressão em um ciclo e 60% utilizou a Análise do Perfil de Textura Instrumental.

Método consagrado em 1960, a Análise do Perfil de Textura Instrumental, também chamada de TPA (*Texture Profile Analysis*), é um método científico baseado na Análise do Perfil de Textura Sensorial. Seu princípio consiste na aplicação de uma compressão em dois ciclos sobre uma amostra de forma e tamanho padronizados (Figura 4).

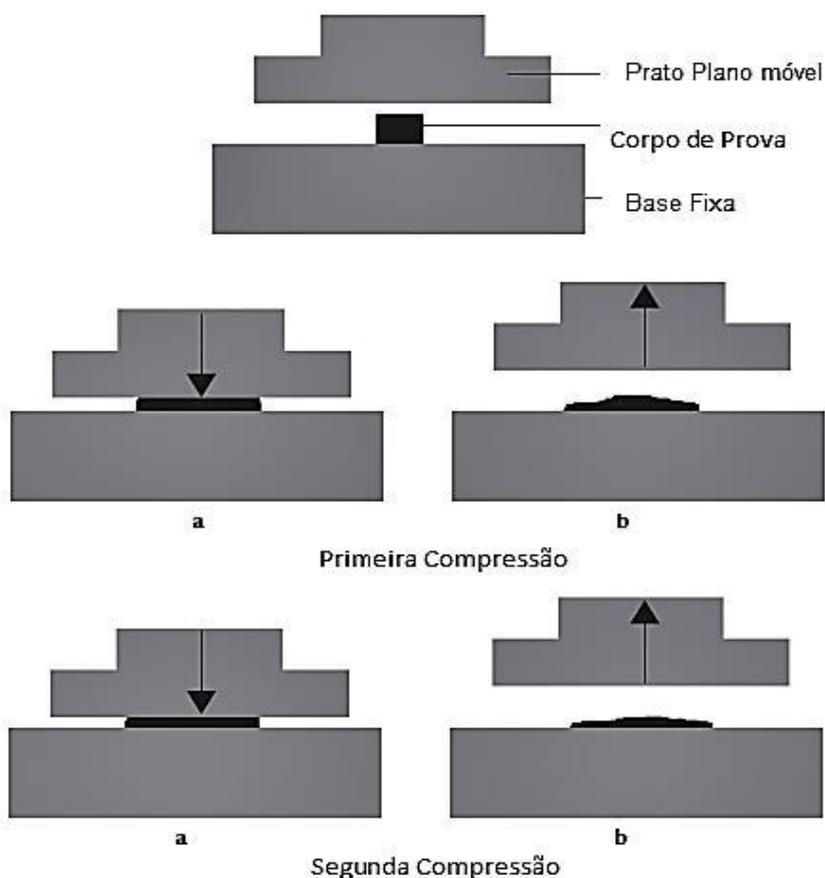


Figura4. Diagrama esquemático das duas compressões exigidas para o teste de análise do perfil de textura. (a) movimento descendente do prato plano móvel e paralelo durante a primeira e segunda compressão e (b) movimento ascendente prato plano móvel e paralelo durante a primeira e segunda compressão.

Fonte: Adaptado de BOURNE (2002).

O resultado deste ensaio permite a construção de um gráfico “Força x Tempo” (ou deformação), caracterizado por dois picos superiores distintos, representando os dois ciclos de compressão (duas mordidas), separados por um instante em que a força é zero, correspondente ao intervalo considerado para recuperação do material. A partir do gráfico obtido (Figura 5) é possível determinar os seguintes parâmetros referentes à textura (BOURNE, 2002; ROSENTHAL, 2010):

- a) Dureza TPA (*TPA hardness*): Força necessária para produzir certa deformação - Altura do pico de força, P_1 , no primeiro ciclo de compressão (primeira mordida);
- b) Elasticidade TPA (*TPA springness*): grau no qual um material deformado retorna a sua condição inicial após a remoção da força - Distância de recuperação que sofre o alimento entre a altura final da primeira mordida e o início da segunda (d_2)

- c) Coesividade TPA (*TPA cohesiveness*): Extensão a que um material pode ser deformado antes da sua ruptura - Divisão das áreas de força positiva no âmbito da primeira e segunda compressão (A_2/A_1);
- d) Adesividade TPA (*TPA adhesiveness*): Energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com a qual o alimento está em contato - Área de força negativa da primeira mordida (A_3) representado como o trabalho necessário para puxar a probe para fora da amostra;
- e) Gomosidade TPA (*TPA gumminess*): Força requerida para mastigar um alimento semissólido até que esteja apto a deglutição - É um parâmetro secundário dado por: $Dureza \times Coesividade$
- f) Mastigabilidade TPA (*TPA chewiness*): Força requerida para mastigar um alimento sólido até que esteja apto a deglutição - É um parâmetro secundário dado por: $Dureza \times Coesividade \times Elasticidade$.
- g) Fraturabilidade TPA (*TPA Fracturability*): Força pela qual um material fratura (alimentos que expõem alto grau de dureza e baixo grau de coesividade) - Força de quebra significativa na curva da primeira mordida, F_1 .

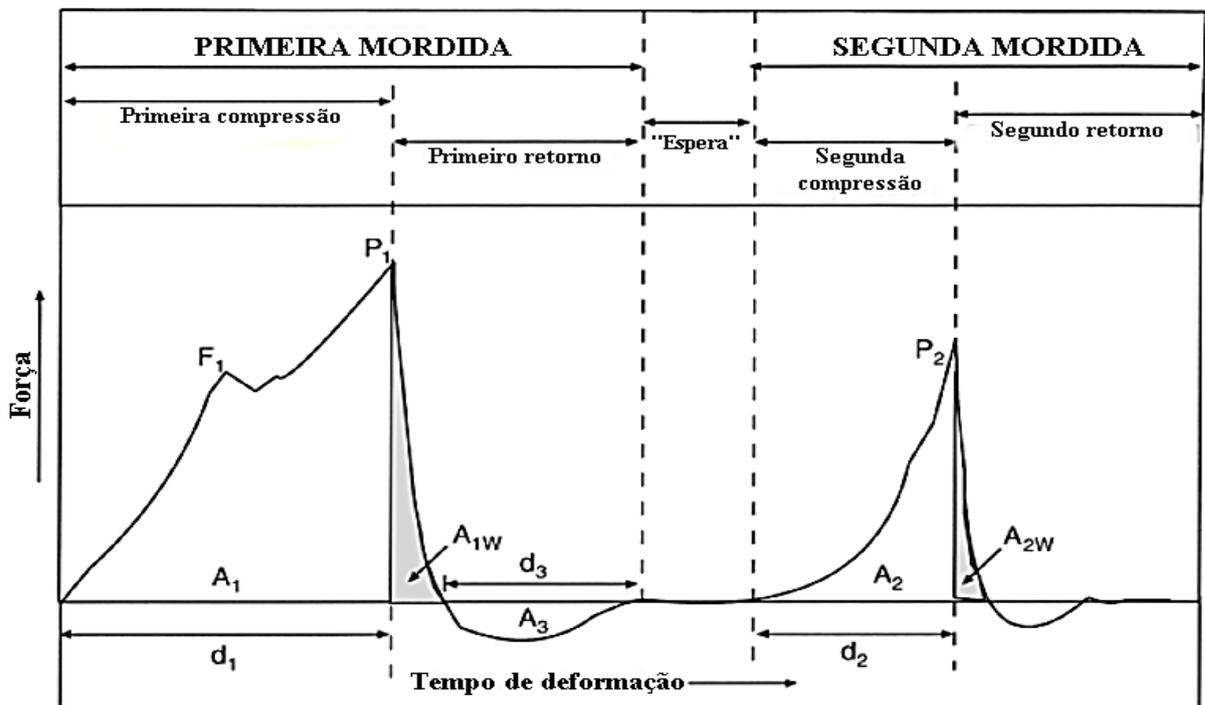


Figura 5. Modelo teórico generalizado para análise instrumental do perfil de textura.
 Fonte: Adaptado de Gunasekaran & Ak (2003)

É válido ressaltar que estes termos apresentam significados diferentes dos geralmente citados na reologia. Deve-se, portanto, ter o cuidado de denominá-los corretamente. Por exemplo, deve-se dizer dureza TPA e não somente dureza.

Os trabalhos conduzidos por: Cervantes, Lund & Olson (1983), Kindstedt et al.(1995), Ak & Gunasekaran (1997), Rudan et al. (1999), Bhaskaracharya & Shah (1999), Graiver, Breuil & Meullenet (2001), Lucey, Johnson & Horne (2003), Zaritzky & Califano (2004) e Caroprese et al. (2013) são alguns exemplos de trabalhos que utilizaram o TPA para o estudo de comportamento mecânico na área de alimentos.

Como em todo teste mecânico, a depender da configuração do ensaio, respostas distintas podem ser obtidas. Na determinação da textura instrumental, o nível e a taxa de deformação são parâmetros que devem ser considerados para uma correta medição. Nesse caso, o levantamento revelou que 70% dos experimentos realizados com TPA Instrumental utilizaram uma velocidade de 1 a 60 mm/s (Figura 6). Faixa mais limitada foi estabelecida nos experimentos conduzidos por Moigny, Meullenet & Xiong (2002) com queijo da variedade Cheddar onde foi constatado que as velocidades de deformação de 1 e 10 mm/s traduzem melhor os parâmetros de dureza, coesividade e elasticidade obtidos na análise.

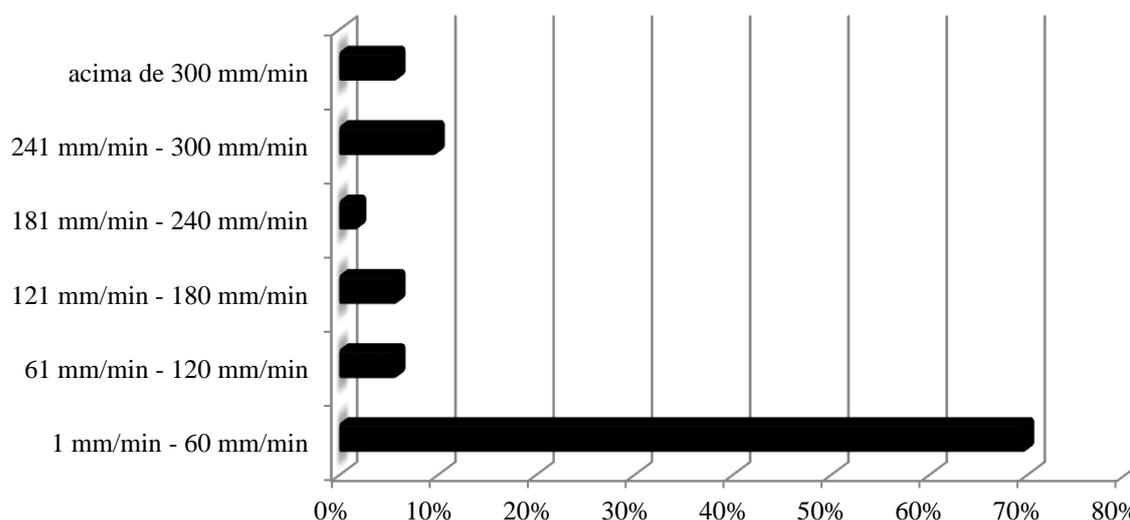


Figura 6. Velocidades utilizadas na determinação dos parâmetros de textura instrumental em queijos e suas respectivas frequências de uso.
Fonte: Dados do Autor

Ainda nesta categoria, 47 dos artigos avaliados (98%) utilizaram um nível de deformação que não ultrapassava 80% da altura inicial da amostra, e destes, 26 artigos (54%) tiveram preferência pelo uso de uma faixa de deformação que vai de 61 a 80% da altura

inicial dos corpos de prova (Figura 7). Esses dados têm similaridade com as considerações de Bourne (2002) que indica um nível de deformação entre 70 e 90% para garantir a ruptura do corpo de prova e, portanto, simular com maior precisão a ação de mastigação dos dentes.

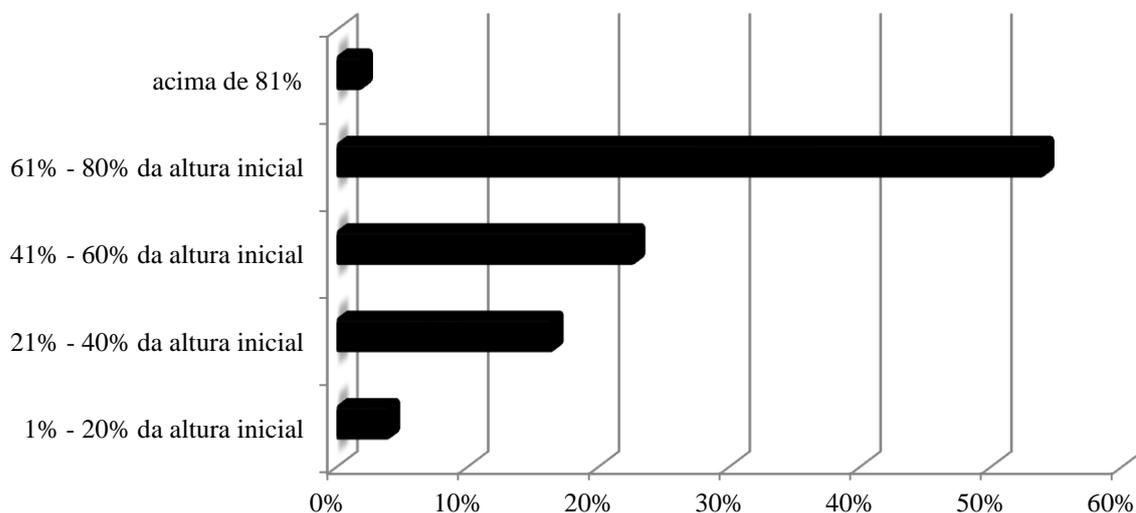


Figura 7. Níveis de deformação utilizados na determinação dos parâmetros de textura instrumental em queijos e suas respectivas frequências de uso.

Fonte: Dados do Autor

Dentre os periódicos pesquisados, observou-se a diminuição das pesquisas que utilizaram TPA após os anos 2000. A maior concentração de trabalhos na área se deu nas décadas entre 1970 e 1990, provavelmente, por ser o período que marca a inserção do método no meio científico para avaliação da textura instrumental. Além disso, muitos pesquisadores ainda preferem a utilização da análise sensorial. Embora, os resultados sejam subjetivos nesta análise, têm-se uma resposta em situação real e que aborda o limiar de percepção do julgador e não a magnitude da força aplicada na deglutição, por exemplo.

Ainda assim, os dados apresentados revelam altos índices na frequência de uso dos testes compressivos, principalmente o TPA, e o sugerem como o principal ensaio utilizado para avaliar a textura instrumental de queijo.

Devido à facilidade de condução do ensaio, bom grau de correlação com a avaliação sensorial (BREUIL & MEULLENET, 2001), objetividade dos resultados (magnitude) e utilização reiterada nos trabalhos citados, utilizou-se o TPA como método de avaliação mecânica neste estudo.

4. MATERIAL E METÓDOS

O presente estudo teve abordagem quantitativa, com fins descritivos e utilizou como meios o laboratório e a pesquisa bibliográfica. A pesquisa quantitativa, normalmente, procura identificar as relações de causa e efeito entre os fenômenos. Preferencialmente, essa abordagem é utilizada quando o propósito do projeto implica em medir a relação entre as variáveis, ou em avaliar o resultado do sistema ou projeto (ROESCH, 1999), ou quando se pretende trabalhar com a mensuração das características do fenômeno pesquisado. Para isso, normalmente, utiliza-se uma amostra (TRUJILLO, 2003), ou seja, uma parte da população que pode ser considerada representativa e que permite dessa forma conhecer as características de toda a população sem a necessidade de pesquisar todos os seus componentes (ZAPELINI & ZABELINI, 2013).

Quanto aos fins, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois procura observar, registrar, analisar, classificar e interpretar as variáveis, sem que haja a interferência/manipulação do pesquisador durante a condução do experimento. Este tipo de pesquisa tem como objetivo fundamental a descrição das características de determinada população ou fenômeno. (VERGARA, 2000).

Quanto aos meios trata-se de uma pesquisa de laboratório com levantamento bibliográfico. O laboratório é um local restrito, onde se deve conduzir uma experiência que, no campo, seria impossível (VERGARA, 2000). Assim, a pesquisa de laboratório pode ser considerada como a manipulação de uma variável em ambiente artificial, em que o controle pode ser completo (ZAPELINI & ZABELINI, 2013). A pesquisa bibliográfica foi por meio de consulta a materiais já publicados em livros, revistas, jornais, meios eletrônicos acessíveis ao público em geral. Portanto, serviu para a para elaboração de conceitos e do referencial teórico.

4.1 PROCESSAMENTO DO QUELJO MUÇARELA

As amostras de leite de búfala foram coletadas nos meses de setembro, outubro e novembro de 2012 e agosto de 2013, no período da manhã, em uma fazenda localizada no Município de Maiquinique – BA, sob o sistema de ordenha manual e em condições de ordenha higiênica, de fêmeas bubalinas mestiças Jafarabadi x Murrah, alimentadas a pasto (*Brachiaria decumbens*), no período final da lactação.

O experimento foi conduzido em um Laticínio situado na cidade de Itapetinga – BA no período de setembro de 2012 a agosto de 2013. O volume de leite utilizado para cada

repetição variou entre 70 e 100 litros, com padronização em aproximadamente 4,0% de gordura.

Para obtenção das coalhadas fermentadas (Figura 8), o leite foi pasteurizado a 65°C/30 minutos, seguido de resfriamento até a temperatura de 35°C. Em seguida, foram adicionados 1,0 g de cultura láctica mesófila, liofilizada (Fermento DVS-R704 Chr Hansen) constituída pelas espécies *Lactococcus Lactis* subespécie *Cremoris* e *Lactococcus Lactis* subespécie *lactis*, dissolvidos em 250 mL de leite de búfala; 5,0 mL de cloreto de cálcio a 50% e 9,0 mL de coalho (coagulante líquido HA-LA® do Brasil - Chr Hansen – força 1:3000). O leite permaneceu em repouso de 30 minutos, para que ocorresse a fermentação, e, conseqüentemente, à formação do coágulo (massa). A coalhada formada foi cortada no sentido vertical e depois horizontal com o auxílio de uma lira (gerando cubos de tamanhos médios a grandes, em torno de 1,5 cm a 2,0 cm de aresta). Posteriormente, foi feita a primeira mexedura da massa durante 15 minutos sem aquecimento, seguida de uma segunda mexedura da massa a 42°C, objetivando-se obter uma massa cozida e firme. Por fim, com o auxílio de uma prensa realizou-se a dessoragem (retirada do soro) e a coalhada ficou fermentando por um período de aproximadamente 18 horas.

Após a obtenção das massas fermentadas, as mesmas foram divididas em cinco blocos de massa aproximadamente iguais, sendo uma delas filada no mesmo dia (controle) e as demais transportadas até o laboratório de Processamento de Leite e Derivados da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foram congeladas a -20°C até o momento do descongelamento definido para cada tratamento e elaboração dos respectivos queijos:

- Tratamento 1 (T1) – sem congelamento da massa fermentada (controle);
- Tratamento 2 (T2) – massa fermentada congelada por 40 dias;
- Tratamento 3 (T3) – massa fermentada congelada por 80 dias;
- Tratamento 4 (T4) – massa fermentada congelada por 120 dias;
- Tratamento 5 (T5) – massa fermentada congelada por 160 dias.

A massa do tratamento controle (massa fresca), bem como as massas dos demais tratamentos (previamente descongeladas em seus respectivos tempos) foram fatiadas, filadas em água aquecida a 80° C, acondicionadas em formas próprias para muçarela, sendo viradas de 10 em 10 minutos durante 40 minutos. Em seguida os queijos foram colocados em salmoura 20% (m/v) por cerca de uma hora. Após esse período foram retirados da salmoura para posterior secagem sob refrigeração, durante doze horas, sendo embalados a vácuo para

posterior análise. Estes, foram estocados sob refrigeração sendo analisados com 10, 20 e 30 dias.

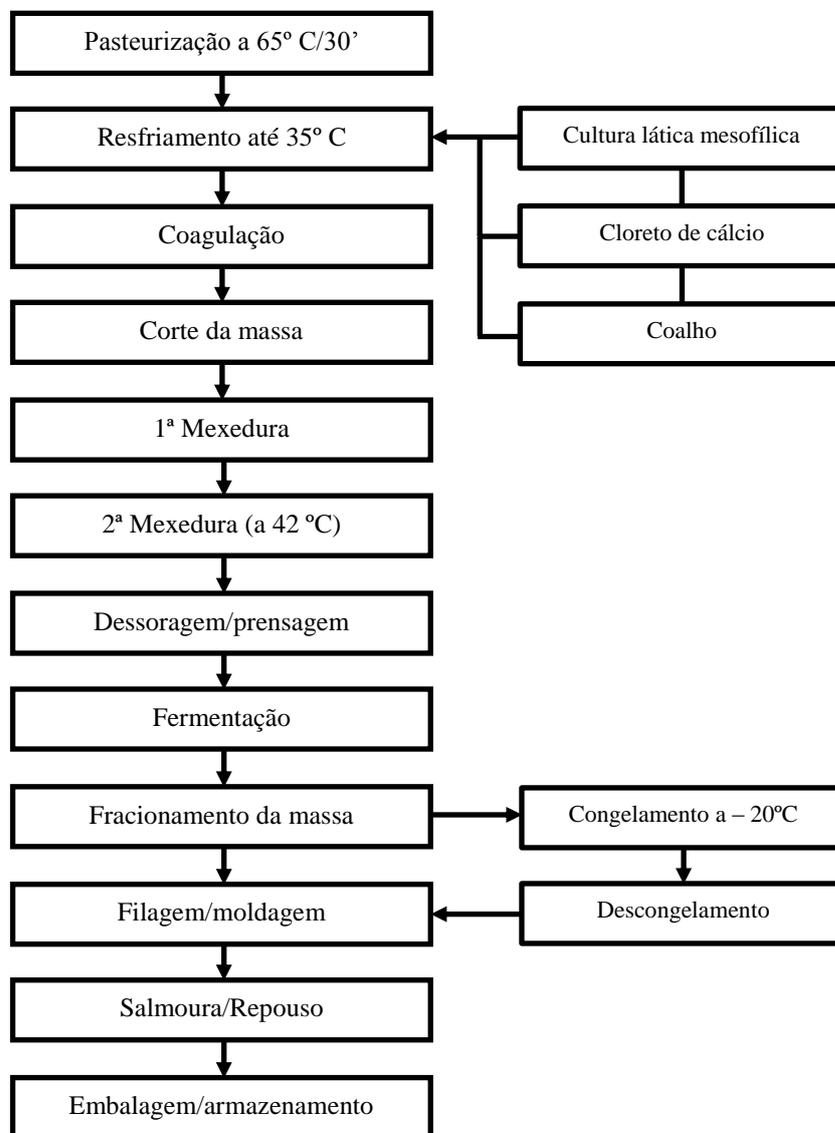


Figura 8. Fluxograma de produção do queijo muçarela de búfala.

Fonte: Dados do Autor

4.2 ANÁLISE INSTRUMENTAL - TPA

A análise do perfil de textura dos queijos muçarela foi realizada no Laboratório de Ensaio de Materiais – LabEM, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. O TPA consistiu na aplicação de força por meio de um prato de compressão de alumínio de 100 mm de diâmetro (P/100), acoplado ao equipamento TA.HD plus (Stable Micro Systems, UK), utilizando os seguintes parâmetros de ensaio: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,00 mm/s; percentual de compressão de 70%; força de contato de 5,0 g, coleta de 250 pontos por

segundo e célula de carga de 50kg. Os dados para obtenção dos parâmetros de textura foram processados através do *software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems, UK)*.

Para realização das análises, foram retiradas, de cada barra de queijo, 8 (oito) amostras cilíndricas com 20 (vinte) mm de diâmetro e 25 (vinte e cinco) mm de altura, utilizando-se um dispositivo de formato cilíndrico, vazado, com extremidades afiadas, permitindo a penetração no queijo, com um diâmetro interno igual ao diâmetro da amostra (Figura 9).

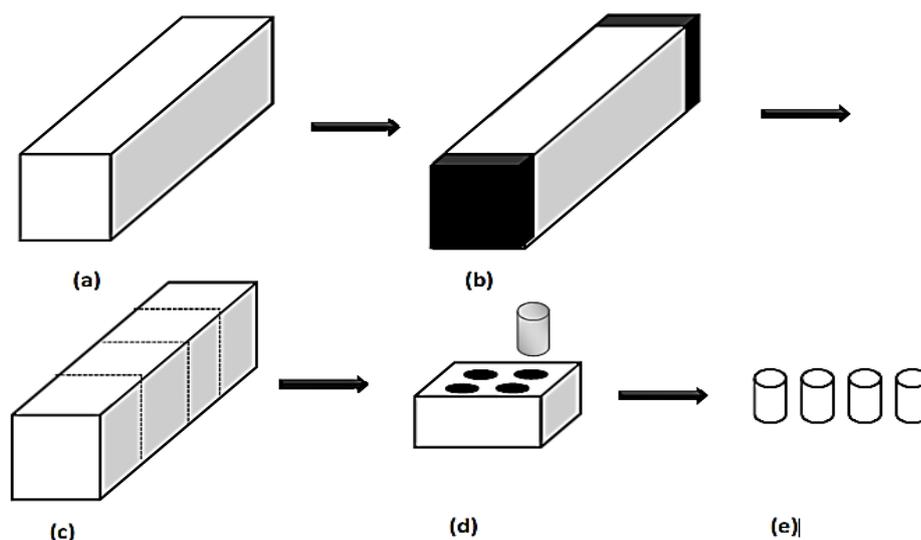


Figura 9. Esquema da retirada dos corpos de prova dos queijos para os ensaios mecânicos. (a) Barra de queijo retirado da embalagem, (b) descarte das extremidades, (c) corte transversal, (d) retirada dos corpos de prova cilíndricos com dispositivo metálico e (e) corpos de prova.
Fonte: Dados da pesquisa

Os queijos foram cortados previamente em fatias de modo a facilitar a retirada das amostras e evitar rachaduras e fragmentações dos queijos, causadas pelo processo de penetração do coletor de amostras. De cada extremidade dos queijos foram descartados 20 mm, visando manter uma homogeneidade na obtenção dos corpos de prova. Os cilindros foram embalados individualmente em filmes plásticos polietileno e mantidos refrigerados a 10°C por 24 horas antes do início dos testes a fim de manter as condições de teste homogêneas em cada uma das replicatas.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Após a retirada dos corpos de prova para análise de textura, os demais pedaços das fatias de queijo foram ralados para a realização das análises físico-químicas. As amostras

foram avaliadas quanto aos teores de umidade e lipídios, conforme Instrução Normativa nº 68 do MAPA(BRASIL, 2006) no mesmo período descrito para a condução do TPA.

A determinação do teor de Nitrogênio Total (NT) foi realizada pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia da AOAC 991.20(AOAC, 1997). A proteína total (PT) foi calculada pela multiplicação da porcentagem de NT por 6,38. O teor de nitrogênio não caseinoso – NNC (solúvel em pH 4,6) e de nitrogênio não protéico – NNP (solúvel em TCA 12%), segundo AOAC 991.21(AOAC, 1997).

A proteólise nos queijos foi avaliada com base nos índices de extensão (IEP) e profundidade (IPP) da proteólise e foram calculados de acordo com as Equações 1 e 2.

$$IEP (\%) = \frac{NNC (\%)}{NT (\%)} \times 100 \% \quad (\text{Eq.1})$$

$$IPP (\%) = \frac{NNP (\%)}{NT (\%)} \times 100 \% \quad (\text{Eq.2})$$

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O experimento foi conduzido no Delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5 tempos de congelamento (0, 40 e 80, 120 e 160 dias) x 3 tempos de armazenamento (10, 20 e 30 dias) com três repetições (n=3). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão linear com nível de significância de 5% através do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2011).

Os resultados dos testes (mecânicos e físico-químicos) nos diferentes tempos (10, 20 e 30) foram utilizados para análise de regressão e ajuste de modelos que expliquem o comportamento das respostas nos queijos elaborados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma a caracterizar os queijos obtidos durante o experimento, as médias obtidas para comprimento, largura e altura (em cm), respectivamente, foram: $12,74 \pm 0,23 \times 6,30 \pm 0,27 \times 5,64 \pm 0,86$. Com relação à massa, em média, os queijos possuíam $432,57 \pm 49,76$ (g). Referente ao preparo das amostras observou-se que os corpos de prova tinham $25,74 \pm 1,15$ (mm) de altura.

5.1 FÍSICO-QUÍMICAS

Para as análises físico-químicas, observou-se que a interação entre tempo de congelamento (t_c) e tempo de armazenamento (t_a) foi não significativa. Assim, os dois fatores atuam independentemente no estudo proposto (Tabela 3).

Tabela 3. Nível descritivo (p-value) do tratamento com relação ao teor de lipídios, umidade, proteína, IEP e IPP.

Parâmetro	P _{valor} (t_c)	P _{valor} (t_a)	P _{valor} ($t_c \times t_a$)
Lipídios (%)	0,0004	0,2081 ^{Ns}	0,8547 ^{Ns}
Umidade (%)	0,2733 ^{Ns}	0,7564 ^{Ns}	0,4910 ^{Ns}
Proteína (%)	0,9309 ^{Ns}	0,3754 ^{Ns}	0,3304 ^{Ns}
IEP (%)	0,2640 ^{Ns}	0,3379 ^{Ns}	0,3851 ^{Ns}
IPP (%)	0,7965 ^{Ns}	0,2127 ^{Ns}	0,6320 ^{Ns}

^{Ns}Diferença não significativa entre médias (P>0,05).

5.1.1 Lipídios

Avaliando o teor de lipídios, notou-se que este é influenciado somente pelo t_c , variando de 22,49% a 27,90% (Figura 10 e Tabela 3). Os valores obtidos são similares à faixa de 22% a 33% e 21,6% a 26,4%, encontrados por Gunasekaran & Ak (2003) para queijos duros e semiduros e Bhaskaracharya & Shah (1999) para muçarela de búfala, respectivamente.

O tamanho e distribuição dos glóbulos de gordura afetam as propriedades do queijo, pois a gordura presente na coalhada age como um plastificante e inibe a formação de ligações cruzadas entre as cadeias de caseína. À medida que o teor de gordura diminui, as alterações nas propriedades físicas e no sabor depreciam a qualidade do queijo (OLSON & JOHNSON, 1990; MISTRY, 2001).

As alterações nas propriedades funcionais e estruturais podem, por exemplo, ser devido à perda desta atividade plastificante da gordura, ocasionando um aumento das ligações

cruzadas dentro da coalhada e, conseqüentemente, no queijo. A redução do teor de lipídios resulta em uma matriz estrutural mais densa, resultando em queijos mais firmes e secos (EMMONS et al., 1980; AK & GUNASEKARAN, 1997). Bhaskaracharya & Shah (1999) relatam que há uma relação diretamente proporcional entre o teor de gordura do queijo muçarela e a retenção de umidade, assim com a diminuição do percentual de lipídios os queijos perdem sua elasticidade característica.

Quanto ao comportamento apresentado, a hipótese é que durante o armazenamento os glóbulos de gordura tendem a coalescer. Neste caso, durante o processo de filagem esta gordura se desprenderia da matriz de caseína na massa do queijo e iria para o soro obtido residual após a fabricação.

Quando tecidos orgânicos são congelados, as substâncias dissolvidas no líquido das células concentram-se e congelam no ponto de congelamento. No descongelamento, nem toda a água removida, anteriormente ligada a proteínas ou carboidratos, é capaz de retornar ao seu estado original, tornando-se livre e formando o "drip", que é o líquido exsudado após o congelamento e descongelamento. A quantidade de "drip" depende do método de congelamento, bem como da temperatura durante o armazenamento e suas flutuações. Dessa forma, o método de descongelamento assume fundamental importância principalmente naqueles produtos em que a textura é importante, nestes casos, o descongelamento lento é preferencial, já que nestas condições a água pode retornar lentamente à sua posição original no tecido, anterior ao congelamento, através da difusão (COLLA & PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003).

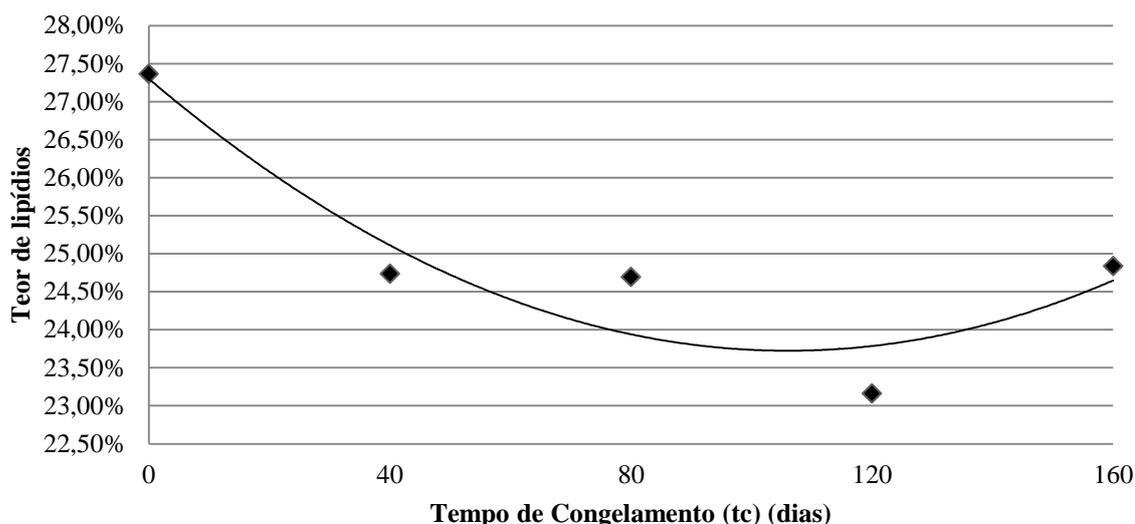


Figura 10. Variação dos valores médios do teor de gordura durante os 160 dias de congelamento.

Fonte: Dados do autor

Tabela 4. Modelo matemático para o teor de lipídios

Modelo	R ²	P
$Teor\ de\ lipídios = 3 \times 10^{-6} t_c^2 - 7 \times 10^{-4} t_c + 0,273$	0,8759	0,0011

t_c = dia, no qual $0 \leq t_c \leq 160$.

5.1.2 Umidade

O teor de umidade não foi influenciado nem pelo t_c nem pelo t_a , logo, este atributo manteve-se constante no decorrer das análises. Assim, a média da umidade é dada por $45,37\% \pm 2,30\%$. Estes valores estão de acordo com o regulamentado pela Portaria 146/1996 do MAPA (BRASIL, 1996), referente ao Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos produtos lácteos para queijos de média umidade “semiduros” (entre 36,0% e 45,9%). Condizem com o intervalo de 41,6% a 46% citado por Bhaskaracharya & Shah (1999) e com a classificação adotada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2012) para queijos *muçarela* com baixa umidade (entre 45 e 52%).

5.1.3 Proteína, IPP e IEP

Conforme observado para umidade, o percentual de proteína não foi afetado pelos tratamentos deste estudo. A média do teor proteico foi de $18,58\% \pm 1,07\%$. Este valor foi semelhante ao encontrado por Teixeira, Bastianetto & Oliveira (2005) que obtiveram valores de proteína de aproximadamente 20,0%. Os resultados desta pesquisa, para o teor de proteína,

estão ligeiramente abaixo dos resultados de Verruma-Bernardi et al. (2000), El Owni & Osman (2009) e Caroprese et al. (2013) que encontraram valor médio de proteína de 21,15%, 23,33% e 23,07% , respectivamente.

Para o índice de profundidade de proteólise, t_c e t_a não foram significativos ($P > 0,05$), assim, o valor médio obtido foi $2,60\% \pm 0,22\%$. O IPP encontrado neste estudo está dentro do intervalo apresentado por Friano et al. (2008) entre 1,95 e 3,11. Este índice está relacionado principalmente com a atividade das endoenzimas e exoenzimas da cultura lática empregada na fabricação do queijo e de possíveis contaminantes, que degradam os peptídeos de alto peso molecular a peptídeos de baixo peso molecular (NARIMATSU et al., 2003).

Quanto ao índice de extensão de proteólise, t_c e t_a não foram significativos ($P > 0,05$), assim, o valor médio obtido foi $3,98\% \pm 0,70\%$. O IEP encontrado neste estudo está dentro do intervalo apresentado por Friano et al. (2008) entre 3,78 a 5,65. A extensão da proteólise se caracteriza pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis acumuladas durante o processo e é conhecida como índice de maturação dos queijos.

Para Kindstedt et al. (1995) vários pesquisadores constaram que ambos os índices, IPP e IEP, aumentam significativamente com o tempo mesmo com a armazenagem refrigerada. Reys et al. (2005) citam que durante o armazenamento de queijos maturados em temperaturas de congelamento, ocorre um pequeno aumento no conteúdo de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (IEP) e de nitrogênio não-protéico (IPP). Concomitantemente, Prados et al. (2005) afirmam que a proteólise ocorre lentamente durante a estocagem congelada, observando-se teores mais altos de aminoácidos e amônia no final do período de estocagem. Entretanto, no presente trabalho, não foi notada diferença significativa entre os índices de proteólise dos queijos obtidos da massa congelada por um período de 160 dias e durante os 30 dias de armazenamento dos queijos.

5.2 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Durante os ensaios foi percebido que à medida que os queijos sofriam compressão apareciam rachaduras em sua estrutura, além disso, no pós-teste era possível retirar as fibras estruturais alinhadas com facilidade. Entretanto, na curva força-distância não foi percebido um ponto de inflexão, não caracterizando quebras estruturais durante a compressão, as quais são associadas à fraturabilidade.

Quanto ao comportamento dos corpos de prova, tem-se que as magnitudes das forças e, conseqüentemente, as áreas obtidas foram diferentes. Todavia, o comportamento gráfico observado para todas as amostras foi o mesmo, conforme apresentado na Figura 11. Os

resultados obtidos evidenciam um gráfico com inclinação inicial baixa e em forma de sigmoide. Este comportamento indica que a amostra tende a fluir em vez de quebrar (logo, não tem fraturabilidade) e apresenta coesão moderada. A forma côncava da parte inicial da curva relativa ao primeiro ciclo de compressão aponta de maneira geral para a maciez do queijo muçarela, sendo análogo ao relatado por Mohsenin (1986) ao afirmar que a parte inicial da curva para tecidos biológicos macios é geralmente côncava na direção do eixo da força. Segundo Bourne (2002) é o mesmo tipo de curva normalmente encontrado para outros tipos de queijos, *marshmallows* e vegetais mais macios.

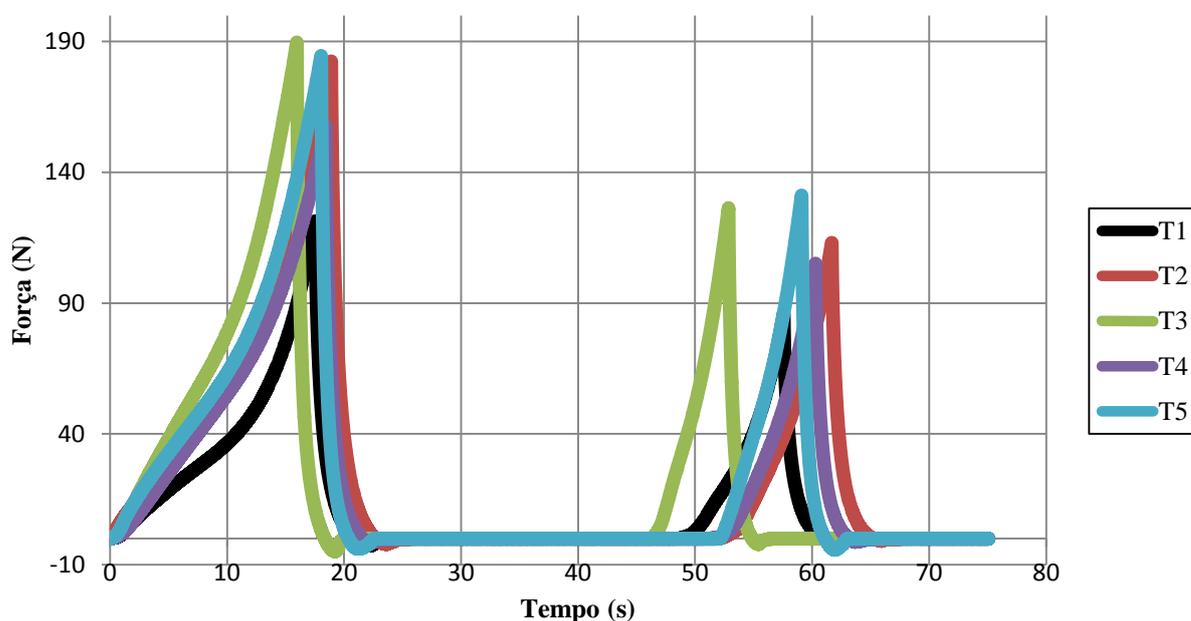


Figura 11. Comportamento das amostras durante o TPA (20º dia).

Fonte: Dados do autor

A Figura 11 traz ainda a ausência da aderência da amostra à probe no instante correspondente ao descarregamento, o que dificulta a identificação do parâmetro Adesividade TPA. Diante disso, foram descartados desta avaliação os seguintes parâmetros:

- i) Adesividade TPA – apesar de ser um atributo importante referente à manipulação da *muçarela* comercializada fatiada teve que ser desconsiderada neste estudo, pois o corpo de prova raramente aderiu ao prato de compressão, por consequência os coeficientes de variação foram elevados;
- ii) Fraturabilidade TPA – ocasionalmente havia fratura de amostras, assim durante os ensaios os corpos de prova que se desintegravam eram descartados, sendo tal ensaio desconsiderado;

iii) Gomosidade TPA – pela natureza sólida do alimento, e principalmente pela correta aplicação do método TPA, o parâmetro mastigabilidade (material sólido) se mostra muito mais coerente do que a gomosidade (material semissólido).

A partir da avaliação dos quadros da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros: Dureza TPA, Elasticidade TPA, Coesividade TPA e Mastigabilidade TPA foi possível inferir que não houve interação entre os fatores t_c x t_a , o que permitiu uma abordagem individual para cada um dos efeitos principais que atuam de maneira independente (Tabela 5).

Tabela 5. Nível de significância do tratamento com relação aos parâmetros TPA

Parâmetro	Tempo de Congelamento (t_c)	Tempo de Armazenamento (t_a)	Interação (t_c x t_a)
Dureza TPA (N)	0,1088 ^{Ns}	0,7605 ^{Ns}	0,8407 ^{Ns}
Elasticidade TPA (*)	0,0620 ^{Ns}	<0,0001	0,8059 ^{Ns}
Coesividade TPA (*)	<0,0001	0,9393 ^{Ns}	0,3907 ^{Ns}
Mastigabilidade TPA (N)	0,9602 ^{Ns}	0,5094 ^{Ns}	0,8305 ^{Ns}

(N) = Newton; (*) Parâmetro adimensional; ^{Ns}Diferença não significativa entre médias (P>0,05).

Os parâmetros Dureza TPA e Mastigabilidade TPA apresentaram os coeficientes de variação mais altos dentro das replicatas variando de 11,17% a 46,46% e 11,59% e 56,69%, respectivamente. A Elasticidade e Coesividade obtiveram coeficientes de variação, majoritariamente, inferiores a 10%.

O queijo, de maneira geral, tem constituição pouco homogênea e esta característica ocorre em função de vários fatores. Por exemplo, defeitos estruturais, como pequenas bolhas e problemas de fusão da massa. Têm-se ainda que em queijos que sofrem baixa proteólise, como no caso da muçarela, no momento de retirada da amostra ocorre uma pequena deformação e as amostras tendem a ter um diâmetro inferior em uma das extremidades. Esta característica foi observada, também, por van Vliet & Peleg (1991).

Além disso, a fabricação da muçarela apresenta como característica do processo amassar e esticar a coalhada (massa coagulada) em água quente. Estudos microscópicos sobre a estrutura de queijos feitos por Kiely et al. (1992) e Oberg, McManus & McMahon (1993) mostram que este processo resulta na orientação das fibras de proteína e gordura na direção do alongamento. Cervantes, Lund & Olson (1983) realizaram ensaios de compressão em amostras cúbicas de muçarela a baixas temperaturas (3,5°C a 7°C) e constataram que o pico de força na maioria das amostras foi dado quando os filamentos de proteína estavam

perpendiculares às placas de compressão. Todos estes fatores podem ter contribuído para a variação observada na determinação da textura.

5.2.1 Dureza TPA

Para a Dureza TPA, observou-se que t_c ($P = 0,1088$) e t_a ($P = 0,7605$) não interferem neste parâmetro. Os valores de Dureza TPA obtidos variaram entre 140,00 N e 196,88 N, apresentando um valor médio de $170,72 \text{ N} \pm 18,66 \text{ N}$ ($CV = 10,93\%$).

Caroprese et al. (2013) obtiveram uma Dureza TPA de $113,75 \text{ N} \pm 3,83 \text{ N}$ para queijos muçarela elaborados com leite de vacas holandesas. Valle et al. (2004), com muçarela produzida com leite bovino com teores de gordura de 3,5%, 3,0%, 2,5% e 2,0%, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores para a Dureza TPA: 21,88 N, 35,38 N, 41,83 N e 47,97 N. A Dureza TPA para queijos com leite bovino é menor quando comparado com queijos de origem bubalina, pois as micelas de caseína do leite bubalino são maiores do que as encontradas no leite bovino. Para Amaral et al. (2005) esta diferença faz com que a coalhada elaborada com leite de búfalas retenha menos água do que a do leite de vacas durante a ação do coalho. Influenciando, dessa forma, na firmeza do queijo.

Em geral, uma das alterações para este parâmetro são devido a ação da proteólise, conforme descrito por Tunick et al. (1993), Kindstedt et al. (1995), Rudan et al. (1999) e Chaves, Viotto & Grosso (1999). Segundo Graiver, Zaritzky & Califano (2004) isto se deve a boa correlação existente entre a dureza dos queijos e a quantidade da fração de caseína α_{s1} intacta. Bhaskaracharya & Shah (1999) citam que as mudanças físico-químicas juntamente com a proteólise são as forças motrizes para as mudanças nas propriedades funcionais de queijo muçarela armazenado sob refrigeração.

Paralelamente, têm-se que queijos com alto teor de umidade, a um determinado pH e teor de sal, são menos firmes do que partes semelhantes com menor teor de umidade. Isto pode ser atribuído ao aumento da extensão de submicelas de caseína e aumento da relação caseína-umidade (GUNASEKARAN & AK, 2003). Assim, mesmo pequenas variações no teor de umidade podem ter efeito significativo sobre a textura dos queijos. Portanto, a umidade exerce influência sobre a Dureza TPA.

Desta forma observa-se que estes fatores (proteólise e umidade) foram os principais responsáveis pela firmeza dos queijos. Este fato pode ser comprovado através do coeficiente de correlação obtido entre o parâmetro Dureza TPA e: i) o teor de umidade ($r = - 0,39$); ii) a quantidade de proteína ($r = 0,46$); e, iii) o IEP ($r = 0,39$). Com relação à Gordura e ao IPP esse coeficiente foi inferior a 0,13.

Conforme descrito anteriormente, não houve diferença entre os teores de umidade, proteína, IEP e IPP dos queijos avaliados (Tabela 5). Este fato ajuda a explicar os resultados obtidos para a Dureza TPA.

Complementarmente, tem-se que os menores valores encontrados para a Dureza TPA foram para a massa fresca (sem congelamento) que coincidem com os maiores valores encontrados para o teor de lipídios. O aumento no teor de gordura, resulta em diminuição da dureza e elasticidade. A relação Gordura x Dureza TPA é diretamente proporcional, pois a gordura age como um lubrificante, reduzindo a tensão necessária para romper a matriz proteica conforme descrito por Bryant, Ustunol & Steffe (1995), Rudan et al. (1999) e Fox et al. (2000).

Bhaskaracharya (2000) relata que quando o teor de gordura do queijo muçarela é diminuído, a retenção de umidade também diminui, conseqüentemente, o queijo perde em capacidade de derretimento e alongamento característico. Com isso, sensorialmente o queijo reduz o aspecto emborrachado expresso pelo aumento da dureza e mastigabilidade, e diminuição da elasticidade.

Pereira et al. (2001) citam que embora as diferenças na textura de queijos possam estar relacionadas com a distribuição da gordura e proteína, existem evidências que apenas a gordura não exerce efeito significativo sobre as propriedades mecânicas. Assim, a hipótese apresentada por Marshall (1990) é que a gordura contribui para a diminuição da resistência do queijo por formar pontos de fratura (presença dos glóbulos nos entreposto de caseína) que se propagam quando uma dada força é aplicada.

5.2.2 Elasticidade TPA

O parâmetro Elasticidade TPA foi interferido pelo t_a ($P < 0,0001$). Para prever os valores da elasticidade do queijo em função do tempo de armazenamento refrigerado (Figura 12) foi ajustado o modelo linear mostrado na Tabela 7.

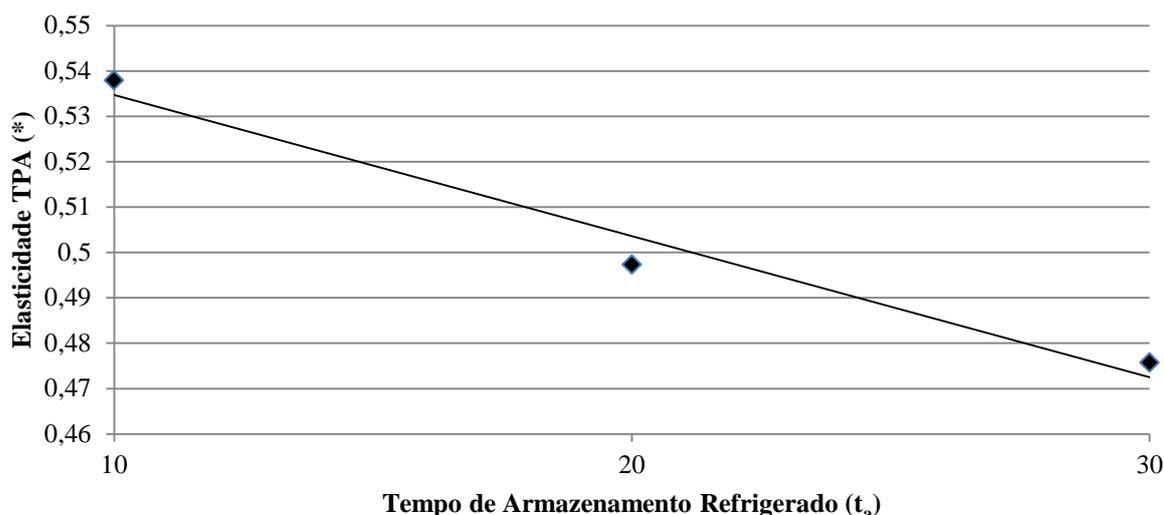


Figura 12. Variação dos valores médios da Elasticidade TPA durante os 30 dias de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 6. Modelo matemático para Elasticidade TPA do queijo muçarela em função do tempo de armazenamento.

Modelo	R ²	P
<i>ElasticidadeTPA</i> (*) = -0,0031t_a + 0,5658	0,97	<0,0001

(*) adimensional; t_a = dia, no qual 0 ≤ t_a ≤ 30.

A muçarela de búfala é caracterizada por apresentar textura firme e elástica, o que provavelmente esteja relacionado com o método de fabricação deste produto. Em queijos do tipo “filados” a massa é submetida ao processo de estiramento em água quente (>70°C), o que ajuda a conferir aparência plástica à massa e promover a formação de uma estrutura fibrosa (LUCEY, JOHNSON & HORNE, 2003).

Nesses queijos, as proteínas se aglutinam em grandes fios que são orientados na direção do estiramento (MCMAHON, FIFE & OBERG, 1999). A etapa de filagem promove a ordenação das cadeias de proteína por ação mecânica e calor, resultando em uma estrutura alinhada e filamentosa, com camadas de soro livre e gordura emulsificada nos entrepostos (MCMAHON, OBERG & MCMANUS, 1993).

Neste caso, o efeito da gordura é inverso ao observado para Dureza TPA. Assim, um alimento com maior teor de gordura resulta no aumento da elasticidade, pois a lubrificação favorece a recuperação do corpo de prova (BRYANT, USTUNOL & STEFFE, 1995; RUDAN et al., 1999). Paralelamente, através da observação do modelo ajustado, é perceptível que a tendência das amostras analisadas é a perda da capacidade de recuperação após

aplicação da carga. Para Tunick et al. (1993), esse fenômeno é consequência da propensão à quebra proteolítica da matriz de caseína, que é a principal responsável pela rigidez do queijo, cujo desdobramento é naturalmente esperado durante a armazenagem dos queijos resultando em queijos menos flexíveis.

Embora estatisticamente não tenha sido percebido variações na proteólise, esse decréscimo nos valores de elasticidade em queijos é associado a atividade proteolítica (TUNICK et al., 1993; CHAVES, VIOTTO & GROSSO, 1999; KINDSTEDT et al., 1995; RUDAN et al., 1999; O'MAHONY, LUCEY & MCSWENNEY, 2005). Estas relações podem ser justificadas pelo coeficiente de correlação obtido entre o parâmetro Elasticidade TPA e: i) teor de gordura ($r = 0,32$); ii) quantidade de proteína ($r = 0,27$); e, iii) o IEP ($r = 0,20$). Com relação à umidade e ao IPP esse coeficiente foi inferior a 0,10.

Para Lawrance, Creamer & Gilles (1986) durante a maturação, existem duas fases distintas no desenvolvimento da textura. A primeira fase ocorre nas primeiras duas semanas, na qual a textura elástica do queijo é suavizada tornando o produto mais homogêneo. Neste período a caseína deixa de apresentar-se íntegra (sólida e contínua) e passa a sofrer ação da proteólise que compõe a rede macroestrutural do queijo. Pollard et al. (2003) afirmam que a rede de caseína é bastante enfraquecida quando as ligações simples em cerca de 20% da fração α_{s1} são hidrolisadas pela ação do coagulante para originar o peptídeo α_{s1-1} . Na segunda fase, a mudança é gradual (ao longo das semanas seguintes) e é determinada pela taxa de proteólise e elevação do pH.

Esta característica ajuda a explicar o maior valor para a Elasticidade TPA na massa fresca com 10 dias de armazenamento, além de elucidar a manutenção dos maiores valores sendo registrados nos primeiros dias de armazenamento.

5.2.3 Coesividade TPA

Para a Coesividade TPA, observou-se a relação com o tempo de congelamento ($P < 0,0001$). Para prever os valores da coesividade do queijo em função de t_c (Figura 13) foi ajustado o modelo mostrado na Tabela 8.

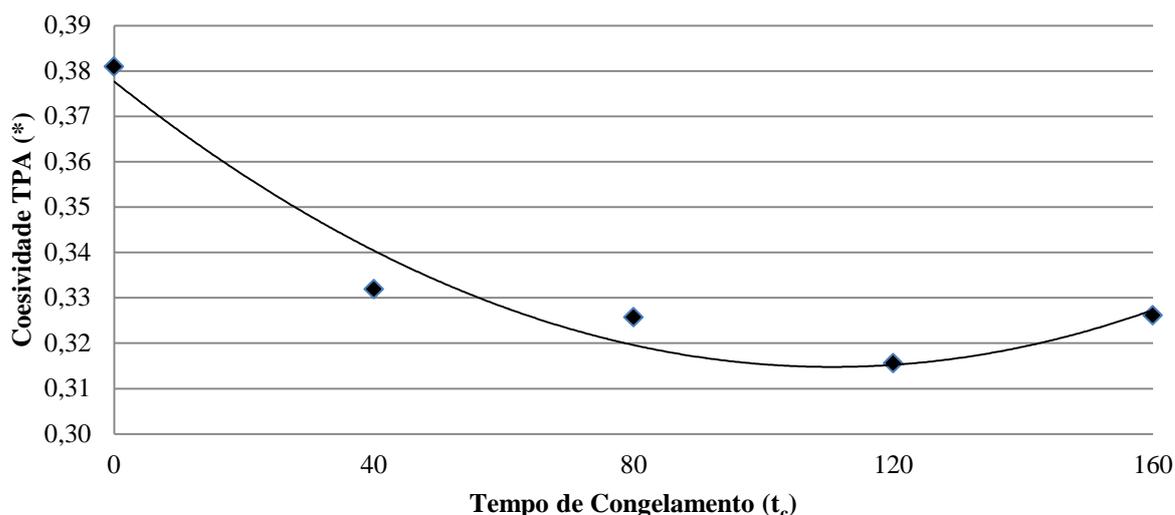


Figura 13. Variação dos valores médios da coesividade durante os 160 dias de congelamento. Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 7. Modelo matemático para Coesividade TPA do queijo muçarela em função do tempo de congelamento.

Modelo	R ²	P
$CoesividadeTPA (*) = 5 \times 10^{-6} t_c^2 - 0,0011 t_c + 0,3777$	0,95	<0,0001

(*) adimensional; t_c = dia, no qual $0 \leq t_c \leq 160$.

Caroprese et al. (2013) obtiveram uma Coesividade TPA de $0,40 \pm 0,01$ para queijos muçarela elaborados com leite bovino. Valle et al. (2004) com muçarela produzida com leite bovino com teores de gordura de 3,5%, 3,0%, 2,5% e 2,0%, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores para a Coesividade TPA: 0,53, 0,59, 0,56 e 0,58.

Observou-se que a Coesividade TPA (Figura 13) tem comportamento análogo ao observado para o teor de gordura (Figura 10). Stampanoni & Noble (1991) afirmam que um maior teor de gordura resulta em queijos mais suaves, menos elásticos e mais coesos, possivelmente devido à presença de gordura na matriz proteica.

Conforme visto anteriormente, a gordura reduz a tensão necessária para romper a matriz proteica (RUDAN et al., 1999). Por outro lado, é provável que favoreça o deslizamento desta matriz e aumente a extensão à qual o queijo pode ser deformado antes da sua ruptura.

5.2.4 Mastigabilidade TPA

Não foi possível ajustar satisfatoriamente os dados de Mastigabilidade TPA em função de t_c ($P = 0,9602$) ou t_a ($P = 0,5094$). A média para a Mastigabilidade TPA é dada por 29,36 N

$\pm 2,86$ N (CV = 9,74%). Este valor encontra-se acima dos relatados por Valle et al. (2004) que obtiveram uma força requerida para a Mastigabilidade na faixa entre 4,73 N e 21,90 N.

O comportamento apresentado para a Mastigabilidade TPA é diretamente proporcional ao obtido para Dureza TPA, Elasticidade TPA e Coesividade TPA. Este fato pode ser corroborado através do coeficiente de correlação obtido entre o parâmetro Mastigabilidade TPA e: i) Dureza ($r = 0,91$); ii) Elasticidade ($r = 0,71$); e, iii) Coesividade ($r = 0,24$).

É válido ressaltar que a Mastigabilidade TPA é um parâmetro secundário, pois representa o produto entre Dureza TPA, Elasticidade TPA e Coesividade TPA. Frente aos coeficientes de correlação obtidos entende-se que o principal atributo que interfere na magnitude da força para deglutição foi a Dureza TPA.

6. CONCLUSÃO

- Os resultados da análise do perfil de textura instrumental permitiram conhecer o comportamento mecânico dos queijos muçarela feitos com massa fresca e a influência do tempo de congelamento na fabricação de queijos utilizando massa congelada;
- Foi percebido que o nem tempo de congelamento, nem o tempo de armazenamento alteraram os valores da Dureza TPA obtidas nos período estudado. Provavelmente, devido à constância nos valores de umidade, proteína e proteólise, que se caracterizam como principais influenciadores na Dureza TPA em queijos;
- Para a Elasticidade TPA, o período que caracteriza as duas primeiras semanas de fabricação foi determinante, nas quais este parâmetro apresentou diferença significativa indicada pelo decréscimo na capacidade de recuperação. Notou-se que a diminuição dos valores de Elasticidade TPA é linearmente dependente do tempo de armazenamento, logo, o tempo de congelamento não interferiu neste parâmetro.
- A Coesividade TPA teve comportamento similar ao observado para o teor de gordura. É provável que a presença da gordura favoreça o deslizamento da matriz proteica interferindo neste parâmetro do material.
- A Mastigabilidade TPA tem alto índice de correlação com a Dureza TPA. Fato comprovado pela não significância do tempo de congelamento, também neste atributo.
- Durante o período estudado, não foram encontradas variações significativas na umidade, proteínas, IEP e IPP. Por outro lado, o teor de gordura foi alterado com o tempo de congelamento.
- O congelamento da massa fermentada apresenta-se como uma possível alternativa para contorno da sazonalidade, uma vez que, exceto a Coesividade TPA e o teor de gordura, todos os demais parâmetros estudados não foram alterados com a temperatura de congelamento. Com base nos dados da Análise do Perfil de Textura, observou-se que, mecanicamente, os tratamentos tendem a ser uma alternativa para contornar a sazonalidade deste produto no mercado.
- Frente às considerações apresentadas, a utilização dessa tecnologia de processamento de massa congelada pode garantir o oferecimento do queijo muçarela ao longo de todo ano, mesmo no período da entressafra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCB. Associação Brasileira de Criadores de Búfalos. **Laticínios**, 2012a. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br/laticinios.html>>. Acesso em: Outubro 2012.

ALBUQUERQUE, M.S.M.; EGITO, A.A.; PAIVA, S.R.; MARQUES, J.R.F.; CASTRO, S.T.R.; COSTA, M.R.; MARIANTE, A.S. Conservação e Caracterização de Búfalos no Brasil: uma revisão de literatura. – Brasília, DF: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2006. 23 p. – (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, ISSN 0102-0110 ; 166).

AK, M. M.; GUNASEKARAN, S. Anisotropy in tensile properties of Mozzarella cheese. **Journal of Food Science**, v. 62(5), p. 1031–1033, 1997.

AMARAL, F. R. et al. Qualidade do leite de búfalas: composição. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29 (2), p. 106-110, 2005.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists**. 16. ed. Washington: AOAC, 1997.

BENEVIDES, C. M. Leite de búfala: qualidades tecnológicas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, p. 18-21, 1998.

BERNARDES, O. Buffalos breeding in Brasil: Part I. **Italian Journal Animal Science**, Firenze, v. 6, p. 162-167, 2007.

BEZERRA, M. F.; CORREIA, R. T. P. Análise descritiva quantitativa e aceitação sensorial de iogurte obtido pela mistura de leite caprino e bubalino. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71 (1), p. 140-147, 2012.

BHASKARACHARYA, R. K.; SHAH, N. P. Texture Evaluation of commercial mozzarella. **Australian Journal of Dairy Technology**, Australia, v. 54, p. 36-40, 1999.

BHASKARACHARYA, R. M. **The texture and microstructure of mozzarella cheese as affected by fat content, EPS producing starter culture and fat replacers**. Victoria: (Dissertação de Mestrado) Victoria University of Technology, 2000. 185 p.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2^a. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 427 p.

BRASIL. **Portaria nº 146 - Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1996. Acesso em: Abril 2014.

BRASIL. **Portaria nº 364 - Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Mozzarella (Muzzarela ou Mussarela)**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 1997a.

BRASIL. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 1997b. 154 p.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 68 - Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2006. 141 p.

BREUIL, P.; MEULLENET, J. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. **Journal of Texture Studies**, v. 32, p. 41-55, 2001.

BRYANT, A.; USTUNOL, Z.; STEFFE, J. Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. **Journal of Food Science**, v. 60 (6), p. 1216–1221, 1995.

CAROPRESE, M. et al. Composition and textural properties of Mozzarella cheese naturally-enriched in polyunsaturated fatty acids. **Journal of Dairy Research**, v. 80, p. 276–282, 2013.

CERVANTES, M. A.; LUND, D. B.; OLSON, N. F. Effects of salt concentration and freezing on Mozzarella cheese texture. **Journal Dairy Science**, v. 66, p. 204–213, 1983.

CHAVES, A. C. S. D.; VIOTTO, W. H.; GROSSO, C. R. F. Proteolysis and Functional Properties of Mozzarella Cheese as Affected by Refrigerated Storage. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 202–205, 1999.

COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Congelamento e Descongelamento: sua influência sobre os alimentos. **Revista Veter**, Rio Grande, v.13, 2003. 53-66.

CURI, R. A.; BONASSI, I. A. Elaboração de um queijo análogo ao Pecorino Romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31 (1), p. 171–176, 2007.

EL OWNI, O. A. O.; OSMAN, S. E. Evaluation of chemical composition and yield of mozzarella cheese using two different methods of processing. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8 (5), p. 684-687, 2009.

EMMONS, D. B. et al. Milk gel structure. X. Texture and microstructure in cheddar cheese made from whole milk and from homogenized low-fat milk. **Journal of Texture Studies**, v. 11, p. 15–34, 1980.

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT Agriculture Data**, 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>>. Acesso em: Outubro 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-142, 2011.

FOEGEDING, E. A.; DRAKE, M. A. Invited Review: sensory and mechanical properties of cheese texture. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1611-1624, 2007

FOX, P. F. et al. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: AN Aspen Publication, 2000. 587 p.

FRIANO, T. C. et al. Caracterização físico-química de mozzarella de leite de búfala obtida a partir de massa fermentada e congelada. **Anais do 2º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC**, Campinas, 2008.

GIOVANNI, R. N. et al. Avaliação físico-química do queijo mussarela elaborado a partir de leite de búfala (*Bubalus bubalis*) congelado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 58 (335), p. 48-52, 2003.

GOMES, M. I. F. V.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Chemical, microbiological and sensorial characteristics of frozen goat milk. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17 (2), p. 111–114, 1997.

GRAIVER, N. G.; ZARITZKY, N. E.; CALIFANO, A. N. Viscoelastic Behavior of Refrigerated and Frozen Low-moisture Mozzarella Cheese. **Food Engineering and Physical Properties**, p. 123-128, 2004.

GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. **Cheese Rheology and Texture**. London: CRC Press, 2003. 434 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/default_zip_brasil_xls.shtm>. Acesso em: Outubro 2012.

JESUS, C. S. **Efeito do tempo de congelamento da coalhada fermentada de leite de búfala sobre a qualidade do queijo muçarela refrigerado**. Itapetinga: (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2013. 160 p.

KATIKI, L. M.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Aspectos físico-químicos e microbianos do queijo maturado por mofo obtido da coagulação mista com leite de cabra congelado e coalhada congelada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 740-743, 2006.

KIELY, L. J. et al. Effect of draw pH on the development of curd structure. **Food Structure**, v. 11, p. 217–224, 1992.

KINDSTEDT, P. S. et al. Mozzarella Cheese: Impact of Coagulant Concentration on Chemical Composition, Proteolysis, and Functional Properties. **Journal Dairy Science**, v. 78, p. 2591-2597, 1995.

LAWRANCE, R. C.; CREAMER, L. K.; GILLES, J. Texture Development During Cheese Ripening. **Journal of Dairy Science**, v. 70, p. 1748-1760, 1986.

LI, R.; CARPENTER, J. A.; CHENEY, R. Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with Mechanically Separated Poultry (MSP) meat and wheat protein. **Journal of Food Science**, v. 63 (5), 1998.

- LUCEY, J. A.; JOHNSON, M. E.; HORNE, D. S. Perspective on the basis of the rheology and texture properties of cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2725–2743, 2003.
- MARSHALL, R. J. Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 50, p. 237–252, 1990.
- MCCMAHON, D. J.; FIFE, R. L.; OBERG, C. J. Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1361–1369, 1999.
- MCCMAHON, D. J.; OBERG, C. J.; MCMANUS, W. Functionality of Mozzarella cheese. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 48, p. 99-104, 1993.
- MESQUITA, A. J. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica do leite cru bubalino**. Goiânia: Editora UFG (Universidade Federal de Goiás), 2008. 77 p.
- MISTRY, V. V. Low fat cheese technology. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 413–422, 2001.
- MOHSENIN, N. N. Rheology and Texture of food materials. **Physical Properties of Plant**, New York, n. 2, p. 383–479, 1986.
- MOINY, V.; MEULLENET, J.-F.; XIONG, R. Uniaxial compression of cheddar cheese at various loading rates and its correlation to sensory texture profile. **Journal of Texture Studies**, v. 33, p. 231-254, 2002.
- MOZZARELLA DI BUFALA. [Mozzarelladibufala.org](http://www.mozzarelladibufala.org). **La storia della mozzarella**, 2006. Disponível em: <<http://www.mozzarelladibufala.org/mozzarella.htm>>. Acesso em: Outubro 2012.
- NARIMATSU, A. et al. Avaliação da proteólise e do derretimento do queijo prato obtido por ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 23, p. 177-182, 2003.
- O' CALLAGHAN, D. J.; GUINEE, T. P. Rheology and texture of cheese. In: FOX, P. F. E. A. **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**. 3ª. ed. London, New York: Elsevier Applied Science, v. 1, 2004. Cap. 21, p. 511-540.
- O'MAHONY, J. A.; LUCEY, J. A.; MCSWENNEY, P. L. H. Chymosin-Mediated Proteolysis, Calcium Solubilization, and Texture Development During the Ripening of Cheddar Cheese. **Journal Dairy Science**, v. 88, p. 3101–3114, 2005.
- OBERG, C. J.; MCMANUS, W. R.; MCCMAHON, D. J. Microstructure of Mozzarella cheese during manufacture. **Food Structure**, v. 12, p. 251–258, 1993.
- OLIVIERI, D. B. **Avaliação da qualidade microbiológica de amostras de mercado de queijo mussarela, elaborado a partir de leite de búfala (Bubalus Bubalis)**. Piracicaba: (Dissertação de Mestrado) Universidade de São Paulo, 2004. 71 p.

OLSON, N. F.; JOHNSON, M. E. Light cheese products: characteristics and economics. **Food Technology**, v. 44, n. 10, p. 93–97, 1990.

PELAEZ, C. Congelación de cuajadas. **Alimentaria**, n. 144, 1983. 19-22.

PEREIRA, R. B. et al. Rheological and microstructural characteristics of model processed cheese analogues. **Journal of Texture Studies**, v. 32, p. 349–373, 2001.

POLLARD, A. et al. Textural Changes of Natural Cheddar Cheese During the Maturation Process. **Journal of Food Science: Food Engineering and Physical Properties**, v. 68, n. 6, p. 2011-2016, 2003.

PRADOS, F. et al. Influence of the frozen storage on some characteristics of ripened Manchegotype cheese manufactured with a powdered vegetable coagulant and rennet. **Food Chemistry**, v. 95 (4), p. 677-682, 2005.

REPS, A. et al. Effect of freezing conditions on the ripening process and the quality of cheese. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 4 (4), p. 210-214, 2005.

RISCADO, L. S. et al. Avaliação Físico-Química e Microbiológica do Queijo Mozzarella de Búfala Congelado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora - MG, v. 59 (339), p. 433-435, 2004.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROSENTHAL, A. J. Relation between instrumental and sensory measures of food texture. In: ROSENTHAL, A. J. **Food texture: measurement and perception**. Gaithersburg: Aspen, 1999. p. 1-17.

RUDAN, M. A. et al. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 661–672, 1999.

STAMPANONI, C. R.; NOBLE, A. C. The influence of fat, acid and salt on the temporal perception of firmness, saltiness and sourness of cheese analogs. **Journal of Texture Studies**, v. 22, p. 381-392, 1991.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2ª. ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. 418 p.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 215-225, 2002.

TEIXEIRA, L. V.; BASTIANETTO, E.; OLIVEIRA, D. A. A. Leite de búfala na indústria de produtos lácteos. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, p. 96-100, 2005.

TERRA. Portal Terra Empreendedorismo. **Mozarela de búfala certificada aumenta vendas em 20%**, 2012. Disponível em: <<http://invertia.terra.com.br/empreendedor/noticias/0,OI5851257-EI19585,00-Mozarela+de+bufala+certificada+aumenta+vendas+em.html>>. Acesso em: Outubro 2012.

TRUJILLO, V. **Pesquisa de mercado qualitativa e quantitativa**. São Paulo: Scortecci, 2003.

TUNICK, M. H. et al. Proteolysis and Rheology of Low Fat and Full Fat Mozzarella Cheeses Prepared from Homogenized Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 3621-3628, 1993.

USDA. USDA Specifications For Mozzarella Cheeses. **United States Department of Agriculture**, Setembro 2012. Disponível em: <<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELDEV3004547>>. Acesso em: Dezembro 2013.

VAN VLIET, T.; PELEG, M. Effects of samples size and preparation. **International Dairy Federation Bulletin**, Bruxelas, v. n. 268, p. 30-35, 1991.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VERRUMA-BERNARDI, M. R. et al. Elaboração do queijo mozzarella de leite de búfala pelos métodos tradicional e da acidificação direta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20 (2), 2000.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; DAMASIO, M. H. Análise descritiva de perfil livre em queijo mozzarella de leite de búfala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24 (4), 2004.

VIEIRA, M. C. et al. Viabilidade econômica da implantação de uma unidade industrial para a produção de mozzarella e de massa coagulada, fermentada e congelada de leite de búfala. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39 (2), 2009.

ZAPELINI, M. B.; ZABELINI, S. M. K. C. Metodologia científica e da pesquisa da FEAN. **FEAN - Faculdade Energia**, 2013. Disponível em: <http://www.faculdadesenergia.com.br/arquivos/2013_metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: Junho 2014.