



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Química
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, REOLÓGICA E SENSORIAL DE IOGURTE OBTIDO PELA MISTURA DOS LEITES BUBALINO E CAPRINO

Maria de Fátima Bezerra

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Targino Pinto Correia
Co-Orientador: Prof. Dr. Domingos Fabiano de Santana Souza

Natal/RN
Fevereiro/2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Maria de Fátima Bezerra

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, REOLÓGICA E
SENSORIAL DE IOGURTE OBTIDO PELA MISTURA DOS
LEITES BUBALINO E CAPRINO**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, sob orientação da Profa. Dra. Roberta Targino Pinto Correia e co-orientação do Prof. Dr. Domingos Fabiano de Santana Souza.

Natal/RN

Fevereiro/2010

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Bezerra, Maria de Fátima.

Caracterização físico-química, reológica e sensorial de iogurte obtido pela mistura dos leites bubalino e caprino / Maria de Fátima Bezerra. – Natal, RN, 2010.

100 f. : il.

Orientador: Roberta Targino Pinto Correia.

Co-orientador: Domingos Fabiano de Santana Souza.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

1. Iogurte – Processamento – Dissertação. 2. Iogurte – Composição química – Dissertação. 3. Análise sensorial – Dissertação. 4. Reologia – Dissertação. I. Correia, Roberta Targino Pinto. II. Souza, Domingos Fabiano de Santana. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 637.146.34(043.2)

BEZERRA, Maria de Fátima. Caracterização físico-química, reológica e sensorial de iogurte obtido pela mistura dos leites bubalino e caprino. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Mestrado em Engenharia Química. Linha de pesquisa: Tecnologia e Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2010.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Targino Pinto Correia

Co-Orientador: Prof. Dr. Domingos Fabiano de Santana Souza

RESUMO: O leite de diversos animais pode ser matéria-prima para produção de diferentes tipos de produtos lácteos existentes no mercado. Dentre eles está o iogurte, o qual é considerado como um dos produtos de maior aceitação e consumo. O presente trabalho visa estudar o processo de elaboração de iogurte a partir de misturas de leite de cabra e de búfala com adição de sabor morango. Pretende-se com isso aliar características intrínsecas distintas dos dois tipos de leites de forma a obter um produto de elevada aceitação com características físico-químicas e organolépticas desejáveis. A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de cinco grupos experimentais com diferentes proporções de leite caprino e bubalino: C - 100% leite de cabra, 7C3B - 70% leite de cabra e 30% leite de búfala, 5C5B - 50% leite de cabra e 50% leite de búfala, 3C7B - 30% leite de cabra e 70% leite de búfala, B - 100% leite de búfala. Inicialmente cada grupo foi avaliado quanto ao teor de sólidos totais e foi determinado o pH das amostras retiradas a cada 30 minutos para acompanhamento da acidificação. Os iogurtes foram caracterizados quanto aos atributos físico-químicos (pH, acidez, proteína, gordura, AR, ART, cinzas e sólidos totais), reológicos (sinerese e viscosidade) e sensoriais (aparência, odor, consistência e sabor). As amostras com maior percentual de leite bubalino alcançaram a taxa máxima de acidificação (V_m) mais rapidamente, mas o tempo necessário para alcançar pH 4,6 foi similar entre os grupos. Diferenças estatísticas entre os grupos estudados foram percebidas no percentual de gordura e sólidos totais, os quais apresentaram valores superiores para as formulações com maior presença de leite de búfala. Os índices de comportamento alcançados pelo modelo de Ostwald de Waale apontam que os iogurtes são fluidos pseudoplásticos. Além disso, o comportamento das curvas de fluxo e viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento indicam que os iogurtes se classificam como fluidos não Newtoniano. Os iogurtes obtidos a partir de leite de cabra (grupo C) apresentaram valores estatisticamente superiores ($p < 0,05$) para sinerese, o que pode ser consequência do frágil coágulo formado. Adicionalmente, esse grupo, ao ser comparado com os demais, apresentou escores mais baixos para os atributos consistência e sabor, enquanto o iogurte produzido apenas com leite bubalino (grupo B) obteve os melhores índices de aceitação para todos os parâmetros avaliados.

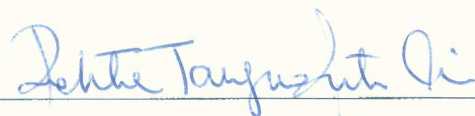
Palavras-chave: misturas de leite, iogurte, composição físico-química, reologia, análise sensorial.

Maria de Fátima Bezerra

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, REOLÓGICA E
SENSORIAL DE IOGURTE OBTIDO PELA MISTURA DOS
LEITES BUBALINO E CAPRINO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2010



Prof^a Dr^a Roberta Targino Pinto Correia
Orientadora – UFRN



Prof. Dr. Domingos Fabiano de S. Souza
Co-orientador - UFRN



Prof^a Dr^a Margarida Maria dos A. Magalhães
Membro Interno – UFRN



Prof^a Dr^a Juliane Döring G. Carvalho
Membro Externo - UFC

ABSTRACT

Milk from different animals can be used for dairy production. Yoghurt is a popular fermented milk product and considered to be one of the greatest importance in terms of consumer acceptance and consumption. The present research deals with the production of strawberry set-type yoghurt by mixing goat and buffalo's milk and it has the objective of taking advantage of the intrinsic characteristics of each milk to produce a final product with desirable attributes. It was conducted by analyzing five experimental groups with different proportions of goat and buffalo's milk: C – 100% goat's milk; 7C3B - 70% goat's milk and 30% buffalo's milk, 5C5B - 50% goat's milk and 50% buffalo's milk, 3C7B – 30% goat's milk and 70% buffalo's milk; B - 100% buffalo's milk. Each group was evaluated for total solids content and the acidification profile was monitored every 30 minutes by pH analysis. The yoghurt samples were analyzed for physical-chemical (pH, acidity, protein, fat, total and reducing sugars, ash and total solids), rheological (syneresis and viscosity) and sensory characteristics (appearance, odor, consistency and flavour). Samples with higher percentual of bubaline milk reached V_m faster, but the time necessary for pH 4.6 (T_e) were similar between groups. Statistical differences ($p < 0.05$) were observed for fat and total solids content of yoghurt, with superior values for groups higher proportions of buffalo's milk. The parameters of behavior reached by the model of Ostwald of Waale pointed yoghurt samples as non-Newtonian and pseudoplastic fluids. Yoghurt made only with goat's milk (C) had higher values ($p < 0.05$) for syneresis, which can be explained by its fragile coagulum. Additionally, this group also had the lowest sensory scores for the attributes consistence and taste, while bubaline yoghurt (B) obtained the best acceptance indexes for all of the appraised parameters.

Keywords: milk mixtures, yoghurt, physical-chemical composition, rheology, sensory analyses.

*As famílias que
Deus me deu:
a genuína e a
do coração,
eu ofereço e dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu saúde, força e coragem para enfrentar as muitas dificuldades ao longo da minha vida, guiou meus passos e graciosamente cuidou de mim através das pessoas que me cercam.

A minha família genuína: meus pais, Maria Pereira e José Bezerra, pela educação concedida, pelo amor e cuidado dispensado, pelo incentivo e pelo lar sempre aconchegante; meus queridos sobrinhos, Eduarda e Kayo, por simplesmente existirem; e meus irmãos, Erinaldo, Vanuzia, Gilvan e Ailton pelo respeito, companhia, cumplicidade, admiração e carinho. Aqui não posso deixar de registrar meu especial agradecimento a Erinaldo, que sempre investiu em meus sonhos. Também, expresso meus sinceros agradecimentos aos meus tios e tias, primos e primas, pelo encorajamento.

A minha família do coração: Rubens Cartaxo, Maria Augusta – minha mãe adotiva, Leonardo, André e Rodrigo que me receberam e me acolheram em sua casa de braços abertos, pelo carinho, apoio e por me fazerem sentir parte da família.

A Wicliffe Costa que sempre me estendeu a mão quando necessitei.

A todos os meus amigos e amigas da Aliança Bíblica Universitária, da Aliança Bíblica de Profissionais e da Igreja Presbiteriana de Natal, especialmente a Isabel, Juciane, Eva, Elizangela, Eunice, Jéssica, Filipe Campos, Carlos Júnior, Daniel, Renan, Flávio e Jônatas, pela companhia, compreensão e pelos momentos compartilhados.

A Juçara, pela amizade, apoio e momentos de descontração.

Aos amigos e amigas do Laboratório de Tecnologia de Alimentos: Suziane, Paulianna, Milena, Rayssa, Adja, Kátia, Thaise, Michelle, Josilma, Bruno e Igor por tornarem mais leve e descontraída a jornada no laboratório.

A João Paulo e a Ângela Ribeiro, amigos de mestrado, que não mediram esforços para me ajudar quando precisei. Agradeço, também, a Ermínia e a seu filho Douglas pelas abençoadas aulas de reforço.

A empresa Vieira Alimentos pela gentil doação do preparado de morango e a APASA pelo leite caprino concedido.

As indústrias de laticínios CHAPARRAL e CLAN pelo apoio no início das análises laboratoriais.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento da bolsa de mestrado.

Aos professores Eduardo Lins, por ter concedido oportunidade de realizar as análises reológicas nos laboratórios do NUPEG, e Emerson Moreira, pelo espaço no Laboratório de Nutrição Animal para realização de análises de proteína e cinzas.

A todos os meus professores pela compreensão, incentivo e conhecimento repassado.

Aos professores que estão fazendo parte da banca examinadora: a professora Juliane, a professora Margarida, pela disposição em me orientar durante um bom tempo, e ao professor Fabiano, pela importante contribuição na fase final do meu trabalho.

Agradeço especialmente a professora Roberta Targino, que sempre foi um exemplo de humildade, dedicação e profissionalismo. Sou grata pela orientação acadêmica, por nos ensinar a importância das pessoas e coisas que nos rodeiam e por muitas vezes ouvir e entender o motivo de nossas lágrimas.

Enfim, a todos e a todas que contribuíram para que eu chegasse até aqui, meu muito obrigada.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
SUMÁRIO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE SIMBOLOS.....	xi
LISTA DE NOMECLATURAS E/OU SIGLAS.....	xiii
1 Introdução geral.....	2
1.1 Considerações iniciais.....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
2 Aspectos teóricos.....	6
2.1 Caprinocultura.....	6
2.1.1 Aspectos produtivos.....	6
2.1.2 Características físico-químicas e nutricionais do leite de cabra.....	9
2.2 Bubalinocultura.....	14
2.2.1 Aspectos produtivos.....	14
2.2.2 Características físico-químicas e nutricionais do leite de búfala.....	16
2.3 O leite como matéria-prima para a obtenção de iogurte.....	18
2.3.1 Aspectos relacionados à composição – proteínas.....	19
2.3.2 Aspectos relacionados à composição – lipídios.....	21
2.3.3 Aspectos relacionados à microbiologia.....	24
2.4 Iogurte.....	25
2.4.1 Aspectos gerais.....	25
2.4.2 Processo de elaboração de iogurte.....	28
2.4.2.1 Padronização.....	30
2.4.2.2 Homogeneização.....	30
2.4.2.3 Tratamento térmico.....	31
2.4.2.4 Inoculação.....	32
2.4.2.5 Incubação.....	32
2.4.2.6 Resfriamento.....	33
2.4.2.7 Acondicionamento.....	33
2.4.3 Fenômenos da acidificação láctea formação do gel.....	33
2.5 Reologia.....	38
2.5.1 Comportamento reológico.....	38
2.5.1.1 Newtonianos.....	39
2.5.1.2 Não Newtoniano.....	38
2.5.1.2.1 Modelo de Bingham.....	41
2.5.1.2.2 Modelo de Ostwald de Waale.....	41
2.5.1.2.3 Modelo de Herschell-Buckley.....	42
2.5.2 Fenômenos dependentes do tempo e da velocidade.....	43
2.5.4 Comportamento reológico do iogurte.....	43

2.6	Iogurte de leite de cabra.....	45
2.7	Iogurte de leite de búfala.....	47
2.8	Análise sensorial de iogurte.....	48
3	Estado da arte.....	52
4	Material e métodos.....	55
4.1	Material.....	56
4.1.1	Leite de cabra e búfala.....	56
4.1.2	Grupos experimentais.....	57
4.1.3	Fermento e preparado de morango.....	57
4.2	Métodos.....	58
4.2.1	Cinética de acidificação.....	58
4.2.2	Elaboração do iogurte.....	59
4.2.2.1	Preparação do inóculo.....	59
4.2.2.2	Fabricação do iogurte.....	60
4.2.3	Análises físico-químicas.....	62
4.2.3.1	pH.....	62
4.2.3.2	Acidez total titulável.....	63
4.2.3.3	Sólidos totais.....	63
4.2.3.4	Proteína.....	63
4.2.3.5	Gordura.....	64
4.2.3.6	Açúcares redutores (AR) e redutores totais (ART).....	65
4.2.3.7	Cinzas.....	65
4.2.4	Análises reológicas.....	66
4.2.4.1	Sinerese.....	66
4.2.4.2	Viscosidade.....	66
4.2.5	Análise sensorial.....	67
4.2.6	Análises estatísticas.....	68
5	Resultados e discussão.....	70
5.1	Perfil de acidificação.....	70
5.2	Análise dos iogurtes produzidos.....	74
5.2.1	Caracterização físico-química.....	74
5.2.2	Caracterização reológica.....	76
5.2.2.1	Sinerese.....	76
5.2.2.2	Viscosidade.....	78
5.2.3	Análise sensorial.....	82
6	Conclusão.....	87
7	Perspectivas para trabalhos futuros.....	89
8	Referências bibliográficas.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Evolução do rebanho caprino no mundo entre os anos 2002 e 2007.....	7
Figura 2.2	Evolução do rebanho caprino no Brasil entre os anos 2002 e 2007.....	8
Figura 2.3	Evolução do rebanho bubalino no mundo entre os anos 2002 e 2007.....	15
Figura 2.4	Estrutura das micelas de caseína.....	20
Figura 2.5	Aminoácido na sua forma não dissociada e na forma dipolar.....	20
Figura 2.6	Tamanho relativo dos componentes do leite.....	22
Figura 2.7	a) Estrutura da membrana lipídica; b) representação da membrana lipídica após homogeneização.....	23
Figura 2.8	Microorganismo utilizados na elaboração de iogurte: a) <i>Streptococcus thermophilus</i> ; b) <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	26
Figura 2.9	Formação de acetaldeído a) e ácido láctico b) durante o desenvolvimento das culturas <i>Streptococcus thermophilus</i> e <i>Lactobacillus bulgaricus</i> em crescimento associativo (1:1) e crescendo isoladamente.....	27
Figura 2.10	Classificação de iogurte.....	29
Figura 2.11	Fluxograma genérico de produção de iogurte.....	29
Figura 2.12	Formação das micelas: a) leite a pH 5,4 – 5,35. Visualização das micelas (M) e gordura (F); b) leite a pH 4,8 – 4,75. Observa-se a formação de agregados (A) de micela e gordura.....	36
Figura 2.13	Curvas de fluxo: (A) newtoniano; (B) plástico ideal; (C) pseudoplástico; (D) dilatante; (E) pseudoplástico com limite de escoamento.....	40
Figura 2.14	Curvas de viscosidade: (A) newtoniano; (B) binghamiano ou plástico ideal; (C) pseudoplástico; e (D) dilatante.....	40
Figura 2.15	Curvas de fluxo de fluido de Ostwald de Waale: I, II, III pseudoplásticos; a, b, c dilatantes.....	42
Figura 2.16	Representação esquemática da variação da viscosidade com o tempo, mantendo-se velocidade de deformação constante.....	43
Figura 2.17	Ilustração do processo de expulsão do soro (sinerese).....	44
Figura 2.18	Microestrutura do iogurte: a) elaborado com leite de vaca; b) elaborado com leite de cabra.....	46
Figura 4.1	Fluxograma experimental.....	55
Figura 4.2	a) Leite de cabra; b) leite de búfala.....	56
Figura 4.3	a) fermento lácteo; b) sacarose; c) preparado de morango.....	57
Figura 4.4	Leites incubados em câmara de germinação.....	59
Figura 4.5	a) cultura <i>starter</i> ; b) acondicionamento em tubos <i>eppendorf</i> ; c) tubos <i>eppendorf</i> contendo inoculo.....	59
Figura 4.6	a) Adição de sacarose; b) tratamento térmico; c) adição do preparado de morango; d) inoculação; e) acondicionamento; f) incubação.....	61
Figura 4.7	Etapas de fabricação do iogurte.....	62
Figura 4.8	Ficha de análise sensorial.....	67
Figura 4.9	Avaliação sensorial: a) materiais utilizados; b) provador analisando amostra de iogurte.....	68
Figura 5.1	Perfil de acidificação dos leites caprino, bubalino e suas misturas.....	71
Figura 5.2	Curvas de fluxo a 5° C dos diferentes tipos de iogurtes: modelo de Ostwald de Waale.....	80
Figura 5.2	Curvas de viscosidade a 5° C dos diferentes tipos de iogurtes	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Teor médio de proteína, lactose e gordura de leite cabra e de vaca.....	10
Tabela 2.2	Minerais contidos em 100g de amostra de leite cabra e de vaca.....	13
Tabela 2.3	Vitaminas contidas em 100g de amostra de leite cabra e de vaca.....	13
Tabela 2.4	Composição média de leite de búfala de acordo com diversos autores.....	17
Tabela 2.5	Composição química do leite de búfala e de vaca.....	18
Tabela 4.1	Modelos reológicos usados nos ajustes das curvas de escoamento dos iogurtes.....	66
Tabela 5.1	Valores médios e respectivos desvios-padrão obtidos para o teor de sólidos totais dos leites e suas misturas.....	70
Tabela 5.2	Parâmetros cinéticos da acidificação dos grupos experimentais C, 7C3B, 5C5B, 3C7B e B.....	72
Tabela 5.3	Valores médios e respectivos desvios-padrão obtidos para caracterização dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas..	75
Tabela 5.4	Valores médios e respectivos desvios-padrão obtidos na sinerese dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas.....	76
Tabela 5.5	Parâmetros de ajuste de diferentes modelos para o comportamento reológico dos iogurtes a 5° C.....	78
Tabela 5.6	Escore médio e respectivos desvios-padrão obtidos para avaliação sensorial dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas..	82
Tabela 5.7	Índice de aceitação sensorial e respectivos desvios-padrão obtidos para avaliação sensorial dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas.....	84

LISTA DE SIMBOLOS

<i>A</i>	Peso da amostra de iogurte (mg)
<i>B</i>	Peso da amostra (g)
<i>C_I</i>	Teor de cinzas (%)
<i>D</i>	Peso da cadinho (g)
<i>F</i>	Fator de correção do ácido
<i>g</i>	Gramas
<i>Gd</i>	Porcentagem de gordura
<i>K</i>	Índice de consistência (PA.s ⁿ)
<i>K_c</i>	Coefficiente angular para o modelo de Casson (Pa.s)
<i>L</i>	Teor de gordura lido no butirômetro
<i>m</i>	Mili (10 ⁻³)
<i>mg</i>	Miligramas
<i>min</i>	Minuto
<i>N</i>	Normalidade da solução
<i>N</i>	Normalidade do ácido
<i>n</i>	Índice de comportamento (adimensional)
<i>nm</i>	Nanômetro (10 ⁻⁹)
<i>P</i>	Percentual de proteína (%)
<i>P_I</i>	Peso inicial da amostra (g)
<i>P₂</i>	Somatório dos pesos do cadinho, areia e amostra (g)
<i>P_s</i>	Peso da proveta com soro (g)
<i>P_v</i>	Peso da proveta vazia (g)
<i>R</i>	Repeso (g)
<i>R₂</i>	Coefficiente de determinação
<i>R_i</i>	Peso do recipiente com iogurte
<i>R_v</i>	Recipiente vazio (g)
<i>S</i>	Sinerese (%)
<i>s</i>	Segundo
<i>ST</i>	Porcentagem de sólidos totais (%)

T	Titulação
T_m	tempo na qual a máxima taxa de acidificação foi observada
T_e	tempo necessário para se alcançar pH 4,6
V_m	taxa máxima de acidificação (m unid. pH/min)
τ	Tensão de cisalhamento (Pa)
τ_0	Limite de escoamento real (Pa)
μ_p	Viscosidade plástica (Pa.s)
γ	Limite de escoamento (Pa)
%	Porcentagem

LISTA DE NOMECLATURAS E/OU SIGLAS

ABCB	Associação Brasileira de Criadores de Búfalos
ADQ	Análise Sensorial Quantitativa
APASA	Associação dos Pequenos Agropecuaristas do Sertão de Angicos
AR	Açúcares redutores
ART	Açúcares redutores totais
B	Grupo experimental contendo 100% de leite de búfala
C	Grupo experimental contendo 100% de leite de cabra
FAO	Food and Agriculture Organization
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IgM	Imonoglobulina
NUPEG	Núcleo de estudo em petróleo e gás
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
p/p	Peso por peso
RN	Rio Grande do Norte
rpm	Rotação por minuto
SETHAS	Secretaria de Estado do Trabalho, da Habitação e da Assistência Social do Rio Grande do Norte
UFC/mL	Unidade formadora de colônia pó mL
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UHT	<i>Ultra Higt Temperature</i>
3C7B	Grupo experimental contendo 30% de leite de cabra e 70% de leite búfala
5C5B	Grupo experimental contendo 50% de leite de cabra e 50% de leite búfala
7C3B	Grupo experimental contendo 70% de leite de cabra e 30% de leite búfala

.....

Capítulo 1

Introdução geral

.....

1. Introdução geral

1.1. Considerações iniciais

A caprinocultura leiteira é comum em regiões montanhosas, acidentadas e secas onde outras culturas não são capazes de resistir, como exemplo, as regiões do Mediterrâneo e Oriente Médio (HAENLEIN, 2007; PANDYA e GHODKE, 2007). No caso específico do rebanho brasileiro, o mesmo se concentra historicamente na região Nordeste e, apesar das adversas condições ambientais, representa uma fonte importante de carne, couro e leite.

Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2009), o contingente nacional de caprinos em 2007 foi de 10 milhões de cabeças, sendo 44% destinados à produção de leite. Sabe-se que o leite de cabra apresenta peculiaridades, tais como, micelas de proteínas menores, glóbulos de gordura com pequenos diâmetros, ácidos graxos de cadeia curta, além de vitaminas, minerais e enzimas responsáveis pela transformação de carboidratos em açúcares simples (JENESS, 1980; PARK *et al.*, 2007; RIBEIRO, 1997; SAMPELAYO *et al.*, 2007). Tais características tornam o leite de cabra um produto de elevada digestibilidade com indicações nutricionais e terapêuticas (BUENO, 2005; HAENLEIN, 2004; RIBEIRO e RIBEIRO, 2001), além de ser alimento hipoalergênico e indicado para pessoas portadoras de alergia ao leite bovino (EL-AGAMY, 2007; PARK, 2007).

A produção caprina é consumida de forma polarizada, ou seja, se concentra nos extremos da pirâmide social. Enquanto a população rural de baixa renda a mantém como um item de subsistência, o público de alto *status* social vê nos produtos caprinos um produto diferenciado e requintado, como o caso dos queijos *gourmet* (SILVA *et al.*, 2007). Mesmo assim, o mercado resiste ao consumo de derivados caprinos, justificando-se em termos das características organolépticas dos produtos, sobretudo o odor (CORREIA e BORGES, 2009).

O Brasil também se destaca como principal criador de búfalos do continente americano e segundo a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos - ABCB (Bernardes, 2007), o país possui efetivo nacional próximo de 3,5 milhões de cabeças. Os búfalos são animais capazes de resistir a condições climáticas adversas, a doenças e parasitas, além de possuírem alto índice de aproveitamento de forragem (ZAVA, 1984). O leite bubalino, diferentemente do leite de cabra, se destaca por conter elevados níveis de gordura, proteína e

sólidos totais, tornando-o apropriado para a produção de derivados como queijos, leite em pó, produtos fermentados, dentre outros (VERRUMA e SALGADO, 1994).

O leite de diversos animais pode ser utilizado como matéria-prima para a produção de vários tipos de produtos lácteos existentes no mercado. Dentre eles está o iogurte, o qual é considerado como um dos produtos de maior aceitação e consumo. O iogurte, quando comparado ao leite, apresenta maior digestibilidade, pois o processo fermentativo torna alguns compostos mais disponíveis para o organismo humano. Pesquisas prévias (BEZERRA, 2006; PARK, 2007) mostram que o iogurte fabricado a partir do leite de cabra apresenta coágulo pouco consistente, sendo necessária a adição de sólidos para a sua correção. O leite de búfala por outro lado, proporciona ao iogurte consistência muito firme (BORGES *et al.*, 2009).

Baseando-se nos aspectos iniciais aqui apresentados e considerando a importância econômica da caprinocultura para a região Nordeste e o potencial produtivo do leite bubalino, o presente trabalho visa estudar o processo de elaboração de iogurte a partir de misturas de leite de cabra e de búfala com adição de sabor morango. Pretende-se com isso aliar características intrínsecas distintas dos dois tipos de leites de forma a obter um produto de elevada aceitação com características físico-químicas e organolépticas desejáveis. A pesquisa, que tem seus objetivos descritos a seguir, inclui o estudo da acidificação dos leites em separado e das misturas, além da elaboração e caracterização físico-química, sensorial e reológica do iogurte obtido.

O trabalho encontra-se dividido em oito capítulos, iniciando pela presente seção - **Introdução Geral**. No capítulo 2 são abordados os **Aspectos Teóricos** referente aos dados de produção e características nutricionais de leite caprino e bubalino, com ênfase na caracterização físico-química, comportamento reológico e processo de acidificação de iogurtes elaborados a partir de leite de cabra e de búfala. O capítulo 3 mostra o **Estado da Arte** do desenvolvimento de iogurtes a partir de misturas de leites e do comportamento reológico e sensorial desses produtos. No capítulo 4, **Material e Métodos**, encontram-se descritas as metodologias empregadas ao longo do estudo, ao passo que no capítulo 5, estão apresentados os **Resultados e Discussão** da cinética de acidificação dos leites e suas misturas. Nesse capítulo também são discutidas as características físico-químicas e comportamento reológico dos iogurtes desenvolvidos, bem como sua avaliação sensorial. O capítulo 6 relaciona as **Conclusões** obtidas para os cinco tipos de iogurtes, comprovando que a mistura de leites de cabra e búfala pode influenciar nas características físico-químicas, reológicas e

sensoriais dos iogurtes. No capítulo 7 são descritas as **Perspectivas Para Trabalhos Futuros** e por fim, o capítulo 8 encerra o trabalho com as **Referências Bibliográficas**.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Elaborar e avaliar as características físico-químicas, reológicas e sensoriais de iogurtes produzidos a partir do leite de cabra, búfala e misturas dos mesmos, em diferentes proporções e com adição de sabor morango.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analisar comparativamente o teor de sólidos totais do leite de cabra, de búfala e das misturas;
- Interpretar o perfil de acidificação do leite de cabra, búfala e de três diferentes misturas, adicionados de sabor morango;
- Comparar a composição físico-química dos iogurtes produzidos;
- Avaliar as características reológicas dos iogurtes, tais como sinerese e viscosidade;
- Determinar o modelo reológico que melhor se ajusta aos dados experimentais;
- Identificar o tipo de comportamento reológico das amostras;
- Realizar a análise sensorial comparativa dos produtos obtidos de modo a detectar o grupo experimental de maior aceitação.

.....

Capítulo 2

Aspectos teóricos

.....

2. Aspectos teóricos

2.1. Caprinocultura

2.1.1. Aspectos produtivos

A cabra está entre as primeiras espécies domésticas introduzidas pelos colonizadores portugueses no Brasil. Inicialmente, os rebanhos povoaram o litoral nordestino e, em seguida, caminharam para o sertão, levados pelos fazendeiros e seus agregados (MAIA, 1997). Assim, desde essa época, os caprinos têm contribuído para a sobrevivência das famílias sertanejas assegurando-lhes carne, leite para alimentação das crianças e couro como uma importante fonte de renda. Mesmo assim, essa atividade permaneceu marginalizada durante séculos, sendo considerada apenas uma atividade de subsistência para as famílias de baixo poder aquisitivo (NOBRE e ANDRADE, 2006). Existem relatos de que até mesmo no meio acadêmico, essa condição era observada. Haenlein (2001) afirma que nos anos 90 o descaso pela caprinocultura era evidente, tanto no âmbito de congressos quanto no número de publicações pobres no assunto.

Atualmente, grande parte do rebanho caprino mundial está em países em desenvolvimento. Vries (2008) mostra que existem incentivos à criação de cabras no Peru, China, Romênia e Tanzânia como ferramenta de promoção econômica e de manutenção de comunidades.

Na **Figura 2.1** é apresentada a evolução mundial do rebanho caprino de acordo com dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2009). Em 2007, o efetivo mundial de caprinos contabilizou 850,2 milhões de cabeças, ocorrendo crescimento de 11% entre 2002 e 2007. O número de caprinos produtores de leite foi 170 milhões de cabeças, o que representa 20% do contingente mundial, entretanto, seu crescimento foi menor que os caprinos abatidos. Entre os anos de 2002 e 2007, a quantidade de animais destinados ao abate cresceu 16% enquanto os destinados à produção de leite, apenas 7%.

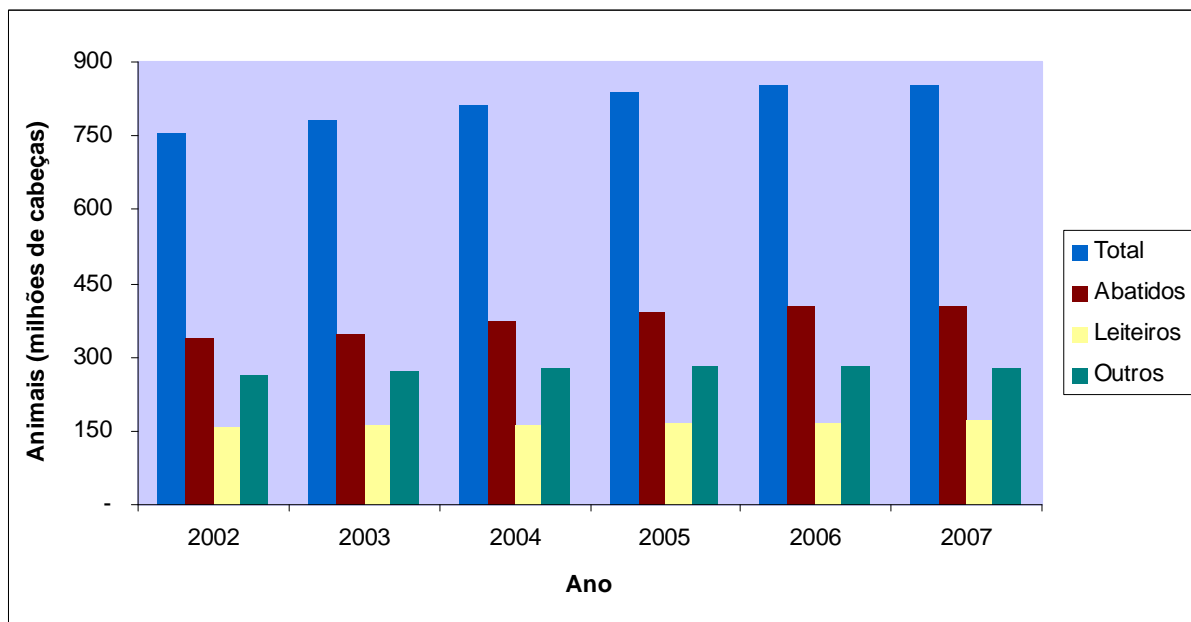


Figura 2.1. Evolução do rebanho caprino no mundo entre os anos 2002 e 2007.

Fonte: FAO (2009).

O contingente nacional em 2007, estimado pela FAO (2009), foi de aproximadamente 10 milhões de cabeças, sendo 44% produtores de leite (**Figura 2.2**). Segundo o Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009a), a região Nordeste concentra 90% do rebanho nacional, sendo liderada pela Bahia com 2,13 milhões de cabeças e uma produção de leite de 3,2 milhões de litros de leite caprino e se posiciona como segundo produtor da região. O estado da Paraíba ocupa o primeiro lugar na produção nordestina de leite caprino com mais de 3,9 milhões de litros.

A FAO (2009) registra a redução do número de animais destinados ao abate e animais produtores de leite no Brasil entre os anos 2002 a 2007, em contrapartida ao crescimento do rebanho total, o qual apresentou crescimento de 9% no mesmo período (**Figura 2.2**). É interessante perceber que nesse período houve um crescimento de 33% do grupo de animais classificados como “outros”, ou seja, não estão inclusos nos caprinos de corte ou leite. Esse percentual bastante significativo pode se referir àqueles animais que compõem as criações de subsistência, ainda comum no país, ou também, animais que não atingiram a idade de produção.

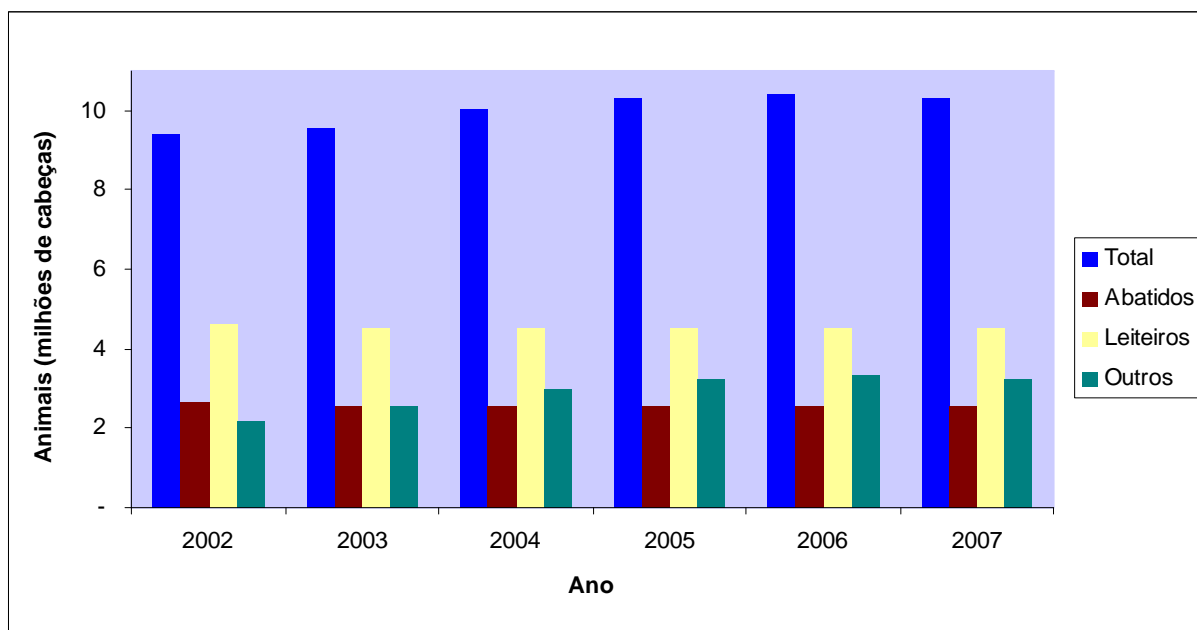


Figura 2.2. Evolução do rebanho caprino no Brasil entre os anos 2002 e 2007.

Fonte: FAO (2009).

Em 2007, a contribuição brasileira para a produção mundial de leite de cabra foi de 0,93% (FAO, 2009). Vale a pena ressaltar a contribuição histórica da Região Nordeste, a qual tem sido ao longo dos anos a principal região brasileira produtora de leite caprino, com 66,74% da produção total em 2006 (IBGE, 2009a). Isso se deve a boa adaptabilidade da espécie às características edafo-climáticas da região nordestina, além do alto índice de fertilidade e resistência a enfermidades por parte dos caprinos. Também apresentam melhor conversão alimentar quando comparados aos bovinos e se desenvolvem bem em instalações rústicas, em geral de baixo custo (KNIGHTS e GARCIA, 1997; MAIA, 1997).

O Rio Grande do Norte tem contado com incentivo do governo estadual, que compra boa parte do leite produzido para distribuir a crianças carentes, gestantes, portadores de deficiência e idosos de baixo poder aquisitivo, através do programa social denominado “Programa do Leite”. Além disso, tem viabilizado políticas públicas que apóiam o desenvolvimento de indústrias de laticínios (SETHAS, 2009). Esse incentivo pode ser percebido quando se compara o contingente caprino entre 1995 e 2006 (209,9 e 264,5 mil cabeças, respectivamente), no qual se percebe crescimento de 20,63%. Ainda mais significativa foi o incremento da produção potiguar de leite caprino no período, o qual aumentou em 89,98% (IBGE, 2009a).

Apesar disso, os produtores sentem dificuldade em escoar a produção, sobretudo pela escassez de produtos derivados produzidos a partir do leite caprino. Outras dificuldades incluem a limitada industrialização do leite de cabra em larga escala, a sazonalidade da produção e a pequena produção por animal. Essa situação faz com que a maioria dos caprinocultores processe o leite de cabra pela pasteurização, seguido de resfriamento e congelamento, o que facilita a distribuição e garante o abastecimento durante a entre safra (ANDRADE *et al.*, 2008; GOMES *et al.*, 1997). Segundo Curi e Bonassi (2007), esse cenário acontece não somente no Brasil, mas também em países detentores de caprinocultura leiteira mais desenvolvida.

2.1.2. Características físico-químicas e nutricionais do leite de cabra

O leite de cabra é definido como o produto procedente de ordenha higiênica, completa e ininterrupta de cabras sob boas condições de saúde, alimentação e descanso. Possui cor branca, sabor e odor especiais, mas não desagradáveis (BRASIL, 2000; BUENO, 2005). Como o leite das demais espécies animais, tem sua composição diretamente influenciada pela raça, idade, estágio de lactação, quantidade de leite produzido, estado de saúde e fisiologia do animal, alimentação e fatores ambientais (FURTADO, 1984; PINHEIRO JÚNIOR, 1985). É um alimento rico em proteínas, lactose, gordura, vitaminas e sais minerais, os quais dependendo da procedência podem estar presentes em teores similares aos de leite bovino, mas diferindo no que diz respeito aos compostos presentes, disponibilidade estrutural e poliformismos genéticos (RIBEIRO, 1997).

A Instrução Normativa n.37 (BRASIL, 2000) estabelece as condições de produção, identidade e requisitos mínimos de qualidade de leite de cabra para consumo humano. Ela determina que os teores mínimos de proteína, lactose e cinzas sejam 2,8%, 4,3% e 0,7%, respectivamente, além de que a acidez do leite expressa em ácido láctico deve variar de 0,13 a 0,18%.

Existem vários trabalhos que analisam a composição média de diferentes raças caprinas submetidas a diferentes condições de manejo. A composição média do leite caprino determinada por Prata *et al.* (1998), por exemplo, para caprinos da raça Saanen no sudeste do Brasil foi 3,27% de proteína, 3,74% de gordura, 4,35% de lactose, 0,74% de cinzas, 11,51% de sólidos totais, 88,49% de água, 16,11°D de acidez total titulável e 6,64 de pH. Já Clarck e Sherbon (2000a) analisaram a composição do leite de cabra proveniente de animais de origens

diversas e perceberam que o teor de proteína, gordura e sólidos totais variaram significativamente de acordo a raça (de 2,76 a 3,59%, de 3,29 a 7,02% e de 11,7 a 16,02%, respectivamente). Gomes *et al.* (2004), perceberam que os teores de sólidos totais, gordura e lactose diminuíram à medida que o estágio de lactação avançava.

No Brasil, estudos vêm sendo desenvolvidos no intuito de analisar a influência da alimentação na composição do leite caprino. Feijó *et al.* (2004) avaliaram a influência de três diferentes tipos de dietas na produção, composição e características físico-químicas do leite caprino no terço médio da lactação. Os autores observaram que os animais que receberam dietas contendo caroço de algodão apresentaram produção superior de leite rico em proteínas, fato que pode ser justificado em função da presença de fibras de melhor qualidade nesse ingrediente. Cabras mestiças Moxotó que receberam alimentação suplementada com óleos vegetais (de semente de algodão ou girassol) apresentaram maior teor de gordura no leite, menor quantidade de ácidos graxos de cadeia curta e maior concentração de ácidos graxos poli-insaturados como esteárico, oléico e linoleico (FERNANDES *et al.*, 2008). Também nesse sentido, Lana *et al.* (2005) observaram aumento significativo nos teores de gordura, proteínas e sólidos totais do leite em cabras alimentadas com dietas contendo óleo de soja e própolis. Costa *et al.* (2008) analisaram o efeito do fornecimento de silagem de maniçoba em dietas para cabras Moxotó em lactação. Os autores observaram que a dieta utilizada resultou em aumento do teor de ácidos graxos desejáveis no leite.

Leuthier *et al.* (2004), ao estudarem a influência da raça e do turno de ordenha nos teores de proteínas do leite de cabras no Curimataú e Brejo Paraibano, observaram que a raça Anglo Nubiana apresentou a maior concentração de proteína no leite (média de 3,55%) e a Parda Alemã a menor (média de 3,01%). Quanto ao turno da ordenha, percebeu-se maior teor de proteína na ordenha realizada pela manhã no Brejo Paraibano, e à tarde no Curimataú.

Dados compilados de diversos autores expressos na **Tabela 2.1** mostram uma comparação das características dos leites bovino e caprino, no que diz respeito aos teores de proteína, lactose e gordura.

Tabela 2.1. Teor médio de proteína, lactose e gordura de leite cabra e de vaca.

Autores	Proteína (%)		Lactose (%)		Gordura (%)	
	Cabra	Vaca	Cabra	Vaca	Cabra	Vaca
Ribeiro (1997)	2,90	3,23	4,08	4,78	3,80	3,67
Ordóñez <i>et al.</i> (2005a)	4,20	3,50	4,60	4,93	4,10	4,30
Park <i>et al.</i> (2007)	3,40	3,20	4,10	4,70	3,80	3,60
Vargas <i>et al.</i> (2008)	3,62	3,10	5,02	4,84	4,82	3,65
Ceballos <i>et al.</i> (2009)	3,48	2,82	4,11	4,47	5,23	3,42

Uma primeira conclusão que se pode tirar a partir da **Tabela 2.1** é que existe grande variação entre os dados de composição de leite de cabra e vaca de diferentes autores. Dessa maneira, antes de se afirmar algo sobre as diferenças entre os dois tipos de leite, deve-se ter cuidado de averiguar as informações concernentes ao tipo de raça, alimentação e manejo, e ainda, o tipo de metodologia utilizada na análise.

Ceballos *et al.* (2009) tentaram identificar as diferenças existentes entre o leite de cabras Granadinas e leite de vaca da raça Holstein Frienan. Para isso, os autores analisaram amostras colhidas em uma mesma área do sudeste espanhol, criadas sob a mesma condição de manejo e utilizando os mesmos procedimentos metodológicos. Os resultados demonstram diferenças qualitativas e quantitativas importantes entre os dois tipos de leite, o que permite afirmar que os mesmos podem exibir diferentes utilizações nutricionais. Esses resultados são importantes, pois apesar de ser comumente aceito que em valores quantitativos o leite de cabra se assemelhe ao leite bovino, variações relevantes podem ser encontradas, sobretudo ao analisar determinadas raças das duas espécies.

Quanto à gordura, 28% dos glóbulos lipídicos do leite caprino apresentam diâmetro igual ou inferior a 1,5 μ , contra apenas 10% do leite bovino (FURTADO, 1984; RIBEIRO, 1997). Além disso, tais autores afirmam que a membrana que recobre os glóbulos de gordura é mais delicada e existe maior percentagem de ácidos graxos de cadeia curta (de 4 a 10 carbonos) representados, principalmente, pelos ácidos caprónico (C6:0), caprílico (C8:0) e cáprico (C10:0), afirmação que corrobora com achados recentes de Ceballos *et al.* (2009). Tais características conferem ao leite de cabra (e seus derivados) aroma e sabor típico, bem como, elevada digestibilidade. Essa última característica é explicada pelo fato dos ácidos graxos de cadeia curta serem metabolizados de maneira diferente daqueles de cadeia longa. Os de cadeia curta são posteriormente digeridos no trato digestivo, um processo que começa no estômago pela ação da lipase pré-gástrica salivar, sendo então absorvidos sem a

necessidade de reesterificação (Barrionuevo *et al.*, 2002). Ceballos *et al.* (2009) também mostram que o leite de cabra possui quase 50% a mais em conteúdo de ácidos graxos polinsaturados (PUFA), com destaque para percentuais substancialmente maiores de PUFA n-6 e n-3, os quais são reconhecidos como benéficos à saúde.

Sobre esse assunto, Alferez *et al.* (2001) realizaram experimentos em ratos para avaliar comparativamente o metabolismo lipídico após a ingestão de leite bovino e caprino. Os resultados sugerem que o leite de cabra promove efeitos nutricionais benéficos, podendo ser indicado para a síndrome de má absorção.

As proteínas podem estar em quantidades similares nos leites de cabra e vaca, mas possuem estruturas e características funcionais diferenciadas em função do polimorfismo genético, que resulta em diversas variáveis ou tipos genéticos (ANTUNES, 2003; CEBALLOS *et al.*, 2009; WAL, 2001). Clarck e Sherbon (2000b) identificaram as variáveis genéticas da caseína α_s1 - A, B, C, D, E, F e nulo - em amostras de leite oriundo de várias espécies caprinas. Grande número de cabras são portadores da variável genética tipo nulo, ou seja, apresentam ausência da caseína α_s1 , e em geral produzem leite com baixos percentuais de sólidos totais, extrato seco desengordurado, gordura, proteína e caseína. Além disso, também podem ser observadas diferenças quanto a composição aminoacídica dos leites. Ceballos *et al.* (2009) afirmam que a exceção dos aminoácidos tirosina e serina, para os quais não foram observadas diferenças estatísticas ($p>0,05$) todos os outros aminoácidos apresentaram-se em quantidade superior no leite de cabra quando comparado ao leite de vaca.

Segundo Wal (2001), estudos demonstram que grande parte da população é portadora de reações alérgicas a vários tipos de proteínas, incluindo α -lactalbumina, imonoglobulinas, albumina do soro, lactoferrina, porém, as caseínas e a β -lactoglobulina são reportadas como principais causadoras. A caseína α_s1 é a principal fração protéica responsável por reações alérgicas ao leite bovino, no entanto a sua presença no leite caprino, como já comentado, é bastante reduzida, além de apresentar características estruturais diferentes (RIBEIRO, 1997; BUENO, 2005). Haenlein (2004) relata que 30 a 40% dos tratamentos de casos alérgicos com uso do leite caprino em substituição ao leite bovino obtêm sucesso.

Nas **Tabelas 2.2 e 2.3** são apresentados os dados de composição mineral e vitamínica compilados por Park *et al.* (2007) de diversos autores. O leite caprino apresentou concentrações significativamente superiores para Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Cloro (Cl), Manganês (Mn), Selênio (Se) e menores para Sódio (Na) e Enxofre (S). Quanto à presença de vitaminas, o leite de cabra se destaca com maior presença das vitaminas A, C, D,

Tiamina, Riboflavina e Niacina e teor reduzido de ácido fólico. A Instrução Normativa n.37 permite a adição de ácido fólico entre outras vitaminas ao leite de cabra (BRASIL, 2000).

Tabela 2.2. Minerais contidos em 100g de amostra de leite cabra e de vaca.

Minerais	Cabra	Vaca
Ca (mg)	134,00	122,00
P (mg)	121,00	119,00
Mg (mg)	16,00	12,00
K (mg)	181,00	152,00
Na (mg)	41,00	58,00
Cl (mg)	150,00	100,00
S (mg)	28,00	32,00
Fé (mg)	0,07	0,08
Cu (mg)	0,05	0,06
Mn (mg)	0,32	0,02
Zn (mg)	0,56	0,53
I (mg)	0,02	0,02
Se (µg)	1,33	0,96

Fonte: Park *et al.* (2007).

Tabela 2.3. Vitaminas contidas em 100g de amostra de leite cabra e de vaca.

Vitaminas	Cabra	Vaca
Vitamina A (IU)	185,00	126,00
Vitamina D (IU)	2,30	2,00
Tiamina (mg)	0,06	0,04
Riboflavina (mg)	0,21	0,16
Niacina (mg)	0,27	0,08
Ácido pantotênico (mg)	0,31	0,32
Vitamina B₆ (mg)	0,04	0,042
Ácido fólico (µg)	1,00	5,00
Biotina (µg)	1,50	2,00
Vitamina B₁₂ (µg)	0,06	0,35
Vitamina C (mg)	1,29	0,94

Fonte: Park *et al.* (2007).

Vários autores também já comprovaram que a superioridade nutricional do leite de cabra não resulta somente de minerais encontrados nesse tipo de fonte alimentar, mas também da melhor utilização que o corpo promove delas, tanto em termos metabólicos quanto digestivos (ALFEREZ *et al.*, 2006; BARRIONUEVO *et al.*, 2002)

2.2. Bubalinocultura

2.2.1. Aspectos produtivos

Os búfalos são originários da Índia, Paquistão e Extremo Oriente e viviam como animais selvagens em diferentes regiões da Índia. Os primeiros búfalos foram introduzidos no Brasil em 1890, na Ilha de Marajó, pertencentes à raça Carabao (ZAVA, 1984). Inicialmente, o rebanho bubalino se concentrou principalmente na região Norte, mas a partir dos anos 80 aconteceu maior difusão de suas potencialidades e conseqüente expansão para as demais regiões brasileiras (BERNARDES, 2007).

Atualmente, as raças mais destacadas no país são Mediterrânea, Jafarabadi, Carabao e Murrah, todas do gênero *Bubalus bubalis*. Na Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB) predomina registros da raça Murrah, que se destaca como principal produtora de leite, seguida pela raça Jafarabadi (ANDRADE e GARCIA, 2005).

A criação de búfalos vem crescendo de maneira bastante significativa. Segundo a FAO (2009), a população mundial de bubalinos em 2007 era de 202,3 milhões de cabeças, que se comparada a dados de 2002, representa um crescimento de 17% (**Figura 2.3**). Ainda segundo a FAO (2009), o número de animais produtores de leite representa 28,4% do contingente mundial e apresentou crescimento superior ao de búfalos abatidos.

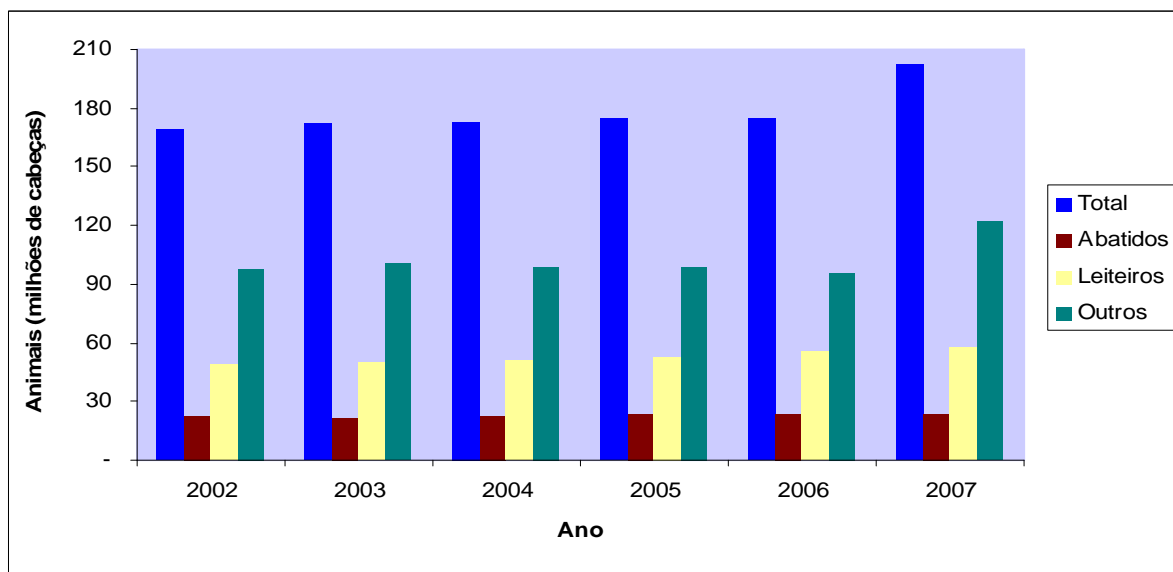


Figura 2.3. Evolução do rebanho bubalino no mundo entre os anos 2002 e 2007.

Fonte: FAO (2009).

Com base na Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009b), o rebanho nacional em 2007 era de 1,1 milhão de cabeças. A região Norte do país continua liderando com 62,22% da população de búfalos, seguida da região Sul com 11,3%. É interessante observar que o Pará, estado onde foram introduzidos os primeiros animais na região, concentra 38,49% dos animais existentes no Brasil. Bernardes (2007) destaca que os dados oficiais mascaram a real situação da bubalinocultura brasileira, pois muitas vezes eles são somados aos bovinos e estima, baseado em informações da ABCB, que o efetivo nacional chega a 3,5 milhões de cabeças com crescimento anual de 3 a 3,5%. Os dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009a) mostram a região Sudeste como maior produtora de leite bubalino, com 15,5 mil toneladas, representando 46,24% da produção nacional de leite de búfala, seguida da região Norte com 32,35%. A região Nordeste contribui com apenas 6,55% da produção e ocupa a quarto lugar no ranking nacional.

O crescimento da bubalinocultura brasileira se deve principalmente a características físico-químicas do leite, tais como maior presença de proteínas, gordura e sólidos totais, os quais proporcionam maior rendimento nas indústrias de laticínios, se comparado ao rendimento de produtos como queijo e manteiga de outras espécies leiteiras.

Apesar das fontes oficiais de estatística nacional não registrarem dados de produção no Rio Grande do Norte, sabe-se que no estado existe uma empresa agropecuária que produz e

beneficia quantidades importantes de leite bubalino no estado. A Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2009) registrou crescimento no rebanho estadual de 44,68% entre 2002 e 2007, o que pode ser considerado extremamente acentuado, principalmente quando se compara com o crescimento no mesmo período do rebanho caprino e bovino, 7,20% e 16,91%, respectivamente.

Segundo ZAVA (1984), os búfalos são altamente resistentes a doenças infecciosas e parasitárias; possuem boa adaptabilidade a mudanças de manejo e ambiente; desenvolvem-se bem em climas diversos além de serem mais eficientes no aproveitamento de alimentos de qualidade inferior e, apesar de apresentar aspecto temível, possuem comportamento dócil. Tais características justificam o crescimento acelerado nos últimos anos, no Brasil.

Amaral e Escrivão (2005) ressaltam que o fato do búfalo estar inserido em países em desenvolvimento, onde condições de manejo, alimentação, sanidade e pesquisas são deficientes, contribuiu para existência de problemas relacionados à produção. No entanto, estudos recentes destacam o elevado potencial produtivo dessa espécie, que aliado a biotecnologias de reprodução como inseminação artificial, múltipla ovulação e transferência de embriões, fecundação *in vitro*, além de sérios trabalhos de melhoramento genético podem elevar seu índice de produtividade (BARUSELLI e CARVALHO, 2005).

2.2.2. Características físico-químicas e nutricionais do leite de búfala

O leite bubalino é definido como produto procedente de ordenha higiênica, completa e ininterrupta de búfalas, sob boas condições de saúde, alimentação e descanso (BRASIL, 2002). Apresenta características organolépticas bastante diferenciadas como sabor adocicado e coloração branca opaca (AMARAL *et al.*, 2005; BENEVIDES, 1998), além de elevado valor nutricional e alto rendimento industrial por conter maior teor de proteína, gordura e sólidos totais.

Vale ressaltar que o Brasil ainda não possui legislação federal específica que regularize o padrão de identidade e qualidade de leite bubalino. Apenas o estado de São Paulo, através da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, dispõe de resolução que determina alguns parâmetros de qualidade (SÃO PAULO, 1994). Dentre eles, estabelece o teor de gordura mínima de 4,5%, acidez de 14 a 23°D e pH entre 6,4 e 6,9. No entanto não menciona valores aceitáveis para proteína, lactose e sólidos totais.

Na **Tabela 2.4** são apresentados os teores médios de proteína, gordura, sólidos totais, pH e acidez total titulável do leite bubalino, de acordo com pesquisas recentes. Os elevados teores de gordura e sólidos totais, típicos desse tipo de leite, chamam a atenção.

Tabela 2.4. Composição média de leite de búfala de acordo com diversos autores.

Autor	Parâmetros				
	Proteína (%)	Gordura (%)	Sólidos totais (%)	pH	Acidez (°D)
Borges, Medeiros e Correia (2009)	-	-	16,70	6,65	18,50
Cunha Neto et al. (2005)	4,28	6,82	-	6,70	20,10
Macedo et al. (2001)	4,30	6,59	-	-	18,98
Patiño (2004)	3,85	7,22	16,35	6,71	19,65
Yunes e Benedit (2000)	4,2	7,30	-	-	-

Coelho *et al.* (2004) analisaram amostras de leite de búfala, das raças Mediterrânea e Murrah de 19 rebanhos no estado de São Paulo, por meio de analisadores automáticos. Encontraram valores médios de 4,2% de proteína, 6,83% de gordura, 5,2% de lactose e 17,23% de sólidos totais. Apesar desses dados se aproximarem dos encontrados por estudiosos brasileiros (BORGES, MEDEIROS e CORREIA, 2009; CUNHA NETO *et al.*, 2005; MACEDO *et al.*, 2001; YUNES e BENEDET, 2000), os autores expressam a existência de uma variação bastante significativa entre os valores máximos e mínimos de cada componente analisado (proteína: 2,51 a 6,33%; gordura: 2,02 a 12,26%; lactose: 2,02 a 5,99% e sólidos totais: 9,55 a 23,22%). Os mesmos ainda ressaltam a necessidade de estudos nas diferentes regiões do Brasil de modo a estabelecer padrões e limites de variação para as propriedades físico-químicas do leite bubalino.

Patiño (2004) estudou as características físico-químicas do leite de búfalas da raça Murrah e de raças mestiças (½ Murrah e ½ Mediterrânea). Os teores médios para proteína, gordura, lactose, sólidos totais, pH e acidez foram, respectivamente, 3,85%, 7,22%, 4,49%, 16,35%, 6,71 e 19,65°D. Os resultados ainda mostraram que à medida que o período de lactação avançou, houve uma elevação significativa dos teores de gordura, sólidos totais e acidez. Cabe destacar que as variações nos percentuais de proteína, gordura e acidez também podem ocorrer em função do manejo alimentar, sanitário e genético adotado pelo criador, o qual pode beneficiar ou prejudicar a qualidade do leite (BASTIANETTO, ESCRIVÃO e OLIVEIRA, 2005). Em relação à presença de minerais, segundo Verruma e Salgado (1994), o

leite de búfala apresentou composição similar ao leite de vaca para fósforo, potássio, zinco e manganês, e superior para cálcio e ferro.

De maneira geral, quando comparado ao leite de vaca, o leite de búfala apresenta concentração mais elevada de proteína, gordura, lactose e cinzas, os quais refletem conjuntamente para o nível de sólidos totais superior (**Tabela 2.5**).

Tabela 2.5. Composição química do leite de búfala e de vaca.

Autores	Proteína (%)		Gordura (%)		Sólidos Totais (%)	
	Búfala	Vaca	Búfala	Vaca	Búfala	Vaca
Ahmad <i>et al.</i> (2008)	4,25	3,26	7,00	4,10	17,45	13,67
Verruma e Salgado (1994)	4,50	3,70	8,16	3,68	-	-

Além das comentadas diferenças quantitativas, existem diferenças qualitativas importantes entre as duas matérias-primas lácteas. As micelas protéicas do leite de búfala contém maior quantidade de cálcio e fosfato inorgânico, o que significa maior fosforilação das moléculas de caseína bubalina (Ahmad *et al.*, 2008)

A gordura do leite bubalino, além de estar presente em maior quantidade, também apresenta glóbulos com diâmetro superior. Verruma e Salgado (1994) observaram que os ácidos graxos insaturados de cadeia longa palmitoléico (C16:1) e linoléico (C18:2) estavam presentes em quantidade superior no leite bubalino (quando comparado ao bovino), enquanto o miristoléico (C14:1) e o oléico (C18:1), inferior. Os autores considerados, também perceberam uma maior concentração de ácidos graxos saturados de cadeia longa como palmítico (16:0) e esteárico (18:0).

2.3. O leite como matéria-prima para a obtenção de iogurte

Leites de diferentes espécies são usados para a produção de iogurte. Como consequência, a qualidade do produto final varia como reflexo das diversas características inerentes a cada matéria-prima.

Como mostrado, o leite é composto basicamente por água, proteínas, lipídios, lactose, vitaminas e minerais. Os teores de cada um dos elementos variam, porém esses elementos estão presentes em praticamente todos os tipos de leite. Cada uma dessas substâncias exerce

seu papel sobre a qualidade final do iogurte, mas os aspectos quantitativos e qualitativos relativos às proteínas, lipídios e lactose, são, sem dúvida, os mais importantes para a elaboração desse derivado lácteo.

Durante a fermentação do leite, a lactose é degradada pelo complexo enzimático das bactérias lácticas presentes com conseqüente acidificação. Esse processo, bem como outros tratamentos tecnológicos aplicados ao leite durante o processamento – tratamento térmico, homogeneização - têm impacto decisivo sobre a estrutura das proteínas e lipídios presentes.

Sendo assim, a seguir são comentados aspectos bioquímicos fundamentais envolvidos na produção do iogurte.

2.3.1. Aspectos relacionados à composição - proteínas

A proteína do leite é formada pelas caseínas e proteínas do soro. A caseína, a qual em termos quantitativos representa a principal fração protéica do leite (cerca de 80%) encontra-se dispersa na forma de micelas que se mantêm em suspensão coloidal. A estrutura dessas micelas ainda não foi completamente esclarecida, mas a forma mais aceita está mostrada na **Figura 2.4**. Segundo esse modelo, caseína do leite seria formada por uma mistura de fosfoproteínas semelhantes – α_1 , α_2 , β e κ -caseína. Em sua porção interior existiriam caseínas altamente fosfatadas que precipitam na presença de íons cálcio e na porção exterior estariam as κ -caseínas, as quais sendo pouco fosfatadas são mais estáveis na presença de cálcio. Essa proteína em conjunto com o fosfato de cálcio coloidal seria responsável pela integridade e estabilidade das micelas (KOBBLITZ, 2008).

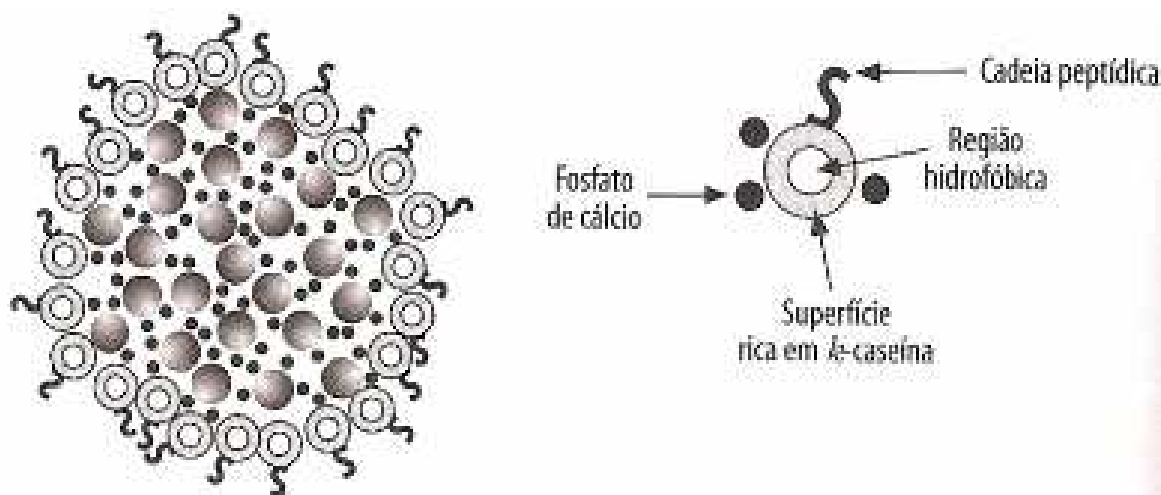


Figura 2.4. Estrutura das micelas de caseína.

Fonte: Ordóñez *et al.* (2005)

As proteínas do soro recebem esse nome por permanecerem solúveis na fase aquosa (soro) ao ser atingido o ponto isoelétrico das caseínas em pH 4,6 durante o procedimento usado para a fabricação dos variados tipos de queijos. Além disso, diferentemente das caseínas, são resistentes a ação da enzima quimosina e são termolábeis. As principais representantes dessa fração a α -lactoalbumina, β -lactoglobulina, soroalbumina e imunoglobulinas (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

As características protéicas são influenciadas pelos aminoácidos que as compõem, os quais são formados por grupos carboxílicos e amina. O grupo amina pode receber próton e o carboxílico perder, proporcionando ao aminoácido uma característica ácido-base ou bipolar conforme é apresentado na **Figura 2.5**. Essa característica dos aminoácidos favorece sua atuação tanto como ácido quanto como base quando dissolvidos em água. No entanto quando o número de cargas positivas é igual ao de cargas negativas o aminoácido se torna incapaz de migrar em campo elétrico e neste ponto o resultado do pH é denominado de ponto isoelétrico (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

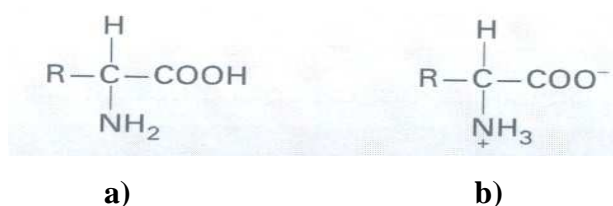


Figura 2.5. Aminoácido: a) forma não dissociada; b) forma dipolar.

Fonte: Ribeiro e Seravalli (2007).

O ponto isoelétrico das proteínas consiste em fator importante na fabricação de iogurtes e queijos, pois nele acontece a precipitação das caseínas e conseqüente coagulação do leite. Isso acontece porque as proteínas de um modo geral se comportam como íons dipolares, ou seja, apresentam cargas negativas e positivas, porém na presença de sais à determinadas temperaturas, essas cargas positivas e negativas tornam-se equivalentes, sendo neutralizadas. No caso das caseínas, perdem a capacidade de repulsão entre si e a interação com as moléculas de água, em conseqüência formam precipitados (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Ordoñez *et al.* (2005a) explicam que a precipitação das caseínas acontece com a redução do pH e conseqüente solubilização dos sais cálcicos das micelas de caseína, produzindo migração dos cálcios e fosfatos para a fase aquosa, com desmineralização lenta das caseínas. Ou seja, a desestabilização das caseínas ocorre em função do deslocamento do cálcio e dos fosfatos e pela neutralização de sua carga superficial. O ponto isoelétrico das caseínas a 25°C corresponde a pH 4,6.

Tanto na produção de queijos quanto de iogurtes acontece a coagulação láctea, mas ao contrário do que acontece para queijos, na elaboração de iogurtes o soro não é separado e o coágulo apresenta características reológicas particulares, os quais são discutidas com maiores detalhes na **seção 2.5.3**.

Segundo Silva *et al.* (2009), variações nos teores de proteína e gorduras do leite de cabra, com diferentes genótipos para α_1 -caseína, podem afetar as características tecnológicas do leite, tais como velocidade de coagulação, rendimento, sabor e consistência dos produtos. A presença da caseína α_1 reflete diretamente no tempo de coagulação e na firmeza do coágulo, portanto, recomenda-se que para fabricação de queijos, sejam selecionados animais detentores de variáveis genéticas diversificadas (CLARCK e SHERBON, 2000a).

2.3.2. Aspectos relacionados à composição - lipídios

Os lipídios do leite encontram-se na forma de glóbulos esféricos de gordura com diâmetro de 1,5 a 10 μ m, tamanho muito superior às das micelas de caseína (**Figura 2.6**). São compostos por triglicerídeos de ácidos graxos (96-98%), fosfolipídeos, esfingolipídeos, esteróis, carotenóides e vitaminas lipossolúveis.

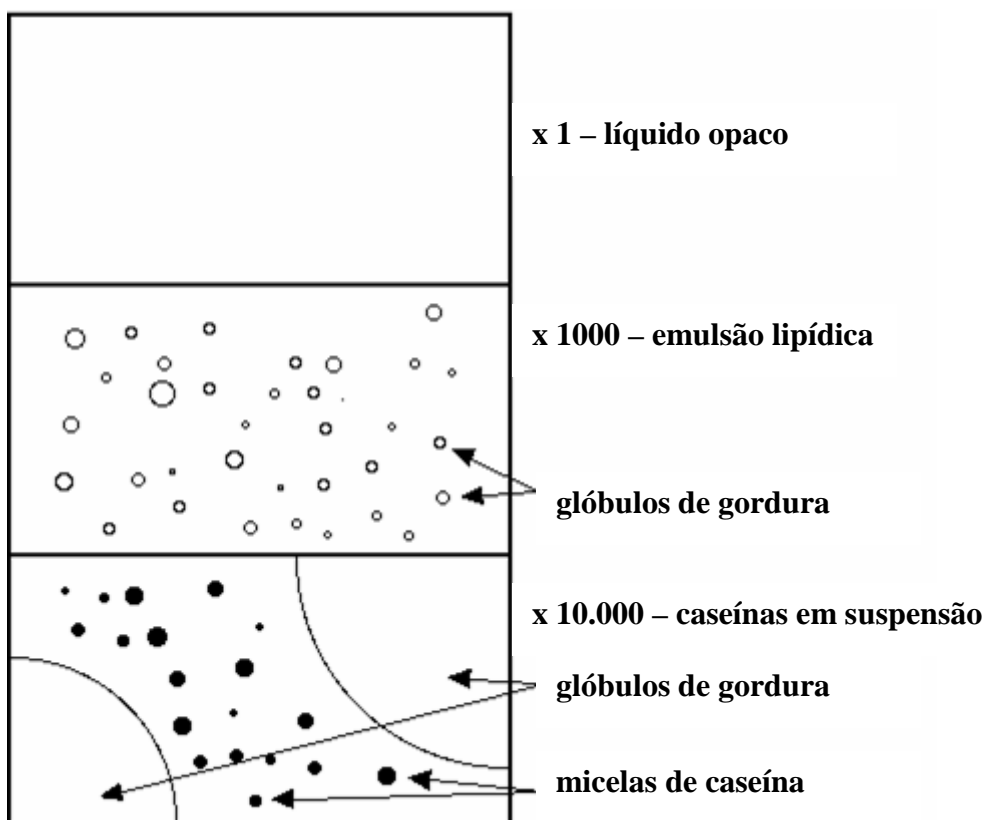


Figura 2.6. Tamanho relativo dos componentes do leite

Fonte: www.foodsci.uoguelph.ca

Os principais fatores que provocam alterações nos lipídeos são lipólise, auto-oxidação e homogeneização. O leite e derivados quando submetidos a tempos prolongados de armazenamento podem apresentar alterações desagradáveis no sabor e no odor, conhecidas como ranço. Tal comportamento acontece em função do acúmulo de ácidos graxos livres oriundos da hidrólise dos triglicérides através da ação da lipase, enzima própria do leite que pode ser inibida com resfriamento e pasteurização. Além da lipase endógena existem outras de origem microbiana que atuam sob pH alcalino, a temperatura elevada e algumas podem resistir a tratamento UHT (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

A auto-oxidação é uma reação química que ocorre em presença de oxigênio e catalisada pela luz, calor, pelo ferro (Fe) e Cobre (Cu), a qual afeta os ácidos graxos insaturados livres. A reação resulta na formação de hidroperóxidos, compostos instáveis que se decompõem formando numerosas substâncias responsáveis pelo cheiro rançoso no leite. O processo inicia-se nos fosfolípidos que são ricos em ácidos graxos livres e estão em contato com o cobre, que é o principal agente catalisador. O cobre pode ser encontrado de forma

natural no leite ou originado de contaminações da parte externa do úbere ou dos equipamentos de ordenha (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

Os glóbulos de gordura são compostos por um núcleo central e encontram-se recobertos por uma membrana lipoproteica (**Figura 2.7a**), que atua como proteção, evitando que os glóbulos se fundam ou sofram ação enzimática. Quando o leite é submetido a homogeneização, a membrana sofre profundas modificações. Além da redução do tamanho da partícula que é o principal efeito esperado por essa operação unitária, efeitos secundários são desencadeados, dentre os quais modificações físicas que favorecem a maior presença de proteínas na membrana, sobretudo as proteínas do soro, além de fosfolipídios e glicerídios neutros (**Figura 2.7b**). A cobertura dos glóbulos de gordura com os fragmentos de substâncias presentes no leite dá origem a uma membrana denominada “secundária”.

Em geral os leites para fabricação de iogurte passam pela etapa prévia de homogeneização para evitar a formação de cremado durante o processo de fermentação. Além disso, a presença de glóbulos grandes de gordura no leite não-homogeneizado pode diminuir a firmeza dos produtos fermentados através de dificuldades em formar o gel (Jaros e Rohm, 2003).

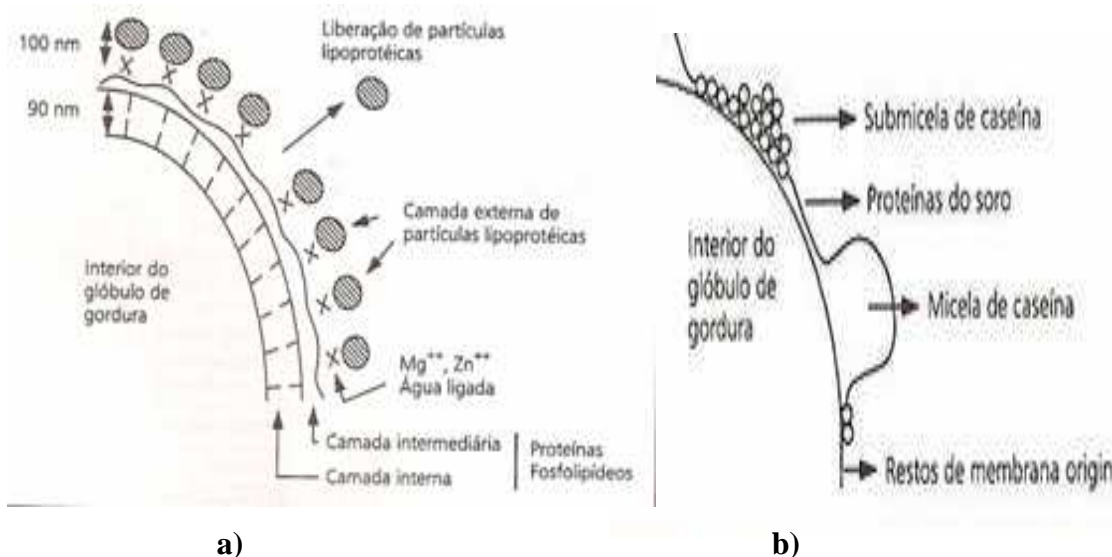


Figura 2.7. a) Estrutura da membrana lipídica; b) representação da membrana lipídica após homogeneização.

Fonte: Ordóñez *et al.* (2005a).

2.3.3. Aspectos relacionados à microbiologia

As características físico-químicas do leite o tornam um excelente substrato para o crescimento de diversos micro-organismos. Alguns desses micro-organismos podem ser utilizados para a produção de uma ampla variedade de produtos lácteos, alguns deles com potencial benéfico a saúde. No entanto, o desenvolvimento descontrolado de tais micro-organismos pode resultar em alterações indesejáveis ao leite.

A microbiota presente no leite cru é proveniente do interior e exterior do úbere e dos equipamentos, utensílios utilizados na ordenha e do ordenhador. O leite, mesmo sendo de boa procedência, possui taxa elevada de micro-organismos (10^3 - 10^6 UFC/mL). No interior do úbere sempre existem bactérias que contaminam o leite no momento da ordenha, geralmente, pequenas quantidade de micrococos e estreptococos. Após a ordenha, o leite tornar-se exposto a contaminações posteriores e, se as condições de higiene não forem respeitadas, o número de bactérias pode ultrapassar o nível aceito pela legislação, a qual, no Brasil, determina que o leite de cabra deve apresentar contagem padrão para placas inferior a 5×10^5 UFC/mL (BRASIL, 2000).

O leite que chega ao laticínio contém microbiota diversificada termofílica, mesofílica e psicotrófica. Determinadas bactérias possuem β -galactosidase capazes de metabolizar a lactose; algumas elaboram proteases, que atacam as proteínas; outras produzem lípases, as quais degradam a gordura; existem micro-organismos que não se desenvolvem bem e se comportam como agentes transportadores e ainda aqueles que podem causar grandes transtornos a saúde humana (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a). De acordo com o mesmo autor os micro-organismos presentes no leite podem ser classificados como:

- Bactérias lácticas – representam grande importância no desenvolvimento de alimentos lácteos por serem responsáveis pela transformação da lactose em ácido láctico, participar da degradação das proteínas em processos de maturação e produzirem diacetil e acetaldeído.
- Bactérias esporuladas – As formas esporuladas, principalmente do gênero *Bacillus* e *Clostridium*, não são destruídas pela pasteurização, sendo necessário submeter o leite ao processo de esterilização para obtenção de sua estabilidade.
- Bactérias psicotróficas – proliferam-se a baixas temperaturas e por isso encontram grande oportunidade de desenvolvimento quando o leite é

submetido a resfriamento na fazenda produtora ou durante o transporte para o setor de beneficiamento. O resultado da atividade das enzimas bacterianas manifesta-se através de alterações sensoriais como sabor amargo e aumento da viscosidade do leite.

- Bactérias de origem fecal – taxas elevadas dessas bactérias apontam para um leite obtido ou manipulado sob baixas condições de higiene. Elas produzem ácido lático e dióxido de carbono e são controladas com eficácia pelo resfriamento. Elas se destacam no processo de acidificação do leite e no perigo oferecido à saúde pública por algumas cepas patogênicas como a *Escherichia coli* e a *Salmonella*.

O tratamento térmico aplicado ao leite tem o objetivo de diminuir a carga microbiana inicial, destruir os germes patogênicos e promover a padronização do produto final. A presença de bactérias indesejáveis pode ocasionar competição com as bactérias lácteas envolvidas no processo de elaboração do iogurte, e com isso, promover defeitos importantes ao produto.

2.4. Iogurte

2.4.1. Aspectos gerais

Os leites fermentados foram originados há cerca de 10 a 15 mil anos quando os povos nômades começaram a domesticar os animais e consumir seus produtos (FERREIRA, 2005; TAMINE e ROBINSON, 2000). O leite era armazenado em recipientes de cerâmica e de couro de animais e fermentava em decorrência da flora láctea que chegava acidentalmente após a ordenha e encontrava temperatura favorável a seu desenvolvimento (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a). Com o passar do tempo, os micro-organismos foram sendo selecionados, possibilitando a origem de produtos lácteos diferenciados com características agradáveis.

Quanto ao local de origem do iogurte, existem controvérsias. Ferreira (2005) relata que para uns, sua origem se deu na Ásia com pastores turcos, e para outros é originário dos Balcãs. Segundo Ordóñez *et al.* (2005a), sua origem situa-se no Oriente Médio ou na Índia.

No entanto, Tamine e Robinson (2000) afirmam que apesar de não existir registro preciso de sua origem, acredita-se que é responsável por grandes benefícios a nutrição e saúde da humanidade ao longo do tempo.

Estudos acerca dos fenômenos envolvidos no processo de fabricação do iogurte tiveram início no século XIX, com os trabalhos do pesquisador russo Ilya Metchnikoff do Instituto Pasteur em Paris. Metchnikoff relacionou a longevidade dos búlgaros ao leite fermentado usado na região (AQUARONE *et al.*, 1983; FERREIRA, 2005). Desde então, vários estudos foram realizados em diversos países e a técnica de fabricação aprimorada.

No Brasil, a Instrução Normativa n.46 adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados (BRASIL, 2007) que estabelece o iogurte como um produto obtido através da fermentação do leite pelos micro-organismos *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, os quais devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final. A presença de outras bactérias lácteas, as quais podem contribuir para as características finais do produto também é permitida pelas normas.

O *Streptococcus thermophilus* (**Figura 2.8a**) possui a forma de cocos com menos de 1µm de diâmetro e apresenta-se em cadeia. Suas cepas usam a lactose do leite para produzir lactato, acetaldeído e diacetil e se desenvolvem bem a uma temperatura de 37°C. Por sua vez, o *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (**Figura 2.8b**), é uma bactéria de forma de bastão, de dimensões aproximadas de 0,5 a 0,8 x 2 a 9µm, que se apresenta de forma individualizada ou em cadeias curtas, produz lactato e acetaldeído a partir da lactose do leite (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

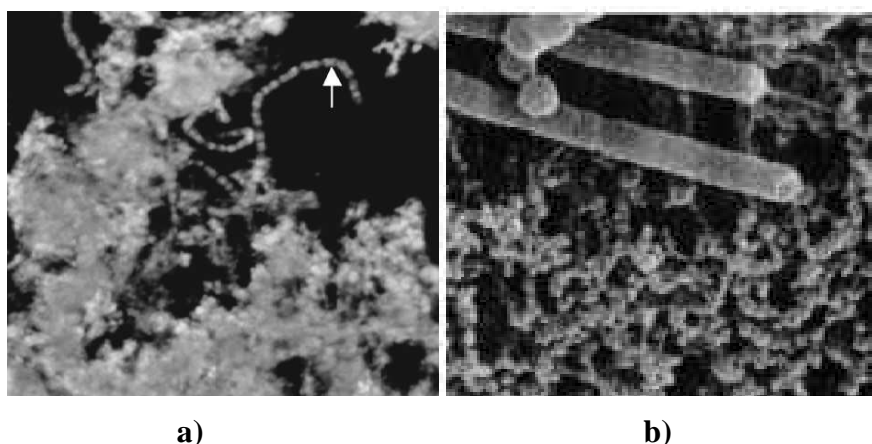


Figura 2.8. Micro-organismo utilizados na elaboração de iogurte: a) *Streptococcus thermophilus*; b) *Lactobacillus bulgaricus*.

Fonte: Tamine e Robinson, 2000; Girard e Schaffer-Lequart, 2007.

Geralmente a inoculação ocorre na proporção de 1:1 de estreptococos para lactobacilos, no entanto Ferreira (2005) afirma que proporções 2:1, 3:1 e 3:2 também podem ser utilizadas. Esses micro-organismos quando inoculados ao leite mantêm-se em crescimento associado, prevalecendo efeitos de simbiose no início e antibiose no final do processo. No início da fermentação, o pH do leite favorece o desenvolvimento do *S. thermophilus*. Com o acúmulo de ácido láctico no meio crescem os *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*. Estes liberam a partir das proteínas lácteas, diversos aminoácidos como valina, ácido glutâmico, triptofano, metionina e alguns peptídeos, que estimulam o crescimento do *Streptococcus thermophilus* que por sua vez, estimulam o crescimento dos lactobacilos, com a produção de formiato durante o metabolismo da lactose e gás carbônico a partir da uréia presente no leite (SILVA, 2000; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a). Ao final do processo, começam a prevalecer efeitos de antibiose. O pH torna-se suficientemente ácido para inibir o crescimento de *S. thermophilus*, ao passo que o *L. bulgaricus*, mais resistente a condições ácidas, prossegue seu desenvolvimento (BEAL *et al.*, 1999).

O crescimento associado das bactérias é fundamental para o desenvolvimento das características finais do iogurte, tendo em vista que durante o cultivo conjunto a produção de ácido láctico e acetaldeído são maiores que os obtidos pelas culturas isoladamente (**Figura 2.9**) (FERREIRA, 2005; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

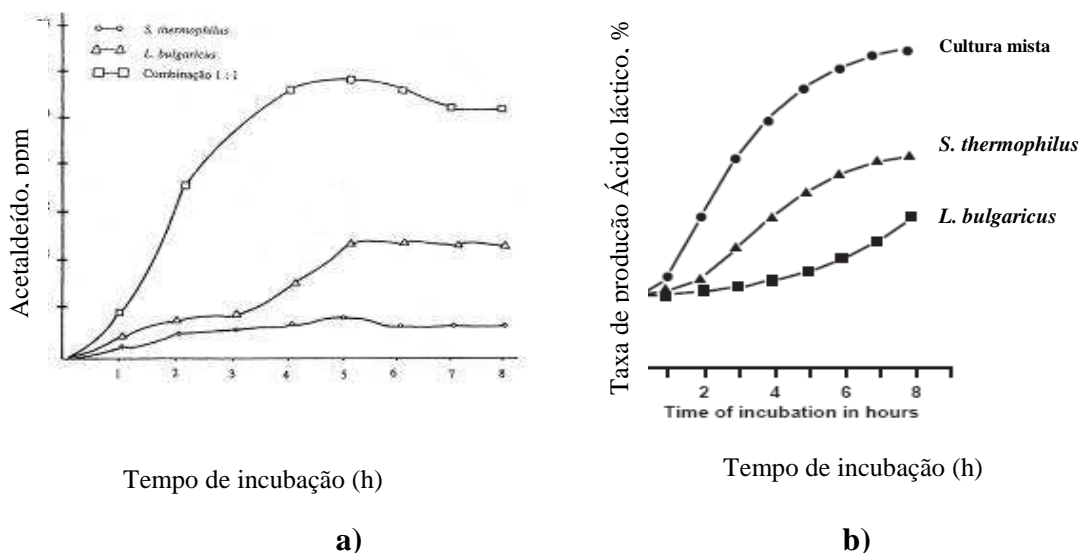


Figura 2.9. Formação de acetaldeído a) e ácido láctico b) durante o desenvolvimento das culturas *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* em crescimento associativo (1:1) e crescendo isoladamente.

Fonte: Ferreira (2005); Tamine e Robinson (2000)

O acetaldeído desenvolvido pelos micro-organismos através da transformação dos carboidratos e proteínas é principal responsável pelo *flavour* do iogurte. Esse composto se acumula no meio porque os lactobacilos e os estreptococos não possuem enzimas que atuem em seu processo de degradação (FERREIRA, 2005). Algumas cepas destes micro-organismos além de produzirem ácido láctico e compostos aromáticos (acetaldeído e diacetil), também produzem exopolissacarídeos, os quais tem importante papel na redução do tempo de fermentação e aumento da firmeza do coágulo (TAMINE e ROBINSON, 2000).

2.4.2. Processo de elaboração de iogurte

O processo de fabricação de iogurte tem evoluído e ganhado sofisticação, o que gera a diversidade de produtos existentes atualmente no mercado. Segundo Ordóñez *et al.* (2005a) o iogurte pode ser classificado em:

- Iogurte tradicional – a massa permanece íntegra, pois a fermentação da matéria-prima e formação do coágulo acontecem quando o material já está devidamente acondicionado;
- Iogurte batido – resulta num produto de consistência menos firme. A matéria-prima é incubada em grandes recipientes, após a fermentação o gel lácteo é quebrado e em seguida pode-se adicionar ingredientes como frutas, corantes e aromatizantes;
- Iogurte líquido – Difere do iogurte batido apenas no que diz respeito ao grau de ruptura do gel, pois o processo de homogeneização em que é submetido é mais intenso.

Ferreira (2005) relata a existência de iogurtes obtidos a partir de pós-processamentos como pasteurização, concentração, congelamento e desidratação. Vale salientar que as características dos produtos submetidos a tais processos são diferentes do iogurte propriamente dito. Tamine e Robinson (2000) apresentam um esquema geral (**Figura 2.10**) com diversas maneiras de classificar o iogurte:

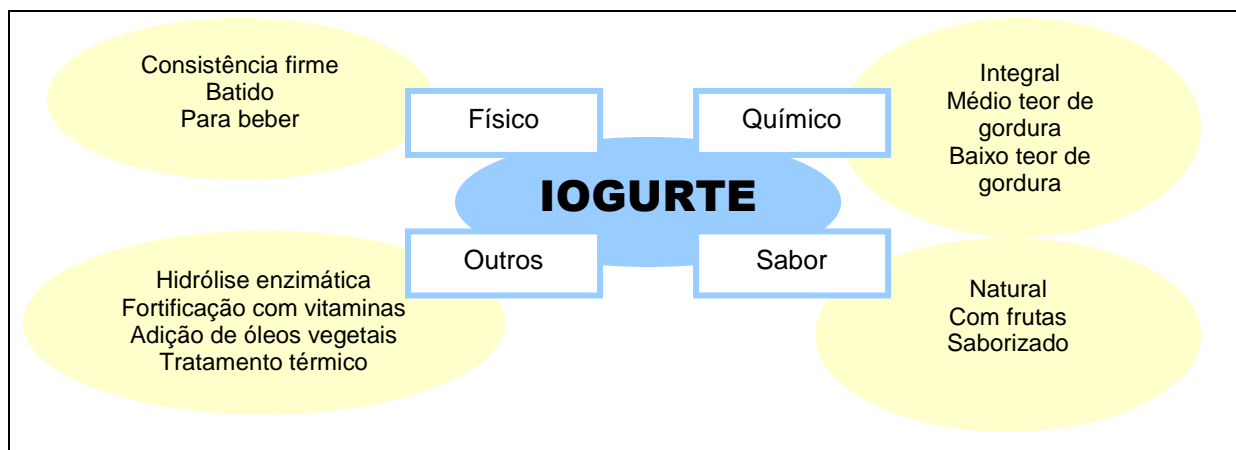


Figura 2.10. Classificação de iogurte.

Fonte: Tamine e Robinson, 2000.

Para produção de iogurte, é de fundamental importância o uso de leite de boa procedência, levando em consideração o manejo animal, a ordenha e o transporte do produto. A tecnologia de fabricação envolve diversas fases (**Figura 2.11**), as quais podem variar de acordo com o tipo (consistência firme, batido ou líquido) a ser produzido. A seguir são comentados os aspectos principais das etapas de elaboração de iogurtes e a importância das mesmas para obtenção de produtos de boa qualidade.

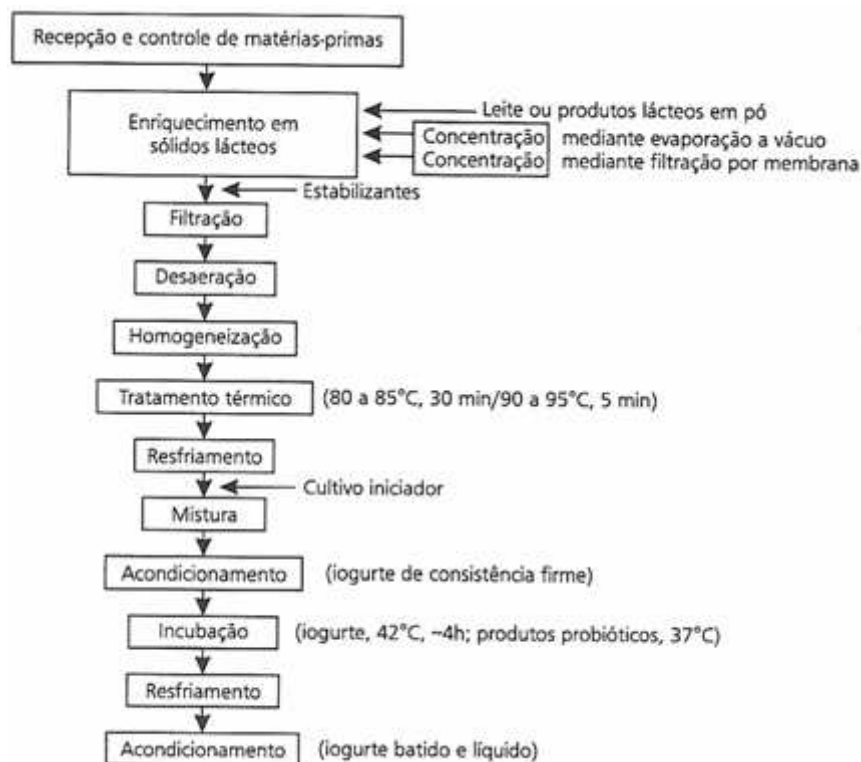


Figura 2.11. Fluxograma genérico de produção de iogurte.

Fonte: Ordoñez *et al.* (2005a).

2.4.2.1. Padronização

Após as análises dos requisitos básicos para processamento, o leite é submetido ao processo de padronização, com o intuito de manter os constituintes físico-químicos e características sensoriais inalterados em todos os lotes do produto final. Essa etapa é realizada comumente pela adição de sólidos ou ajuste do teor de gordura.

O iogurte pode ser fabricado com uso de leite integral, desnatado (inferior a 0,5% de gordura), parcialmente desnatado ou enriquecido com gordura (10% de gordura, por exemplo, na Grécia). A padronização da gordura pode impactar na textura e no sabor, refletindo no valor econômico e legal. De acordo com o percentual de gordura presente, a legislação brasileira (BRASIL, 2007) os classifica como iogurte com creme (mínimo de 6%), integral (mínimo de 3%), desnatado (máximo de 0,5%) e parcialmente desnatado (máximo de 2,9%).

A quantidade de sólidos presente no leite influencia a consistência do iogurte. O ajuste do percentual a determinada composição implica no incremento de sólidos lácteos não-gordurosos mediante adição de leite em pó e/ou sólidos não lácteos, concentração mediante evaporação a vácuo ou filtração por membrana e tem a finalidade de melhorar a consistência do coágulo ou ajustar o iogurte a composição desejada. No Brasil, a legislação estabelece uma relação de espessantes/estabilizantes permitidos, além de definir a adição máxima de ingredientes não-lácteos como sendo 30% p/p (BRASIL, 2007).

Geralmente o processo de padronização industrial acontece desnatando o leite em centrífugas e em seguida misturando o leite desnatado com a nata até obter o teor de gordura adequado. Posteriormente, os sólidos lácteos são acrescentados (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

2.4.2.2. Homogeneização

A homogeneização é empregada no leite integral ou parcialmente desnatado. É realizada através do equipamento homogeneizador, onde primeiramente, o leite a temperatura entre 65 a 70°C, sob forte pressão, é forçado a passar por um tubo com uma válvula na extremidade. Quando o leite vence a resistência oferecida pelo obstáculo, os glóbulos se rompem pelo choque contra a trava e pelo cisalhamento provocado pelo processo. Na segunda fase da homogeneização, o leite passa por válvula sob pressão menor para evitar que os glóbulos se reagrupem.

Este processo promove a redução do diâmetro dos glóbulos de gordura. Com isso a superfície destes é aumentada e os componentes originais da membrana que os envolvem tornam-se insuficiente para cobrir todos os glóbulos formados. Assim os novos glóbulos se reestruturam formando uma nova membrana composta pelo que restou da antiga, juntamente com caseínas e proteínas do soro (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a). Este processo favorece a estabilidade do leite devido a distribuição homogênea da gordura, previne a formação de nata durante a fermentação, aumenta a firmeza do coágulo e evita a sinerese. A homogeneização provoca desnaturação das proteínas do soro e favorece maior interação entre caseínas e lipídeos (TAMINE e ROBINSON, 2000).

Tal processo reduz a auto-aglutinação dos glóbulos de gordura uma vez que aumenta a área superficial destes e assim dificulta a atuação da aglutinina, imonoglobulina (IgM) que se adsorve na superfície dos glóbulos unindo-os uns aos outros. Após esse processo seria necessária uma quantidade muito maior de aglutininas mesmo a baixas temperaturas. A coalescência, fenômeno caracterizado pela fusão de duas gotas de gordura em uma, a qual ocorre em função do rompimento da membrana, também é inibida pela homogeneização (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

2.4.2.3. Tratamento térmico

Segundo Ordóñez *et al.* (2005a), o tratamento térmico do leite pode ser realizado através do uso de diversos binômios temperatura/tempo. O efeito térmico pode causar os seguintes benefícios:

- Eliminação da microbiota existente no leite, garantindo ao cultivo iniciador um meio livre de competidores;
- Desnaturação parcial das proteínas do soro, as quais podem criar novas ligações ou unirem-se entre si ou a outros componentes do leite favorecendo a maior viscosidade do iogurte;
- Insolubilização do fosfato de cálcio e de outros íons devido ao aquecimento, que com isso passarão a fazer parte da fase coloidal, beneficiando assim a formação do gel;
- Redução da quantidade de oxigênio criando condições favoráveis para o desenvolvimento das culturas lácteas.

Recentemente, Medeiros *et al.* (2009) comprovaram que a acidificação do leite caprino é influenciada pelo tratamento térmico aplicado ao leite. Os autores mostram que o emprego do binômio 90°C/15 min é capaz de reduzir a duração da fase *lag* e o tempo necessário para atingir o pH do ponto isoelétrico das caseínas, ponto considerado usualmente como o ponto final do processo fermentativo do iogurte. O tratamento térmico eleva também de maneira importante a velocidade de acidificação e melhora o brilho e aparência final do iogurte produzido.

Também é interessante observar que os leites de vaca e cabra possuem diferentes estabilidades frente ao tratamento térmico. Montilla e Calvo (1997) afirmam que os fatores relevantes envolvidos na sensibilidade do leite a temperatura são o pH e a concentração de cálcio iônico, as quais diferem entre os dois tipos de leite. Dessa maneira, os binômios tempo/temperatura aplicados ao leite de cabra devem ser considerados de forma particular, e não como uma mera extensão dos procedimentos dados ao leite bovino.

2.4.2.4. Inoculação

Após o tratamento térmico o leite deve ser resfriado até atingir temperatura ótima para adição das culturas iniciadoras. As culturas lácticas são adicionadas ao leite na forma de pó, congeladas ou em suspensão líquida, devendo estar ativas e abundantes. A quantidade pode variar de 2 a 3% do volume total de leite, garantindo que no início do processo se tenha a presença de bactérias na ordem de 10^7 UFC/mL, favorecendo maior eficiência na fermentação (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a).

2.4.2.5. Incubação

Após a adição dos micro-organismos ao leite, procedem-se a mistura e incubação. A incubação consiste em repouso por tempos variáveis na temperatura escolhida, variável de acordo com o tipo de micro-organismo inoculado.

Vale salientar que o tempo de incubação varia de acordo com o tipo de leite utilizado (bovino, caprino, bubalino, etc.) e a temperatura. Quanto menor a temperatura, maior o tempo necessário para formação do coágulo (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a). Da mesma maneira, a temperatura também é variável. Por exemplo, em cultivo simples a temperatura ótima do *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* é 45°C e para o *S. thermophilus* é 39°C e dessa maneira, a

temperatura escolhida deve ser um compromisso entre o ótimo das duas culturas. A incubação pode ser realizada em tanques de fermentação (iogurte batido) ou nas embalagens (iogurte de consistência firme).

Durante essa etapa acontece a fermentação propriamente dita, com conseqüente formação de ácido láctico e coagulação, constituindo dessa forma etapa fundamental para a produção de iogurte. A acidificação láctica e formação do coágulo serão discutidas em detalhes no **item 2.3.3**.

2.4.2.6. Resfriamento

A etapa de resfriamento tem o objetivo de frear a atividade metabólica da cultura utilizada, evitando que a fermentação prossiga. É recomendado que a temperatura final do iogurte seja de 5°C e que o resfriamento aconteça lentamente. Segundo Ordóñez *et al.* (2005a), o resfriamento muito rápido pode afetar a estrutura do coágulo, pois provoca a retração das proteínas, que por sua vez, afeta a capacidade de retenção de água e conseqüentemente leva a separação do soro.

2.4.2.7. Acondicionamento

De acordo com Ordóñez *et al.* (2005a), a embalagem utilizada para acondicionamento varia de acordo com o tipo de iogurte, de maneira a atender suas peculiaridades. O envase é uma etapa limitante em função dos riscos de contaminação, podendo causar diminuição de qualidade do produto e redução da vida-de-prateleira. A embalagem deve apresentar opacidade, impermeabilidade aos sabores, corantes e odores do ambiente, resistência à acidez do iogurte, a umidade e a golpes mecânicos. Os materiais usados para embalagens de iogurtes são plásticos, cartonados, vidros e polietileno.

2.4.3. Fenômeno da acidificação láctea e formação do coágulo

A acidificação e formação do coágulo são fenômenos que ocorrem durante o processo fermentativo, na etapa de incubação, e que exibem importância fundamental para a produção de iogurte. Após a inoculação, as bactérias lácticas iniciam o processo metabólico, que inclui o aproveitamento da lactose e formação de ácido láctico, além de outros produtos secundários.

Acidificação decorrente dessa atividade é responsável pelo processo de coagulação (também denominado gelatinização ou geleificação), dando origem a aparência e consistência típica de iogurte.

Dessa forma, a acidificação é um mecanismo chave para a produção de iogurte. O monitoramento do processo gera o chamado perfil de acidificação, através do qual podem ser observados aspectos cinéticos inerentes ao processo fermentativo propriamente dito (BRABANDERE *et al.*, 1999; GASTALDI *et al.*, 1997). Fatores como o teor de sólidos totais do leite, tipo de inóculo, temperatura utilizada, nível de oxigênio dissolvido, entre outros, são apontados como fatores interferentes para o processo de acidificação (JEANSON *et al.*, 2009; KRISTO, BILIADERIS e TZANETAKIS, 2003a,b)

Kristo *et al.* (2003b), realizaram o acompanhamento da cinética de acidificação com base no monitoramento do pH para calcular a taxa máxima de acidificação (V_m), tempo em que ocorreu maior velocidade de acidificação (T_m) e tempo em foi alcançado pH 4,6 (T_e) de leite inoculado com *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. Os dados ajustados aos modelos de segunda ordem mostram que V_m é substancialmente afetada pelo teor de sólidos do leite e temperatura de incubação. Os maiores valores da taxa de acidificação foram observados ao se elevar a temperatura de fermentação a 44°C e diminuir simultaneamente o teor de sólidos totais a 11%. De maneira geral, T_m diminui à medida que o teor de sólidos totais do leite aumenta, ao passo que T_e depende fundamentalmente da temperatura de incubação.

Brabandere e Baerdemaekke (1999) avaliaram o perfil de acidificação do leite bovino, ajustando os dados ao modelo modificado de Gompertz. Os pesquisadores mostram que o tipo de tratamento térmico dado ao leite influencia o curso de acidificação, mas não observaram efeito do teor de sólidos inicial do leite.

O estado gel é uma fase intermediária entre sólido e líquido. De acordo com Horne (1999), a condição coloidal é uma estrutura mais fácil de reconhecer do que propriamente definir. O gel é definido modernamente como sendo um sólido viscoelástico, ou seja, dependendo das condições, pode fluir como um líquido ou se comportar como um sólido elástico.

Também é muito importante que sejam entendidas as diferenças sutis, mas importantes, entre gel e coágulo. O gel reúne grande quantidade de água e outros componentes de baixo peso molecular, formando uma rede. Esse processo ocorre devido à agregação de proteínas que interagem com proteínas e com água, estabilizadas por ligações dissulfídicas, pontes de hidrogênio, ligações iônicas e interações hidrofóbicas. Quando as

interações entre proteínas são excessivamente fortes, a rede colapsa e a água começa a ser expulsa da estrutura, indicando a formação de um coágulo com liberação de água da rede do gel (ANTUNES, 2003).

Os fatores que determinam as mudanças na textura do leite durante o processo de formação do gel dos leites provenientes de diversas espécies animais são principalmente, caseína, ácido láctico, gordura e cálcio (JUMAH, SHAKER e ABU-JDAYIL, 2001). As caseínas têm papel fundamental na formação do gel, pois elas formam uma rede tridimensional que englobam os demais constituintes do leite. Para a formação dessa rede, é necessário que as proteínas sofram inicialmente certo grau de desnaturação e posterior agregação de maneira ordenada, em que predominem as interações proteína-proteína (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005b).

A desnaturação ocasiona o desdobramento das cadeias protéicas, fazendo com que aminoácidos laterais se exponham. São formadas pontes hidrogeniônicas e as cadeias em seguida unem-se através dessas pontes e formando cavidades as quais contém água fomentando a estabilização do gel (FERREIRA, 2005). A partir daí o cálcio neutraliza a carga negativa da caseína, favorecendo a agregação e a fusão entre as micelas, que tendem a formar gel (JUMAH, SHAKER e ABU-JDAYIL, 2001). A formação dessa rede é de fundamental importância para as características finais do iogurte e sua quebra favorece o dessoramento. Ferreira (2005) afirma que após o início da fermentação a agitação da massa inoculada deve ser evitada, pois a quebra da rede protéica é irreversível.

As transformações ocorridas durante a acidificação do leite são descritas diferentemente de autor a autor. De acordo com a análise de Hassan *et al.* (1995), a acidificação e coagulação podem ser encaradas como um fenômeno de três estágios, descritos a seguir:

- Período de indução no qual não se observam mudanças na viscosidade;
- Estágio de floculação, no qual se observa máximo aumento da viscosidade;
- Etapa onde ocorre decréscimo na viscosidade, explicado pela contração e rearranjo das micelas de caseína, além da sinerese do gel.

Tamine e Robinson (2000), por outro lado, descrevem o seguinte comportamento à medida que o pH diminui:

- 6,6-5,9 – nesta fase inicial não se observam mudanças nas micelas de caseína. Elas permanecem distribuídas homoganeamente no leite;

- 5,5-5,2 – as micelas de caseínas se desintegram parcialmente e se agregam formando uma estrutura porosa. Começa a ser observada formação do gel;
- 5,2-4,8 – as micelas se agregam reduzindo os poros. As partículas formadas são maiores que as originais;
- 4,5 – neste ponto as micelas são rearranjadas e agregam-se formando uma matriz protéica a partir de fortes ligações entre as cadeias.

Jumah, Shaker e Abu-Jdayil (2001) ao analisarem o processo de acidificação em leites de vaca, de ovelha, de cabra e de camelo relatam que não existem mudanças perceptíveis no leite no intervalo de pH entre 6,4 a 5,4. Entre 5,4 e 5,3 é observado maior aumento da viscosidade, as caseínas apresentam-se mais ásperas e começam a agregar-se formando uma rede tridimensional. Na etapa final, entre pH 5,1 e 4,6, ocorre redução da viscosidade em função da desintegração das micelas, as quais se transformam em subpartículas que formam agregados de menor massa e maior porosidade. Vale salientar que no leite de camelo não foi observada formação de coágulo. Tal fato foi atribuído ao baixo teor de caseínas.

A agregação a que os vários autores citados fazem referência, pode ser visualizada através das imagens obtidas por Parnell-Clunies *et al.*, (1988). Nas **Figuras 2.12 a e b** são apresentadas a formação de micelas, nas quais também pode ser visualizada a participação da gordura presente.

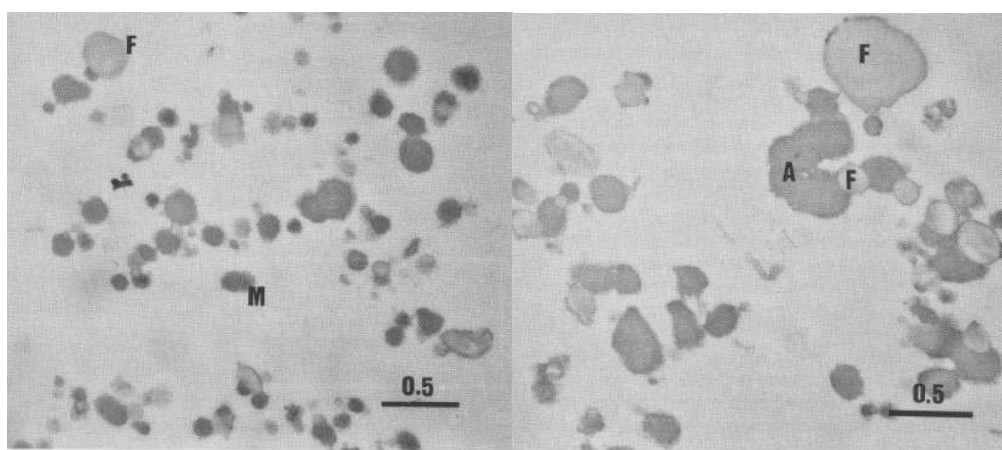


Figura 2.12. Formação das micelas: a) leite a pH 5,4 – 5,35. Visualização das micelas (M) e gordura (F); b) leite a pH 4,8 – 4,75. Observa-se a formação de agregados de micela e gordura.

Fonte: Parnell-Clunies *et al.* (1988).

A adição de sólidos parece influenciar o mecanismo de acidificação. Gastaldi *et al.* (1997), por exemplo, estudaram a microestrutura do gel lácteo ao longo da etapa de acidificação de leites com adição de 10% e 20% de sólidos lácteos. Eles afirmam que o início da geleificação depende do nível de adição de sólidos, com tendência a ocorrer pH mais baixo à medida que se aumenta o nível de adição de sólidos. Clementino (2007), por sua vez, ao acompanhar o efeito da adição de sólidos e da temperatura na acidificação do leite de cabra com uso de 2,5% de sólidos a temperatura de 39°C, 42°C e 45°C, observou início do aumento da viscosidade a pH 5,4; 5,83 e 6,05; respectivamente. A formação do coágulo foi percebida quando os respectivos pH atingiram 4,95; 5,21 e 5,47. A presença de *flavour* e características próprias foram detectadas a pH 4,61 para incubação a 42°C e 4,77 para 45°C.

Os tratamentos térmicos empregados ao leite destinados à elaboração de derivados lácteos são normalmente muito superiores ao necessário para uma simples pasteurização, já que são direcionados a provocar certo grau de desnaturação às proteínas do leite, que se tornam então aptas a se associar às micelas de caseínas. O aquecimento também provoca aumento na volumosidade e capacidade de retenção de água das proteínas do soro e todas essas modificações e associações em conjunto resultam em significativa contribuição para as propriedades do gel formado.

Shaker, Jumah e Abu-Jdayil (2000) investigaram a influência do teor de gordura e do pré-tratamento térmico no comportamento reológico durante o processo de fermentação de iogurtes naturais. Perceberam que quanto maior o teor de gordura, maior a consistência do coágulo. Isso acontece porque o percentual de gordura influencia o teor de sólidos totais do meio. Os autores afirmam que o pré-tratamento térmico tem papel fundamental na viscosidade do iogurte durante o processo de coagulação, pois o calor provoca a desnaturação das proteínas favorecendo a formação da rede protéica.

Imagens obtidas através de microscopia eletrônica mostram que tratamentos térmicos drásticos podem levar a agregação excessiva das micelas de caseína em leite, o que resultaria em fator negativo para a textura do iogurte final. Esses achados comprovam mais uma vez que o tratamento térmico afeta substancialmente a proteína do leite e conseqüentemente a estrutura do iogurte e formação do coágulo (SKRIVER, HANSEN E QVIST, 1997).

2.5. Reologia

Reologia é a parte da mecânica que estuda a deformação e o escoamento da matéria (sólida, líquida ou gasosa) quando submetida a forças externas. A deformação de um sólido é caracterizada por leis que descrevem a alteração do seu volume, forma ou tamanho, ao passo que o escoamento de um fluido (líquido ou gás) pode ser caracterizado por leis que descrevem a variação da taxa de deformação em função das tensões aplicadas (MACHADO, 2002).

Na indústria de alimentos, a reologia tem importante papel no estudo do comportamento mecânico dos produtos alimentícios. É avaliado como ferramenta de controle de qualidade, no que diz respeito à caracterização e classificação de produtos, no controle do processo e concepção das linhas de fabricação, levando em consideração que as condições de processamento tem efeito decisivo na microestrutura e conseqüentemente nas propriedades reológicas. O comportamento reológico tem relacionamento estreito com as propriedades sensoriais, as quais determinam a aceitabilidade do produto pelos consumidores (ALVES, 2003).

2.5.1. Comportamento reológico

De acordo com seu comportamento frente ao escoamento, os fluidos são classificados como Newtonianos e não Newtonianos.

2.5.1.1. Newtonianos

O fluidos Newtonianos são aqueles que se comportam como fluidos ideais, ou seja, seus componentes não interagem entre si. Entretanto, não existem fluidos ideais, e sim aqueles cujo comportamento se aproxima do ideal, a exemplo dos líquidos puros, soluções verdadeiras diluídas e poucos sistemas coloidais (MACHADO, 2002). Esse tipo de fluido obedece ao modelo proposto por Newton, pelo qual as tensões tangenciais, em um escoamento laminar, são proporcionais à velocidade de deformação:

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (2.1)$$

onde, μ expressa viscosidade (Pa.s), τ tensão de cisalhamento (Pa) e γ taxa de cisalhamento em s^{-1} . De acordo com essa relação, a viscosidade é constante, ou seja, independe da velocidade de deformação e do tempo.

2.5.1.2. Não Newtonianos

Os fluidos não Newtonianos resultam de suspensões coloidais de partículas com flexibilidade e formas diversas que podem formar entre si ligações temporárias ou estruturas internas que constituem redes em forma de gel ou emulsão. Eles também são denominados viscoelásticos porque combinam as características de um fluido viscoso com as de um sólido elástico (CASTRO, 2003).

Nos fluido não-Newtonianos a relação entre tensão e taxa de cisalhamento não é constante, caracterizando uma interação entre seus componentes. Eles são classificados de acordo com o aspecto da curva de fluxo e correlação com alguma equação ou modelo matemático (**Figura 2.13**). Conforme Machado (2002), a viscosidade desses fluidos não é única e varia com a taxa de cisalhamento.

$$\mu_a = \frac{\tau}{\gamma} \quad (2.2)$$

Nessa expressão a viscosidade μ_a , é variável função de γ , definida como sendo a viscosidade aparente, ou seja, corresponde à viscosidade que o fluido teria se fosse newtoniano. Esta viscosidade só é válida para determinada faixa de taxas de cisalhamento.

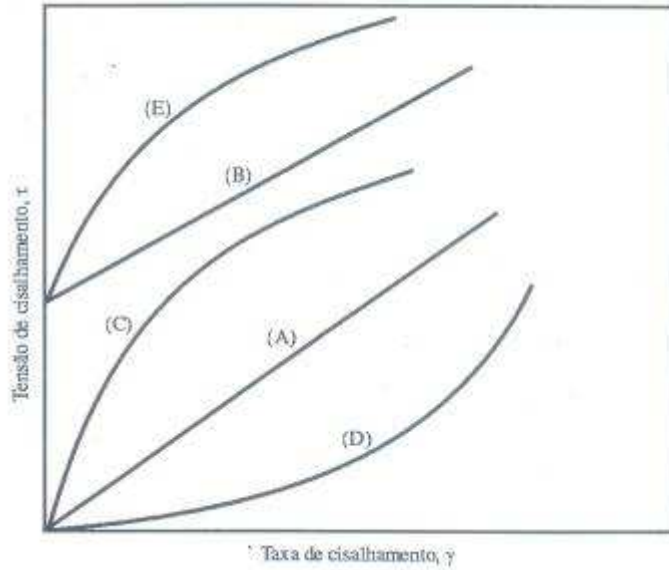


Figura 2.13. Curvas de fluxo: (A) Newtoniano; (B) plástico ideal; (C) pseudoplástico; (D) dilatante; (E) pseudoplástico com limite de escoamento.

Fonte: Machado, 2002.

Outra maneira de caracterizar os fluidos viscosos é através da relação entre viscosidade e taxa de cisalhamento (para uma mesma condição de temperatura e pressão). Na **Figura 2.14** podemos observar como os fluidos se comportam de acordo com as curvas de viscosidade.

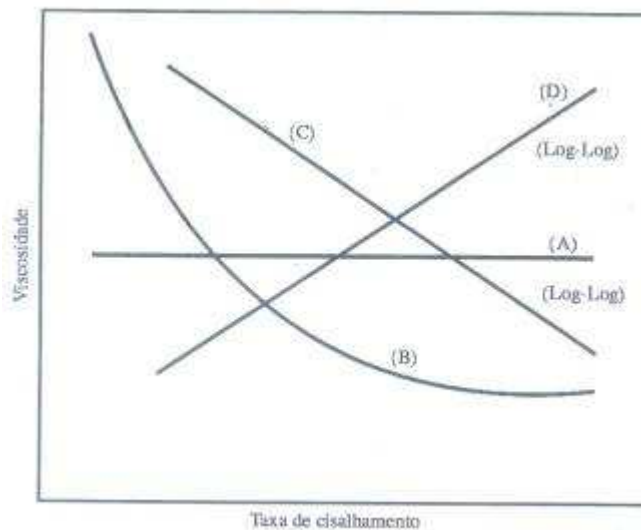


Figura 2.14. Curvas de viscosidade: (A) Newtoniano; (B) binghamiano ou plástico ideal; (C) pseudoplástico; e (D) dilatante.

Fonte: Machado, 2002.

2.5.1.2.1. Modelo de Bingham

Os fluidos que se ajustam a esse modelo são chamados de plástico ideal. Neles a taxa de cisalhamento é nula, ou seja, os fluidos não escoariam até que uma tensão mínima (τ_L) seja aplicada ao sistema. O fluido de Bingham é definido pela seguinte equação:

$$\mu_a = \mu_p + \frac{\tau_L}{\gamma} \quad (2.3)$$

onde μ_p é denominado viscosidade plástica e τ_L é limite de escoamento.

2.5.1.2.2. Modelo de Ostwald de Waale

Os fluidos que enquadrados nesse modelo obedecem a seguinte equação:

$$\mu_a = K(\dot{\gamma})^{n-1} \quad (2.4)$$

onde K é denominado índice de consistência e indica o grau de resistência do fluido diante do escoamento e n é uma grandeza adimensional definida como sendo o índice de comportamento. O parâmetro K tem dimensão física igual a $F.T^n.L^{-2}$, sendo sua unidade no SI $Pa.s^n$.

Tais fluidos podem ser classificados como pseudoplásticos, quando apresentam viscosidade diminuída a medida que a taxa de cisalhamento aumenta; ou dilatantes, quando exibem aumento de viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento. Na **Figura 2.15** são apresentados estes comportamentos.

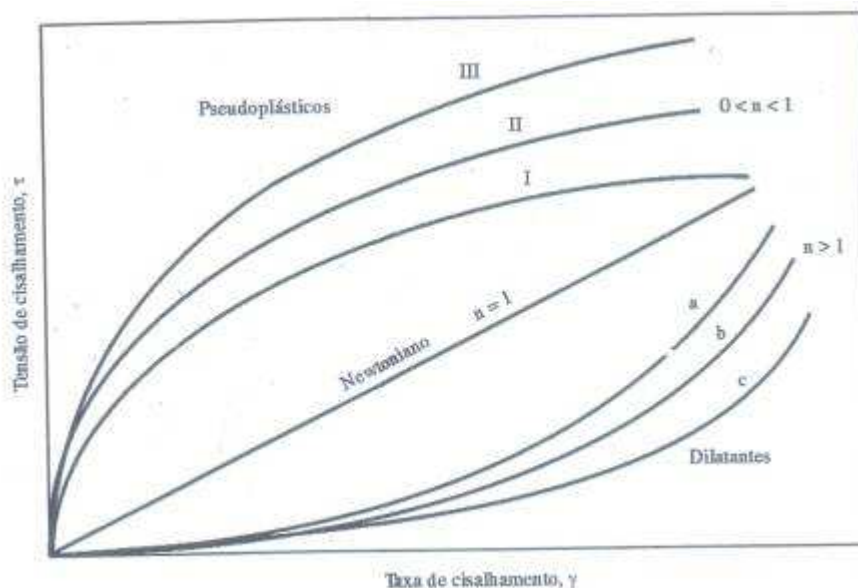


Figura 2.15. Curvas de fluxo de fluido de Ostwald de Waale: I, II, III pseudoplásticos; a, b,c dilatantes.

Fonte: Machado, 2002.

2.5.1.2.3. Modelo de Herschell-Buckley

Trata-se de uma extensão do modelo de Ostwald, no qual é adicionado o parâmetro τ_0 , denominado de limite de escoamento.

$$\begin{aligned} \tau &= K(\gamma)^n + \tau_0 & \text{para } \tau > \tau_0 \\ \gamma &= 0 & \text{para } \tau < \tau_0 \end{aligned} \quad (2.5)$$

Os fluidos para os quais se aplica este modelo também são chamados de fluido de potência com limite de escoamento ou fluido de potência modificado. Tal modelo pode ser melhor compreendido com a definição de fluido plástico que é aquele que pode ser classificado como líquido ou sólido. Tais produtos em repouso podem formar uma rede estruturada interpartículas ou intermoleculares em função de forças de atração polar. Então quando a força externa aplicada sobre o sistema é menor que a força que forma a rede, ocorre apenas uma pequena deformação elástica no sistema, mas quando é superior a rede se desfaz e provoca uma mudança de posição irreversível num elemento de volume (MACHADO, 2002).

2.5.2. Fenômenos dependentes do tempo e da velocidade

Os materiais que apresentam comportamento dependente da velocidade de deformação são chamados de reofluidificantes quando a viscosidade aparente diminui com o aumento da velocidade de corte, ao passo que os reoespessantes são aqueles onde a viscosidade aumenta proporcionalmente a velocidade.

Para o caso da dependência da viscosidade em relação ao tempo, podem ser classificados como fluidos tixotrópicos (viscosidade diminui com o tempo de aplicação de uma taxa cisalhamento) ou reopéticos (viscosidade aumenta com o tempo, mantendo-se a taxa de deformação). Na **Figura 2.16** é ilustrado esse comportamento.

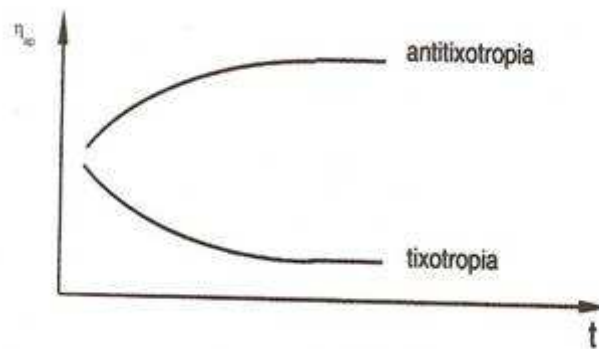


Figura 2.16. Representação esquemática da variação da viscosidade com o tempo, mantendo-se velocidade de deformação constante.

Fonte: CASTRO *et al.*, (2003).

2.5.3. Comportamento reológico do iogurte

Para Kristo *et al.* (2003a), medidas reológicas são fundamentais para caracterizar a estrutura dos géis de leites fermentados. Em análises realizadas através de testes oscilatórios, os autores classificaram o iogurte como fluido viscoelástico. O iogurte também é definido como um fluido, reofluidificante e tixotrópico (CASTRO *et al.*, 2003), isso significa afirmar que nele a relação entre tensão e taxa de cisalhamento não é constante, a viscosidade aparente diminui com o aumento da velocidade de corte e com o tempo de aplicação de uma taxa cisalhamento.

A textura ou a viscosidade do iogurte é uma importante propriedade e determina sua qualidade e aceitabilidade. Ela pode ser influenciada pela concentração de proteínas, gordura, ácido láctico, presença ou não de exopolissacarídeos (AMATAYAKUL *et al.*, 2006; JUMAH, SHAKER e ABU-JDAYIL, 2001; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005a) e pelo tratamento térmico (SHAKER *et al.*, 2000). Keogh e O' Kennedy (1998) afirmam que alterações na viscosidade e expulsão excessiva de soro (sinerese, **Figura 2.17**) são consideradas defeitos importantes e podem ser decorrência de variações sazonais na matéria-prima ou problemas durante a fabricação.



Figura 2.17. Ilustração do processo de expulsão do soro (sinerese).

Fonte: Lucey (2004).

Lucey e Singh (1998) definem a sinerese como a quebra ou rearranjo estrutural da rede protéica que provoca o encolhimento concomitantemente a expulsão do soro. A sinerese espontânea está relacionada à instabilidade do gel que resulta na perda da habilidade de atrair o soro, no entanto o processo pode ser influenciado por falhas no processo de fabricação, defeitos de embalagens ou armazenamento inadequado.

La Torre, Tamine e Muir (2003) ao avaliarem as características reológicas de leites fermentados e perceberam que a sinerese sofreu redução durante o período de estocagem, sendo que sua proporção foi influenciada pela cultura *starter* utilizada. Além disso, percebeu-se que em produtos com alta sinerese inicial, a separação do soro durante o período de estocagem acontece lentamente. A firmeza do coágulo, por sua vez, aumentou ao passar do tempo, independente do tipo de micro-organismo utilizado. Observaram também, que nos

produtos desenvolvidos com cultura *starter* produtora de exopolissacarídeos, a viscosidade foi significativamente maior.

De acordo com Keogh e O’Kennedy (1998), as proteínas são mais eficientes no aumento da consistência do iogurte, seguida dos lipídios. Essa posição foi também comprovada pelos trabalhos de Saint-Eve *et al.* (2006). Os autores puderam comprovar que pequenas diferenças na composição protéica repercutiram em consideráveis diferenças na microestrutura e comportamento reológico de iogurtes, além de menores modificações no padrão de liberação de aromas do produto.

Nesse sentido, existem diversos trabalhos acadêmicos que avaliam a influência da adição de ingredientes não-lácteos sobre as características finais do produto. Teles e Flôres (2007), por exemplo, obtiveram aumento da viscosidade de iogurte natural desnatado com adição de gelatina, goma guar, goma xantana e leite em pó desnatado. Tal resultado aponta uma relação direta da viscosidade com a percentagem de sólidos totais do produto. Bortoloso e Quadros (2007) estudaram a adição de inulina, em substituição à gordura, ao iogurte elaborado com leite bovino. Observaram que o produto obtido apresentou características semelhantes ao tradicional, pois a inulina por ser uma fibra solúvel favoreceu uma consistência adequada ao iogurte.

2.6. Iogurte de leite de cabra

O iogurte de leite de cabra agrega as características nutritivas e terapêuticas do leite caprino. Assim, a α_1 -caseína é encontrada em quantidade muito pequena ou ausente, além da estrutura das proteínas em geral e da gordura se apresentarem de maneira diferenciada proporcionando um produto de maior digestibilidade com indicações de uso para indivíduos portadores de distúrbios digestivos (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Para o caso específico do iogurte caprino, vários estudos mostram a fragilidade do coágulo formado (Martin-Diana *et al.* 2003; Medeiros *et al.*, 2009; Storry *et al.*, 1983). Essa observação parece ser justificada pelas características intrínsecas do leite caprino, tais como menor teor de caseína, sobretudo aquela do tipo α_s1 , maior dispersão micelar, presença de cálcio coloidal, entre outros (PARK *et al.*, 2007; STORRY *et al.*, 1983). Uma das estratégias possíveis para contornar a situação é a adição de sólidos não-lácteos, como citado anteriormente. Outras possibilidades seriam a utilização de cepas produtoras de

exopolissacarídeos, concentração por membrana ou misturas de leites (ORDONEZ *et al.*, 2005a, STELIOS e EMMANUEL, 2004).

A estruturação da rede tridimensional do iogurte caprino está implicada em sua fragilidade. Vargas *et al.* (2008) analisaram iogurtes produzidos com diferentes proporções de leite caprino e bovino. A visualização da estrutura do iogurte caprino em comparação ao iogurte bovino revela estrutura mais aberta e com menores pontos de junção (**Figura 2.18**), com valores de porosidade significativamente maiores para o iogurte caprino ($p < 0,05$). Essa particularidade é observada mesmo com maior teor de sólidos do leite caprino utilizado na pesquisa.

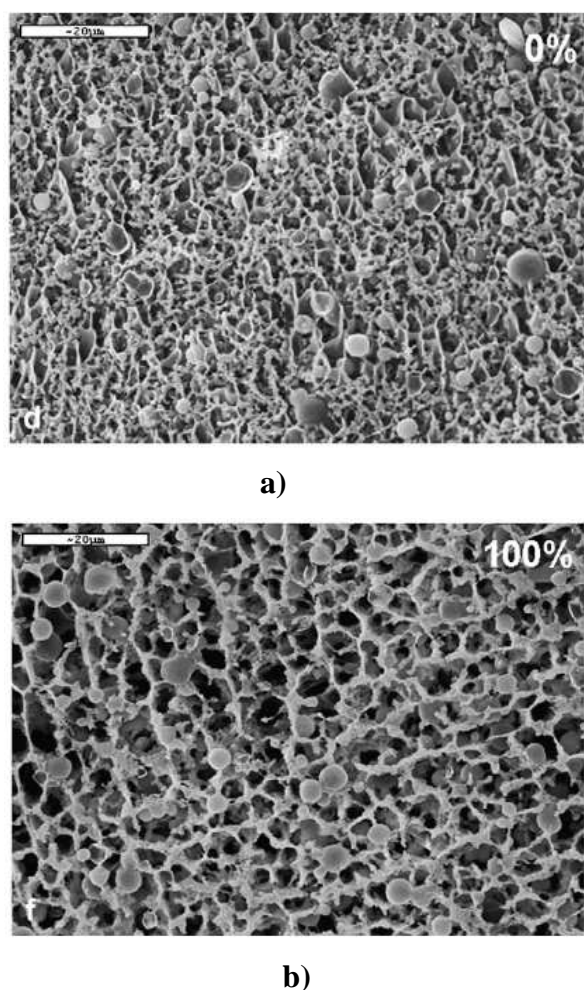


Figura 2.18. Microestrutura do iogurte: a) elaborado com leite de vaca; b) elaborado com leite de cabra.

Fonte: Vargas *et al.* (2008).

Correia *et al.* (2006) estudaram diferentes procedimentos para elaboração de iogurte de leite de cabra. Os resultados obtidos mostraram que o iogurte elaborado com uso de um pré-inóculo, 10% de sacarose e 2,5% de leite de cabra em pó apresentou consistência adequada, textura firme, sem presença de grumos, odor característico, sabor agradável com acidez apropriada.

Drunkler, Fett e Luiz (2001) avaliaram os efeitos da β -ciclodextrina no “sabor caprino” e nas propriedades físico-químicas de iogurte de leite de cabra. O uso de 0,4% dessa substância provocou redução significativa no sabor típico do produto sem alterar as características físico-químicas. Eles afirmam que a utilização da β -ciclodextrina pode ser uma boa alternativa, tendo em vista a discriminação sofrida pelo leite caprino e seus derivados posto o forte sabor atribuído aos ácidos graxos de cadeia curta.

Hashimoto e Antunes (1995) estudaram o efeito do tratamento térmico e de culturas filantes no iogurte de leite de cabra. Ambos afetaram significativamente, as propriedades físico-químicas do gel, no que diz respeito à viscosidade e sinerese, obtendo bons resultados com culturas filantes e pré-tratamento térmico de 90°C por períodos superiores a cinco minutos.

Bezerra (2006) analisou iogurte de produzido com leite de cabra em comparação com idêntica formulação desenvolvida com leite de vaca. O iogurte caprino apresentou menor valor de pH e maior acidez total titulável. Na análise sensorial comparativa com formulações contendo 5% de preparado de morango não foram observadas diferenças estatísticas.

2.7. Iogurte de leite de búfala

As características nutricionais do leite de búfala repercutem em seus derivados. O alto teor de gordura, proteínas e minerais proporcionam elevado rendimento na produção de queijos e maior consistência nos iogurtes quando comparado com aqueles elaborados com outros tipos de leites.

Verruma, Oliveira e Salgado (1993) avaliaram a composição química e nutricional do iogurte e do queijo elaborados com o leite de búfala comparando-os com os desenvolvidos com leite de vaca. Nesse estudo, foram observados que tanto o iogurte quanto o queijo tipo Mozzarella, apresentaram níveis superiores de gordura, proteínas, cinzas, fósforo e cálcio, estando relacionado com a composição química inicial da matéria-prima.

Rocha *et al.* (2004) estudaram a aceitação de iogurtes de leite de búfala elaborados com adição 20 e 30% de doce araticum, cagaita e mangaba. Eles observaram nos produtos obtidos, baixa sinerese, elevada cremosidade e sabor adocicado. O pH dos iogurtes variou de 4,02 a 4,52 e a percentagem de ácido láctico, de 0,98 a 1,07. De acordo com os autores, os iogurtes apresentaram sabor, odor e aspecto visual agradáveis. Na análise sensorial realizada com a participação de crianças com idade entre 9 e 10 anos, os iogurtes sabor araticum e cagaita obtiveram boa aceitação.

Recentemente, Borges, Medeiros e Correia (2009) conduziram um estudo comparativo entre o iogurte produzido com leite de vaca e leite bubalino com adição de calda de umbu. Os autores mostram diferenças importantes entre a composição físico-química dos produtos, sobretudo no que diz respeito a sólidos totais, gordura e proteína, os quais são superiores no iogurte elaborado com leite bubalino. Essas diferenças repercutem de forma positiva nas características sensoriais, especialmente para os atributos consistência e sabor. Verificou-se também, que o leite de búfala apresentou menor tempo de coagulação, já que foram necessários 30 minutos a menos de incubação em relação ao iogurte com leite de vaca.

2.8. Análise sensorial de iogurte

A análise sensorial é usada para medir, analisar e interpretar as reações relacionadas às características dos alimentos de acordo com a percepção dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (TEIXEIRA, MEINERT e BARBETTA, 1987). Tem importância fundamental no desenvolvimento de novos produtos, no controle de processo e estudo de mercado.

Os atributos sensoriais são percebidos primeiramente pela aparência, seguida do odor, consistência e sabor. No entanto, as impressões sensoriais são muito próximas e os atributos tendem a se sobrepor um ao outro (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

A aparência exerce maior influência na hora da aquisição do produto pelo consumidor e gera interferência sobre a qualidade do produto. A coloração dos alimentos exerce um fator marcante dado a sua atratividade ou não, determinando aceitação, indiferença ou rejeição do produto. Fatores como tamanho, forma geométrica, brilho, opacidade, aspereza, maciez, rugosidade e umidade são elementos a serem considerados na avaliação da aparência.

O odor de um produto é descoberto quando seus componentes voláteis entram em contato com a superfície nasal e são identificados pelo sistema olfativo (MEILGAARD,

CIVILLE e CARR, 1999). A quantidade de substâncias voláteis de um produto é afetada pela temperatura, pela natureza das combinações e pelas características da superfície do produto (maciez, porosidade, umidade).

A consistência e textura dos alimentos são características percebidas através da reação à compressão como sensibilidade dos músculos da mão, dedos, língua, dentes e lábios; e propriedades das partículas tais como aspereza, arenosidade, suculência e oleosidade. A textura dos alimentos também é percebida através dos sons produzidos no momento em que estão sendo consumidos. A expectativa do consumidor, de acordo com o conhecimento prévio de determinados alimentos, influi na aceitação ou rejeição desses.

Por sua vez, o sabor expressa a integração dos sentidos olfativo e gustativo e das sensações químicas. As sensações de sabor acontecem em função da presença de células receptoras que se encontram distribuídas praticamente sobre toda mucosa bucal, sendo mais freqüentemente nas papilas situadas no lado superior da língua (TEIXEIRA, MEINERT e BARBETTA, 1987). Os sabores fundamentais conhecidos atualmente são doce, salgado, amargo, ácido e umami e as sensações químicas são alcalina, metálica, adstringência, frescor, picante e pungente.

Os métodos empregados na análise sensorial podem ser divididos em dois grupos:

- analíticos – são realizados através dos testes de diferença e descritivo por equipe treinada e selecionada. Expressa os resultados em termos analíticos bem definidos e procura não incluir valores subjetivos;
- afetivos – realizados com aplicação dos testes de aceitação e preferência por provadores não treinados que registram a expressão pessoal: se gosta ou não, o quanto gosta e a preferência de um produto em relação a outro. São aplicados na comparação de produtos concorrentes, no desenvolvimento de novos produtos e na melhoria da qualidade de um produto já existente.

Na análise sensorial de iogurtes vários métodos são aplicados de acordo com o objetivo almejado. Os testes mais comumente aplicados são os testes afetivos utilizando escala hedônica ou o teste de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), sendo que esse último permite avaliar os atributos considerados como importantes através de uma escala de intensidade. Os testes de aceitação e preferência usando escala hedônica muitas vezes são empregados para complementar a ADQ, e são frequentemente utilizados no desenvolvimento de novas formulações de iogurtes.

Além disso, normalmente existe associação entre um determinado defeito ou característica identificável pelo painel sensorial e uma causa física, a qual pode ser remediada. Dessa forma a execução da análise sensorial permite identificar aspectos operacionais que podem ser modificados para solucionar repercussões sensoriais negativas. Um exemplo disso seria, por exemplo, escores sensoriais reduzidos para a consistência do iogurte que pode significar problemas na formulação, no teor de sólidos totais do leite utilizado na produção ou problemas relacionados às condições de incubação.

No caso de desenvolvimento de novos produtos, a análise sensorial ganha uma dimensão importante, pois é uma etapa necessária e esclarecedora durante a qual, as amostras experimentais são apresentadas a um painel sensorial que representa o público consumidor. A correta condução dos experimentos e seleção dos julgadores é decisiva para se conhecer tanto o potencial de aceitação do produto, quanto para avaliar medidas corretivas a serem tomadas em prol do sucesso do produto em desenvolvimento.

.....

Capítulo 3

Estado da arte

.....

3. Estado da arte

Araújo *et al.* (2004) desenvolveram iogurte de leite de cabra sabor maracujá, no intuito de unir as características nutricionais e terapêuticas do iogurte com os benefícios causados pelo de leite caprino. O valor de acidez encontrado ficou dentro dos padrões estabelecidos (0,8% de ácido láctico), mas eles afirmam que normalmente tende a ser mais alta em função da produção mais rápida de ácido láctico. Na análise sensorial com uso da escala hedônica, o produto obteve boa aceitação, ficando entre os termos “gostei muito” e “gostei moderadamente”.

Stelios e Emmanuel (2004) analisaram iogurtes elaborados com leite caprino, leite ovino e mistura dos dois. Observaram que o iogurte elaborado com leite ovino apresentou elevada firmeza, consequência do alto valor de proteínas, gordura, cinzas, sólidos totais e valor de pH do leite. Os iogurtes produzidos com leite de cabra apresentaram estrutura pouco satisfatória e coágulo suave, todavia tais características variaram de acordo com a raça. As raças originárias da Grécia proporcionaram a produção de iogurtes com qualidade superior aos de raça de origem Alpina.

Cunha Neto *et al.* (2005) avaliou a qualidade, a estabilidade e aceitação sensorial de iogurte natural de leite de búfala elaborado a partir de leite integral, padronizado (3,0% de gordura) e desnatado (0,5% de gordura), no 1º, no 15º e no 30º dia de armazenamento. Ele concluiu que todos os iogurtes produzidos estavam dentro dos padrões de consumo, sendo que o iogurte padronizado apresentou maior estabilidade, pois as notas atribuídas no 15º e 30º se mantiveram constantes.

Verruma-Bernardi *et al.* (2006) estudaram atributos sensoriais e preferência do consumidor por iogurtes elaborados a partir de leite de búfala, vaca e mistura dos dois. Na análise sensorial descritiva o iogurte de leite de vaca (ILV) apresentou coloração amarela, maior cremosidade, enquanto o iogurte de leite de búfala (ILB) se destacou com a cor branca e maior viscosidade. O iogurte misto (IM) proporcionou características intermediárias. O ILV e o IM apresentaram aroma característico, lácteo e de coalhada mais forte e sabor gorduroso e amargo mais suave quando comparado com o ILB. Para o teste de preferência foram realizados seis tratamentos: A (100% leite de búfala + goiaba); B ((50% de leite bubalino e 50% de leite bovino) + goiaba); C (100% leite de vaca + goiaba); D (100% leite de búfala); E (50% de leite bubalino e 50% de leite bovino) e F (100% leite de vaca). Os iogurtes com adição de goiaba tiveram a preferência dos provadores, sendo que o iogurte de leite de búfala obteve resultados superior, seguido pelos iogurtes misto e de leite de vaca.

Hafemann, Benedet e Teixeira (2007) estudaram o desenvolvimento de iogurte com mistura de leite de búfala padronizado (3% de gordura) e leite de vaca integral. Foram submetidos à análise sensorial iogurtes elaborados a partir de mistura em diferentes proporções de leite bubalino e bovino nas modalidades natural e adicionado de sabor (morango, coco e pêssego). Os autores observaram que o iogurte sabor coco pode ser elaborado com 100% de leite de búfala, mas para os sabores morango e pêssego apenas 90%. No iogurte natural a aceitação máxima de leite búfala foi 70%. Tais resultados levam os pesquisadores a afirmar que a adição de polpa de frutas possibilita o aumento da proporção de leite de búfala na elaboração de iogurtes.

Teles e Flôres (2007) avaliaram influência da concentração de leite em pó desnatado, gelatina, goma guar e goma xantana nas características reológicas de iogurte natural desnatado. Eles observaram que quanto maior o teor destes constituintes maior foi a viscosidade aparente, sendo que o leite em pó proporcionou menor influência, fato compreensivo em função da natureza espessante e geleificante dos demais componentes. Os iogurtes apresentaram comportamento não Newtoniano, alguns tratamentos ajustados pelo modelo de Herschell-Buckley e outros com o modelo Ostwald de Waale com características pseudoplásticas.

Vargas *et al.* (2008) estudaram as propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais de iogurtes elaborados com misturas de leites de cabra e de vaca, nas proporções de 100, 75, 50, 25 e 0% de leite de cabra. A proporção de leite de cabra afetou significativamente a viscosidade dos iogurtes. Quanto maior a proporção de leite caprino menos consistência apresentou o coágulo. Na análise sensorial todos os atributos tiveram valores reduzidos à medida que foi elevada a adição de leite de cabra, com exceção da coloração e cremosidade. O iogurte com 100% de leite de cabra foi apontado como o mais ácido e mais poroso, apresentando estrutura mais aberta e menores pontos de junção.

.....

Capítulo 4

Material e métodos

.....

4. Material e métodos

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, sendo que as análises de cinzas e proteínas foram desenvolvidas no Laboratório de Nutrição Animal e a caracterização reológica foi feita no Núcleo de Estudo em Petróleo e Gás - NUPEG. A pesquisa foi conduzida de acordo com o fluxograma a seguir (**Figura 4.1**):

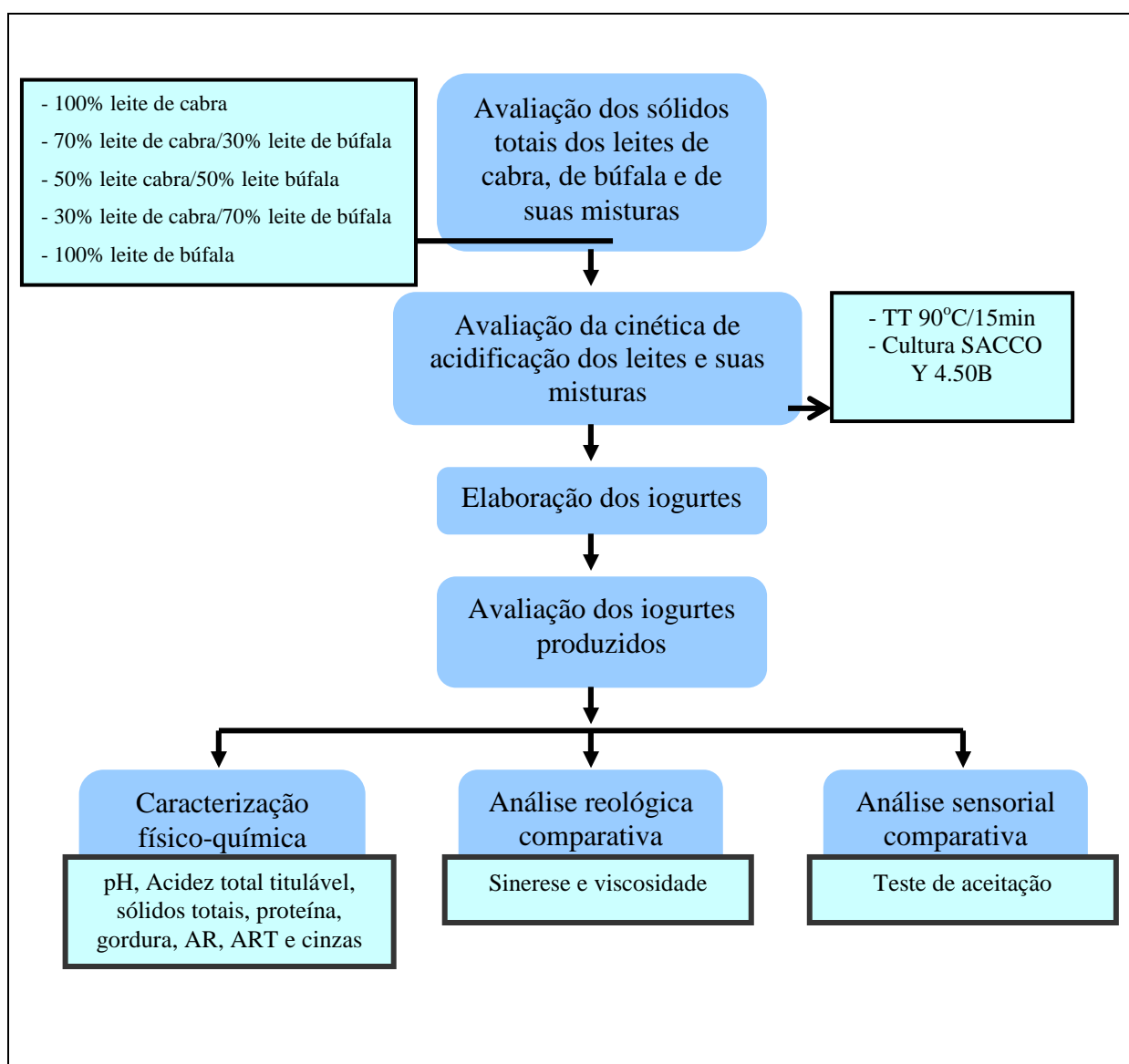


Figura 4.1. Fluxograma experimental.

4.1. Material

4.1.1. Leites de cabra e búfala

O leite de cabra pasteurizado em trocador de placas (75°C/15s) utilizado na pesquisa foi proveniente da Associação dos Pequenos Agropecuaristas do Sertão de Angicos – APASA, sediada no município de Angicos/RN. Foi acondicionado em embalagens plásticas de 1 litro (**Figura 4.2a**) e trazido para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos/UFRN em transporte refrigerado e mantido sob congelamento até o uso.

O leite de búfala pasteurizado em trocador de placas (75°C/15s) foi adquirido na Fazenda Tapuio, localizada no município de Taipu/RN. O leite foi embalado em recipientes plásticos de 500 mL e 1 litro (**Figura 4.2b**) devidamente higienizados, transportado para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos/UFRN em caixa térmica e mantido sob congelamento até o uso.



a)



b)

Figura 4.2. a) Leite de cabra; b) leite de búfala.

4.1.2. Grupos experimentais

Cinco grupos experimentais descritos a seguir foram utilizados para os ensaios de cinética de acidificação e a elaboração dos iogurtes propriamente ditos:

- C- 100% leite de cabra,
- 7C3B - 70% de leite de cabra e 30% de leite de búfala;
- 5C5B - 50% de leite cabra e 50% de leite de búfala;
- 3C7B - 30% de leite cabra e 70% de leite de búfala;
- B - 100% leite de búfala.

4.1.3. Fermento, sacarose e preparado de morango

O fermento láctico contendo as culturas liofilizadas *Streptococcus termophilus* e *Lactobacillus delbruekii subsp. Bulgaricus* Y 4.50B (SACCO Fermentos, Brasil) e a sacarose foram adquiridas no comércio local. O preparado de morango (GEMACON LTDA, Brasil) foi doado pela empresa Vieira Alimentos (**Figura 4.3**).

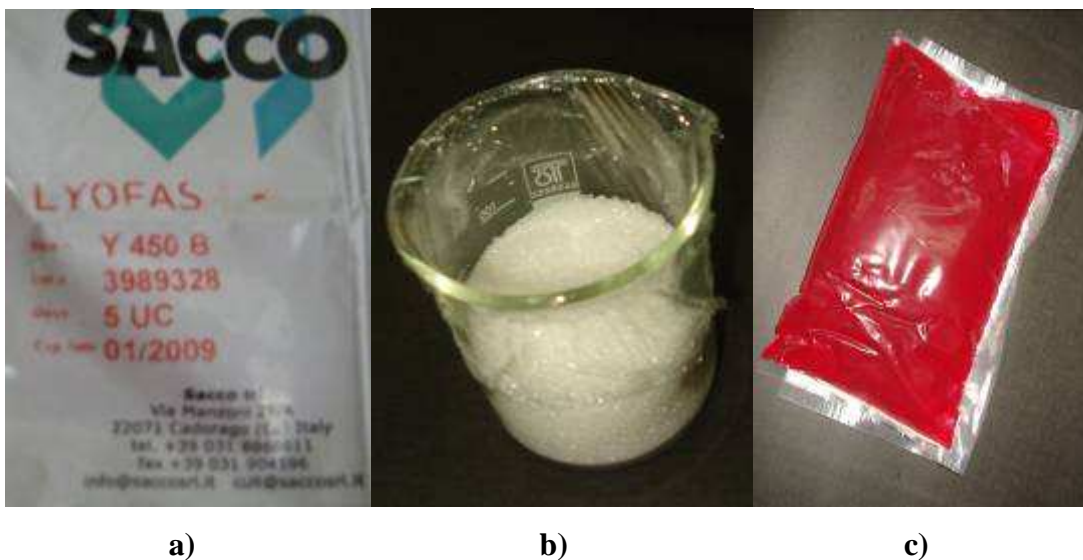


Figura 4.3. a) fermento láctico; b) sacarose; c) preparado de morango.

4.2. Métodos

4.2.1. Cinética de acidificação

Foram construídas curvas para a avaliação dos perfis de acidificação dos grupos experimentais descritos em 4.1.2. Para isso, foi acompanhado o pH (item 4.2.3.1) durante a fermentação de amostras retiradas a cada 30 minutos até o ponto isoelétrico das caseínas (pH 4,6). Os experimentos foram realizados em triplicata e a incubação foi realizada em câmaras de germinação (TECNAL, Brasil) com temperatura rigorosamente controlada a 42°C (Figura 4.4).

Os parâmetros considerados para a avaliação da cinética foram a taxa máxima de acidificação V_m calculada de acordo com a Equação 4.1 e expresso em valores absolutos (m unid. pH/min). Além disso, foram determinados o tempo na qual a máxima taxa de acidificação foi observada (T_m) e o tempo necessário para se alcançar pH 4,6 (T_e) de acordo com Kristo *et al.* (2003a,b).

As curvas de acidificação foram ajustadas a um modelo exponencial de segunda ordem conforme mostrado na Equação 4.2, utilizando para isso o Software Microcal Origin 5.0.

$$V_m = \left(\frac{dpH}{dt}\right)_{máx} \quad (4.1)$$

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 \quad (4.2)$$

onde β_0 , β_1 , e β_2 representam coeficientes de regressão, X a variável tempo de fermentação e Y o pH.



Figura 4.4. Leites incubados em câmara de germinação.

4.2.2. Elaboração do iogurte

4.2.2.1. Preparação do inóculo

Um envelope da cultura *starter* SACCO Y4.50B com 5UC foi diluída em 500mL de leite UHT (*Ultra High Temperature*) bovino, em seguida acondicionada em tubos *Eppendorf* de 2mL e submetida a congelamento até o uso (Figura 4.5).

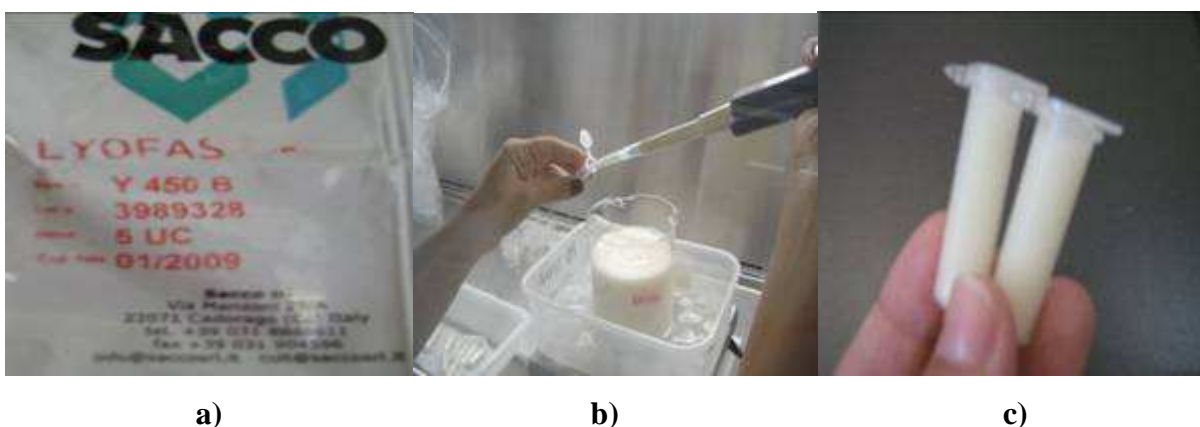


Figura 4.5. a) cultura *starter*; a) acondicionamento em tubos *eppendorf*; c) tubos *eppendorf* contendo inóculo.

4.2.2.2 – Fabricação do iogurte

Os iogurtes foram desenvolvidos a partir de leite de cabra, leite de búfala e mistura dos dois, de acordo com os cinco grupos experimentais descritos anteriormente. Adicionou-se 8% (p/p) de sacarose ao leite completamente descongelado. Essa proporção foi definida após testes sensoriais preliminares. A mistura foi homogeneizada e submetida a tratamento térmico a 90°C durante 15 minutos e em seguida resfriada rapidamente até 42°C. Nessa temperatura, foram adicionados 3% de preparado de morango e o conteúdo de tubos *Eppendorf*, correspondente a 4mL de inóculo. Optou-se por adicionar o preparado de morango anteriormente a etapa de fermentação tendo como base experimentos preliminares que demonstraram cor mais intensa e desejável para o iogurte final produzido dessa forma.

Depois da homogeneização, a mistura foi acondicionada em recipientes de vidro e levados a câmara de fermentação a temperatura de 42°C. Na **Figura 4.6** são apresentadas as etapas de fabricação do iogurte e na **Figura 4.7** é apresentado o fluxograma geral adotado para a elaboração.

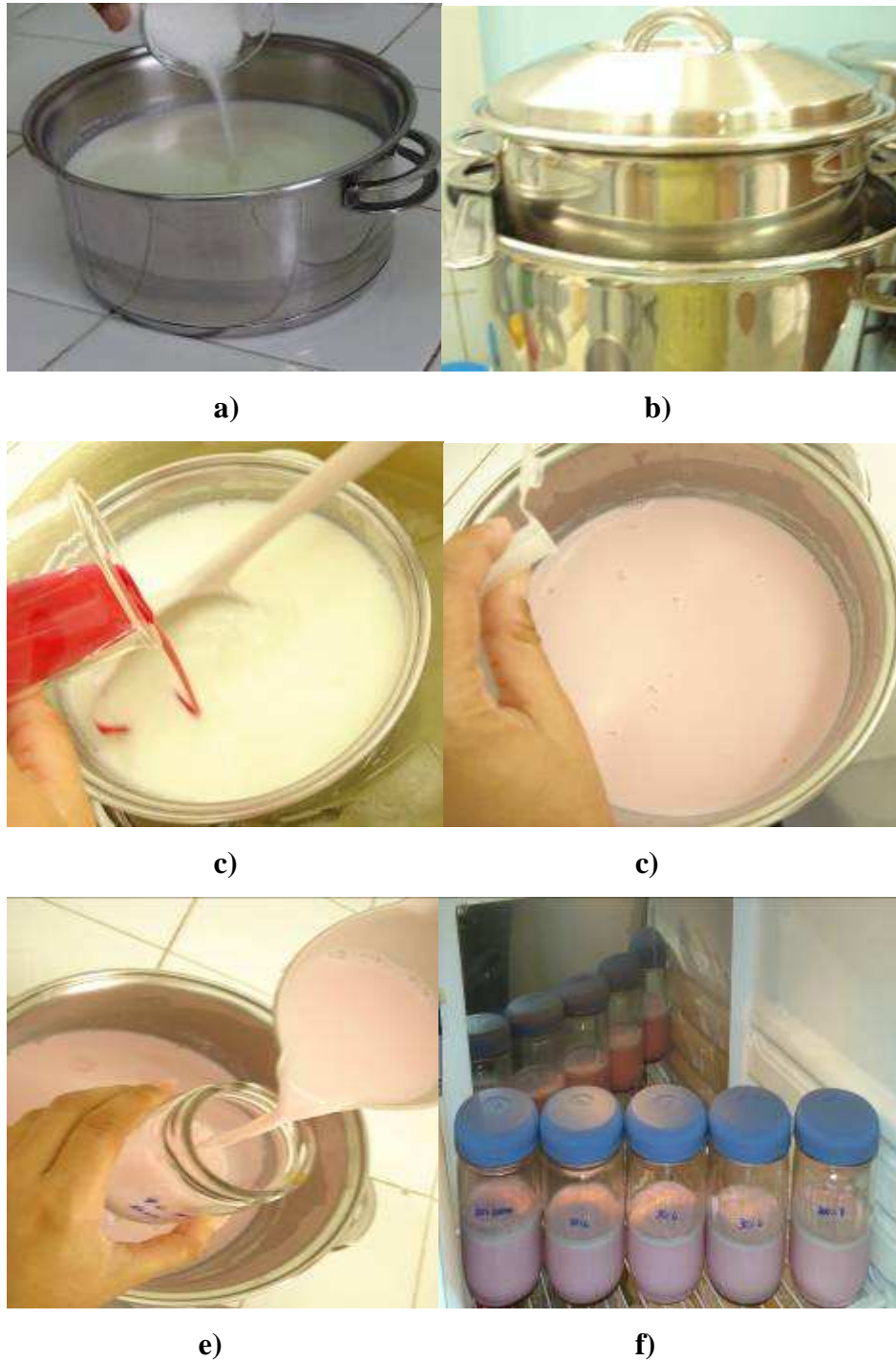


Figura 4.6. a) Adição de sacarose; b) tratamento térmico; c) adição do preparado de morango; d) inoculação; e) acondicionamento; e) incubação.

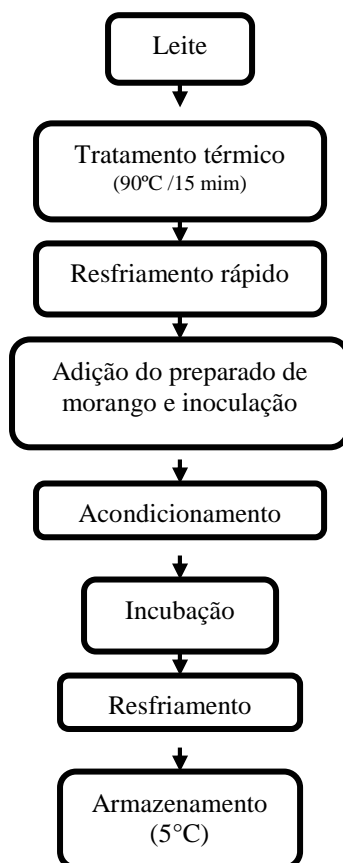


Figura 4.7. Etapas de fabricação do iogurte.

4.2.3. Análises físico-químicas

O leite de cabra, o leite de búfala e suas misturas foram submetidos à análise de sólidos totais. Todas as formulações de iogurte foram submetidas à análise de pH, acidez total titulável, sólidos totais, proteína, gordura, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART) e cinzas. As análises foram realizadas em triplicatas de acordo com a metodologia descrita a seguir.

4.2.3.1. pH

O pH foi determinado em potenciômetro digital Hanna Instruments HI3300 (HANNA, Brasil). Para isso, 40mL da amostra foi transferida para um béquer de 100mL e em seguida realizada a leitura (PEREIRA *et al.*, 2001).

4.2.3.2. Acidez total titulável

Foram transferidos 10mL de leite para frascos Erlenmeyer, onde em seguida foram adicionadas 3 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1%. A titulação foi efetuada com adição de solução de hidróxido de sódio 0,1N até o aparecimento da coloração rósea. As amostras de iogurte foram diluídas na proporção de 1mL de iogurte para 10mL de água destilada (PEREIRA *et al.*, 2001).

4.2.3.3. Sólidos totais

As análises foram realizadas com base nas normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Cadinhos previamente higienizados e codificados foram colocados em estufa (TECNAL, Brasil) a 105°C por duas horas. Após esfriar em dessecador foram pesados e adicionados 5g de areia calcinada e 5g de amostra. Em seguida, levados a estufa a 105°C durante 6 horas. Depois de esfriar em dessecador foram repesados. A percentagem de sólidos totais foi dada pela seguinte equação:

$$ST = 1 - \frac{(P_2 - R)}{P_1} * 100 \quad (2.3)$$

ST é a percentagem de sólidos totais (%), P_1 é o peso inicial da amostra (g), P_2 representa o somatório dos pesos do cadinho, da areia e da amostra (g) e R o repeso (g).

4.2.3.4. Proteína

A análise foi baseada no procedimento de Cecchi (1999). Amostras de 300mg de iogurte foram transferidas para tubo de ensaio com 7mL de solução digestora e, em seguida, colocada no digestor. A temperatura de digestão foi ajustada da seguinte forma: 50°C por 15 minutos; logo após, elevada para 150°C durante 15 minutos; em seguida, foi reajustada para 250°C e depois de 30 minutos elevada para 350°C. A digestão foi finalizada no momento em que a solução apresentou a cor verde-clara.

Após resfriamento foi adicionado ao tubo 10mL de água destilada. O tubo foi transferido para destilador (TECNAL, Brasil) e recebeu cuidadosamente 25mL de hidróxido de sódio (NaOH 40%). Na outra extremidade do equipamento foi colocado um frasco Erlenmeyer contendo 10mL de solução de ácido bórico e indicadores. A destilação foi finalizada ao se alcançar volume de 75 mL no frasco Erlenmeyer.

Em seguida, a solução foi titulada com ácido sulfúrico (H₂SO₄ 0,02N).

Os resultados foram expressos em percentual, segundo a equação a seguir:

$$P = \frac{T * F * N * 1400 * 6,25}{A} \quad (4.4)$$

P representa o percentual de proteína, T valor da titulação, F fator do ácido, N normalidade do ácido, e A peso da amostra (mg).

4.2.3.5. Gordura

Para análise de gordura foi utilizado o método descrito por Pereira *et al.* (2001). Para isso, 20g de amostra foram transferidas para béquer de 100mL, ao qual em seguida adicionou-se 30mL de água destilada a 50°C. Após homogeneização, a mistura foi transferida para balão volumétrico de 100mL, o qual foi completado com água destilada a temperatura ambiente.

Logo depois foi transferido para um butirômetro Gerber 10mL de ácido sulfúrico, 11mL da solução do balão volumétrico e 1mL de álcool amílico. Após cuidadosa vedação, o butirômetro foi colocado em Centrifuga Gerber (QUIMIS, Brasil) por 5min a 1200rpm. O resultado expresso em percentagem de gordura foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$Gd = L * 5 \quad (4.5)$$

Onde G_d expressa a porcentagem de gordura e L o teor de gordura lido no butirômetro.

4.2.3.6. Açúcares redutores (AR) e redutores totais (ART)

Em um balão volumétrico de 100mL foi transferida 1g de amostra e em seguida completado com água destilada para a determinação do teor de açúcares redutores. Depois de agitada, a solução foi filtrada em papel filtro qualitativo e logo após foi transferida alíquota de 0,5mL para tubo de ensaio contendo 2,5mL de DNS. Os tubos de ensaio foram submetidos a banho fervente durante 10 minutos.

Após resfriamento, as amostras receberam 3mL de água destilada e foram submetidas à leitura em espectrofotômetro a 600nm. Para os açúcares redutores totais, em balão volumétrico de 250mL foram adicionados 1g de amostra, 1mL de ácido clorídrico e 20mL de água destilada. O balão foi colocado em banho-maria por 10 minutos a temperatura de 65 a 70°C, sendo em seguida resfriado com água e gelo. A solução do balão foi neutralizada com hidróxido de sódio 4N e o balão completado com água destilada.

Logo após, o balão foi submetido à agitação e retirada alíquota de 0,5mL a qual foi transferida para tubo de ensaio contendo 2,5mL de solução de DNS. Em seguida, os tubos foram colocados em banho fervente por 10 minutos. Após resfriamento, foram adicionados 3mL de água destilada e as amostras lidas em espectrofotômetro a 600nm.

Os resultados foram calculados mediante comparação com curva-padrão construída a partir de soluções com concentrações conhecidas de glicose e frutose.

4.2.3.7. Cinzas

A percentagem de cinzas das amostras foi obtida com base nas normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Cadinhos previamente higienizados e identificados foram colocados em estufa (TECNAL, Brasil) por uma hora. Após esfriar em dessecador, foram pesados e adicionados 3g de amostra. Em seguida foram submetidos a mufla a 600°C por 4 horas e depois de esfriar, repesados. O percentual de cinzas foi dado pela seguinte equação:

$$C_i = \frac{C - R}{B} * 100 \quad (4.6)$$

Onde C_i significa teor de cinzas (%), R peso do cadinho (g), B amostra (g) e C repeso (g).

4.2.4. Análises reológicas

4.2.4.1. Sinerese

A sinerese foi determinada com base no método usado por Olson e Aryana (2008). Para isso, 200g de amostra foram transferidas para um funil de porcelana contendo tela plástica e disposto sobre proveta de 100mL a temperatura de 5°C. Depois de duas horas foi mensurado o peso do soro drenado. O resultado foi dado pela seguinte equação:

$$S = \frac{(P_s - P_v)}{R_i - R_v} * 100 \quad (4.7)$$

S expressa sinerese, P_s peso da proveta com soro (g), P_v peso da proveta vazia, R_i peso do recipiente com iogurte (g) e R_v peso do recipiente vazio (g)

4.2.4.2. Viscosidade

Para determinação do comportamento reológico foi utilizado reômetro modelo R/S SST, série 302348 (Brookfield, EUA) acoplado a banho termostático e microcomputador. Os testes foram realizados pelo software RHEO 2000, versão 2.7.

Para a análise foi utilizada amostra de 40mL de iogurte a temperatura de 5°C.

Os modelos de Bingham, Herschell-Buckley, Ostwald de Waale (**Tabela 4.1**) foram usados para traçar as curvas de tensão e taxa de cisalhamento. Os resultados experimentais foram processados no software Statistica versão 7.0 para todos os modelos.

Tabela 4.1. Modelos reológicos usados nos ajustes das curvas de escoamento dos iogurtes.

Modelo	Equação	
Bingham	$\tau = \mu_p \gamma + \tau_L$	4.8
Herschell-Buckley	$\tau = K \gamma^n + \tau_0$	4.9
Ostwald de Waale	$\tau = K \gamma^n$	4.10

onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa);

μ_p = viscosidade plástica (Pa.s);

γ = taxa de cisalhamento (s^{-1});

τ_L = limite de escoamento (Pa);

K = índice de consistência (PA.sⁿ);

n = índice de comportamento (adimensional);

τ_0 = limite de escoamento real (Pa);

4.2.5. Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada utilizando o teste de aceitação com provadores não treinados, sendo utilizados grupos de 15 provadores em 4 repetições realizadas em dias diferentes. Cada provador emitiu notas para os atributos de aparência, odor, consistência e sabor das amostras de iogurte de leite de cabra, de búfala e das misturas dos dois. Foi usada escala hedônica de nove pontos, conforme a **Figura 4.8**.

Análise sensorial					
Nome: _____			Data: _____		
<p>Atenção: Você está recebendo amostras de iogurte. Por favor, prove as amostras fornecidas. Beba água, coma um pedaço de biscoito e enxágüe a boca antes de provar a amostra seguinte. Represente o quanto gostou ou desgostou, de acordo com a escala abaixo:</p> <p style="text-align: center;">1-desgostei muitíssimo; 2-desgostei muito; 3-desgostei regularmente; 4-desgostei ligeiramente; 5-indiferente; 6-gostei ligeiramente; 7-gostei regularmente; 8-gostei muito; 9-gostei muitíssimo.</p>					
Atributos	<i>Código da amostra</i>				
	158	089	658	235	407
Aparência					
Odor					
Consistência					
Sabor					

Figura 4.8. Ficha de análise sensorial.

O iogurte foi disponibilizado em recipientes descartáveis devidamente codificados. Juntamente com as amostras de iogurte, os provadores receberam água e biscoito para consumir após degustação de cada amostra (**Figura 4.9**).

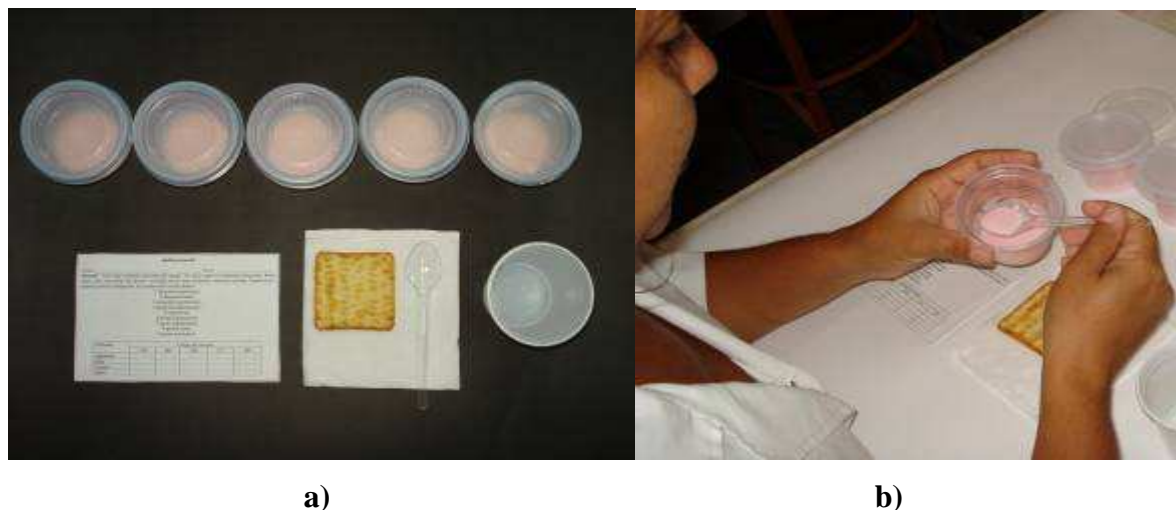


Figura 4.9. Avaliação sensorial: a) materiais utilizados; b) provador analisando amostra de iogurte.

4.2.6. Análises estatísticas

A partir dos resultados experimentais foram calculados a média e o desvio- padrão das amostras. As diferenças entre grupos foram determinadas através do teste de *Fisher* complementado pelo teste de *Duncan*, com nível de significância de 5%.

Na avaliação estatística dos sólidos totais dos leites as diferenças entre grupos foram calculadas através do teste *t* de *Tukey*, com nível de significância de 5%.

.....

Capítulo 5

Resultado e discussões

.....

5. Resultados e discussão

5.1. Perfil de acidificação

A produção de iogurte consiste essencialmente da ação protooperativa das bactérias lácticas *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* sobre o leite. Esses agentes microbianos transformam a lactose em ácido láctico e produtos secundários, esses últimos essenciais para o desenvolvimento do *flavour* e aroma do iogurte. O processo de acidificação que acontece como conseqüência do fenômeno microbiano é a etapa-chave da formação de iogurte e é responsável pela coagulação.

Inicialmente os leites de cabra, búfala a e suas misturas foram caracterizados quanto ao teor de sólidos totais (Tabela 5.1)

5.1. Valores médios e respectivos desvios-padrão obtidos para o teor de sólidos totais dos leites e suas misturas.

Grupo C	Grupo 7C3B	Grupo 5C5B	Grupo 3C7B	Grupo B
10,71% ± 0,06 ^a	12,26% ± 0,02 ^b	13,30% ± 0,01 ^c	14,31% ± 0,29 ^d	15,81% ± 0,01 ^e

a,b,c, d, e – Letras diferentes em uma mesma linha indicam resultados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Os resultados experimentais apontam diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre todos os grupos. Os valores mostraram também teores de sólidos totais crescentes à medida que se aumenta a concentração de leite de búfala. Essa tendência é explicada pelos maiores teores de gordura e proteína do leite bubalino, o qual se reflete de maneira conjunta no teor de sólidos totais do leite (FUNDORA *et al.*, 2001; AHMAD *et al.*, 2008).

O valor médio dos sólidos totais obtidos no leite de cabra foi ligeiramente inferior ao encontrado por Prata *et al.* (1998) e por Stelios e Emanuel (2004): 11,51% e 12,41%, respectivamente. No leite bubalino, Benevides e Trigueiro (2006) encontraram variações entre 12,37 e 15,56% em leite de búfalas mestiças e 11,84 e 15,61% para leite de animais da raça Murrah, valores inferiores ao encontrado no presente trabalho.

As curvas de acidificação refletem o perfil da variação de pH durante o processo fermentativo e permitem visualizar as transformações sofridas durante a fermentação láctea

por cada um dos grupos experimentais incluídos na pesquisa. As curvas foram construídas pelos valores médios de pH dos leites de cabra, búfala e suas misturas, adicionados de 8% de sacarose e 3% de preparado de morango, ou seja, simulando-se o procedimento de elaboração de iogurte que foi testado na etapa seguinte da pesquisa (**Figura 5.1**).

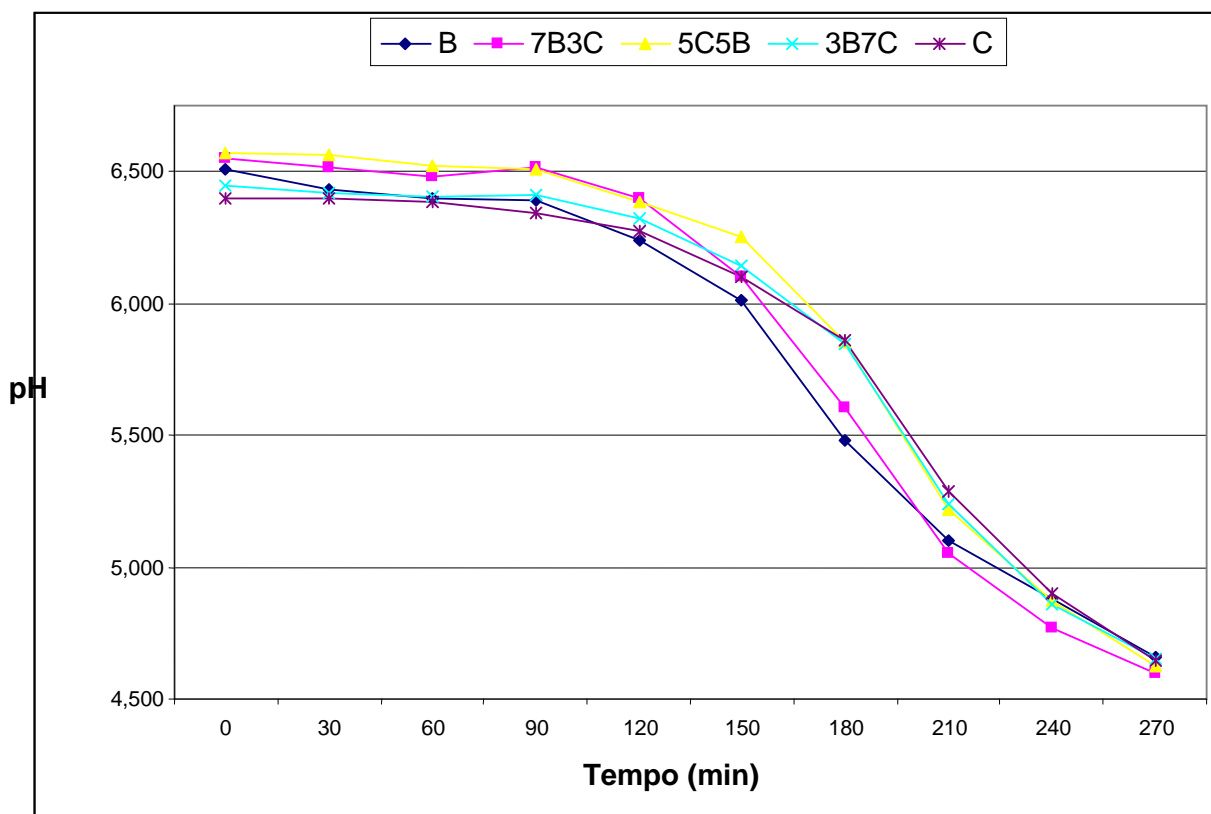


Figura 5.1. Perfil de acidificação dos leites caprino, bubalino e suas misturas.

O perfil de acidificação dos grupos experimentais apresenta semelhanças no formato da curva e pode ser dividido em quatro fases. A primeira refere-se aos os 90 minutos iniciais, em que o pH permanece praticamente inalterado, correspondente à etapa em que os micro-organismos estão em processo de adaptação ao substrato, definida por Hassan *et al.* (1995) como período de indução. No período seguinte até aproximadamente 150 minutos de fermentação, percebe-se o início da redução de pH, o que pode ser explicado pelas bactérias lácticas que passam a metabolizar mais rapidamente a lactose. Serve como preparação para a etapa seguinte entre 150 e os 210 minutos, quando os valores de pH caem aceleradamente, apontando para a maior atividade das bactérias lácticas. Essa terceira fase é denominada floculação por Hassan *et al.* (1995) e coincide com o momento onde se registra maior

variação da viscosidade do produto. Finalmente, nos últimos 60 minutos o pH continua sendo reduzido, mas em menor velocidade.

A cinética de acidificação foi avaliada através dos parâmetros V_m (taxa máxima de acidificação), T_m (tempo necessário para alcançar V_m e T_e (tempo para alcançar pH 4,6). Os valores de cada um dos parâmetros, as equações polinomiais e respectivos coeficientes de correlação estão mostrados na **Tabela 5.2**.

5.2. Parâmetros cinéticos da acidificação dos grupos experimentais C, 7C3B, 5C5B, 3C7B e B.

Parâmetros	Grupo C	Grupo 7C3B	Grupo 5C5B	Grupo 3C7B	Grupo B
V_m (munid.pH/min)	15,89	16,44	17,33	17,50	15,17
T_m (min)	210,00	210,00	180,00	180,00	180,00
T_e (min)	266,66	264,55	263,64	260,16	263,21
Equações polinomiais					
β_0	6,3629	6,4058	6,5500	6,5662	6,5223
β_1	0,0034	0,0033	0,0029	0,0015	0,0001
β_2	-3,7458e-5	-3,83e-5	-3,9127e-5	-3,53e-5	-2,73e-5
r^2	0,9799	0,9704	0,9711	0,9560	0,9647

É interessante perceber que os iogurtes produzidos com 100% de leite de cabra e 100% de leite de búfala obtiveram valores semelhantes para V_m e inferiores aos elaborados a partir da mistura dos dois tipos de leite. Os grupos com maior percentual de leite bubalino necessitaram de menor tempo para alcançarem V_m , mas os tempos necessários para atingir pH 4,6 (T_e) foram semelhantes.

Os valores de T_m e V_m apresentados aqui são próximos aos mostrados por Beal *et al.* (1999) ao analisarem leite bovino fermentado por diferentes associações de cepas de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* em três temperaturas (39, 42 e 45° C). Os autores observaram T_m entre 145 e 190 minutos e taxa máxima de acidificação de 17,5 mU pH/min. Da mesma forma, Oliveira e Damini (2003) ao avaliarem a produção de iogurte bovino por diferentes associações de bactérias, observaram V_m entre 12,9 e 19,0 mU pH/min ao utilizarem cultivos de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. O tempo necessário para alcançar pH 4,6, no entanto, variou entre 396 e 474 minutos, superiores aos encontrados no presente estudo.

Kristo *et al.* (2003a; 2003b) identificaram, ao analisar a acidificação de leite bovino, que à medida que o teor de sólidos totais aumenta a taxa V_m tende a diminuir. Os autores

explicam que isso se deve ao fato de leites com menor teor de sólidos, possuírem menor capacidade tamponante, que pode ser entendido como maior decréscimo de pH para a mesma quantidade de ácido produzido. Os resultados obtidos na presente pesquisa não evidenciam claramente essa tendência. Por outro lado, observa-se que à medida que se adiciona leite de búfala – e conseqüentemente aumenta o teor de sólidos totais da matriz láctea – o tempo T_m necessário para alcançar a velocidade máxima diminui. A análise visual das curvas de acidificação (**Figura 5.1**) também permite identificar uma zona entre 150 e 210 minutos, identificada anteriormente como uma fase de queda acentuada de pH, na qual as curvas das amostras B e 3C7B estão próximas e se distanciam dos demais grupos experimentais.

Dessa maneira, podemos afirmar que apesar de não existir um comportamento perfeitamente linear entre o teor de sólidos e a cinética de acidificação, existe influência desse fator no comportamento durante a fermentação láctea. A mistura de leites parece proporcionar elevação da taxa V_m e quanto maior a concentração de leite de búfala, mais rápido a taxa V_m será observada. A hipótese levantada para justificar o comportamento observado se baseia no fato de estarem presentes dois tipos de leite diferentes. A capacidade tamponante, decisiva para o desdobramento da acidificação do leite, é influenciada pelos constituintes presentes – sobretudo ácidos orgânicos, sais e proteínas – e sendo assim, é de se esperar que para diferentes espécies, e até mesmo entre diferentes raças de uma mesma espécie, os valores variem (SALAUN *et al.*, 2005). Dessa forma, para o caso de misturas de leites, a análise baseada simplesmente no valor numérico dos sólidos totais não poderia ser estendida diretamente para uma maior ou menor capacidade tamponante.

Outro fator que poderia influenciar o perfil de acidificação está relacionado à diferenças qualitativas importantes entre a proteína e gordura dos leites de búfala e cabra (AHMAD *et al.*, 2008; HAENLEIN, 2004). O tipo de caseína presente, o diâmetro dos glóbulos de gordura, os níveis de cálcio coloidal, entre outros, interferem na formação e estruturação do gel, e assim, é de se esperar que a mistura de componentes com características diferentes influenciem a acidificação, e mais ainda, o produto final.

A composição do leite (ou no caso do presente estudo, das misturas de leite) também pode influenciar a coagulação através de modificações da atividade da cultura bacteriana. De acordo com Mahdian e Tehrani (2007), o teor de gordura em conjunto com o teor de sólidos totais do leite influencia o crescimento do *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. Com o aumento do teor de sólidos presentes, a fase *lag* passa a ser maior e a fase de crescimento logarítmico torna-se mais curta.

Como já comentado, o tempo necessário para alcançar máxima taxa de acidificação é claramente afetado pela quantidade de leite de búfala presente, ou seja, pelo teor de sólidos do grupo. Esse comportamento foi observado anteriormente por Kristo *et al.* (2003b), que, além disso, observaram proeminente efeito da temperatura de fermentação sobre o parâmetro. Os autores afirmam que o efeito é negativo, ou seja, à medida que se eleva a temperatura na faixa estudada (38 a 43,36°C), a máxima redução de pH acontece em tempo menor.

O efeito inversamente proporcional da quantidade de leite de búfala presente sobre o tempo T_m corrobora com os resultados obtidos por Beal *et al.* (1999). Na referida pesquisa, também fica evidenciado o efeito do tipo de cepa presente sobre o tempo necessário para alcançar a máxima taxa de acidificação. Ao estudar cepas com diferentes características, produtoras ou não de exopolissacarídeos, os autores afirmam que a associação de bactérias presentes influencia de maneira importante o tempo T_m .

Shaker *et al.* (2000) mostram que o teor de gordura do leite afeta a acidificação. Os autores mostram que ao aumentar a concentração lipídica, o pH inicial das amostras aumenta e a taxa de decréscimo de pH durante a incubação diminui. Esse achado é coerente com os resultados da presente pesquisa, já que o pH inicial (β_0) aumenta e os parâmetros β_1 e β_2 decrescem no sentido do grupo C ao grupo B, justamente na ordem crescente de teor de gordura.

5.2. Análise dos iogurtes produzidos

5.2.1. Caracterização físico-química

As características físico-químicas do iogurte refletem a composição do leite utilizado, que por sua vez é influenciado por diversos fatores como raça, alimentação, estágio de lactação, clima, etc (FERREIRA, 2005; RIBEIRO, 1997).

No Brasil não existe legislação específica para iogurtes produzidos a partir de leite de cabra e de búfala, assim os parâmetros do presente trabalho são analisados com base na Instrução Normativa n.46 referente ao Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados (BRASIL, 2007). Na **Tabela 5.3** é apresentada a caracterização físico-química para os iogurtes desenvolvidos em diferentes proporções de leite de cabra e de búfala.

Tabela 5.3. Valores médios e respectivos desvios-padrão obtidos para caracterização dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas.

Parâmetros	Grupo C	Grupo 7C3B	Grupo 5C5B	Grupo 3C7B	Grupo B
pH	4,74 ± 0,32	4,64 ± 0,40	4,65 ± 0,35	4,71 ± 0,35	4,83 ± 0,37
Acidez (°D)	87,50 ± 0,12	94,25 ± 0,06	95,00 ± 0,04	92,50 ± 0,05	95,50 ± 0,01
Sólidos totais (%)	19,49 ± 0,12 ^a	20,82 ± 0,95 ^{a,b}	21,00 ± 1,02 ^{a,b,c}	22,19 ± 0,90 ^b	23,64 ± 3,06 ^c
Cinzas (%)	0,66 ± 0,16	0,69 ± 0,10	0,62 ± 0,11	0,61 ± 0,06	0,69 ± 0,10
Proteína (%)	3,08 ± 1,64	3,05 ± 1,56	3,17 ± 1,59	3,41 ± 1,79	3,07 ± 1,60
Gordura (%)	3,75 ± 0,35 ^{a,c}	3,78 ± 0,59 ^{a,b}	4,42 ± 0,13	5,42 ± 1,33 ^{c,d}	6,13 ± 1,03 ^d
AR (%)	5,61 ± 0,21	5,46 ± 0,31	5,41 ± 0,02	5,45 ± 0,52	5,27 ± 0,31
ART (%)	7,17 ± 0,78	7,77 ± 0,30	7,48 ± 0,20	7,87 ± 0,62	7,61 ± 0,31

a,b,c, d – Letras diferentes em uma mesma linha indicam resultados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Os resultados do pH mensurados após um dia de armazenamento foram superiores aos encontrados por Stelios e Emanuel (2004) em iogurtes elaborados com leite de cabras de origem alpina, de rebanhos gregos e mistura de leite caprino e ovino (50/50): 3,97, 4,15 e 4,28, respectivamente. Araújo *et al.* (2004) também alcançaram valores inferiores aos do presente trabalho (4,2). Semelhantemente, os resultados dos iogurtes com leite de búfala tiveram valores médios superiores aos encontrados por Rocha *et al.* (2004) e Borges, Medeiros e Correia (2009) em análise de iogurtes desenvolvidos com leite bubalino 4,52 e 4,56, respectivamente. Tendo em vista que o pH é profundamente influenciado pelo procedimento de elaboração e procedência do leite utilizado, é de se esperar que sejam observadas variações entre diferentes pesquisas.

A acidez total titulável de todos iogurtes está entre 60 e 150°D, faixa estabelecida pela legislação brasileira. O iogurte elaborado a partir do leite de cabra apresentou valor médio superior ao encontrado por Araújo *et al.* (2004), 80°D e inferior ao encontrado por Bezerra (2006), 143,33°D. O iogurte de leite de búfala apresentou valor inferior aos encontrados por Borges, Medeiros e Correia (2009) e Hafemann *et al.* (2007), 98,4 e 100°D, respectivamente.

Quanto aos sólidos totais, os resultados demonstram uma elevação significativa à medida que foi aumentada a proporção de leite de búfala na mistura e pode ser explicado pelo elevado teor de sólidos do leite bubalino. Para o iogurte bubalino, o valor médio encontrado foi superior ao alcançado por Cunha Neto *et al.* (2005) e se aproxima do atingido por Borges, Medeiros e Correia (2009); 16,40 e 23,86; respectivamente.

O percentual de cinzas não apresentou diferença significativa entre os grupos. A média do iogurte caprino aproxima-se do encontrado anteriormente por Stelios e Emmanuel (2004) (0,8%), mas mostra-se ligeiramente superior ao apontado por Drunkler *et al.* (2001) (0,6%).

Da mesma maneira, os resultados correspondentes à porção protéica não constaram diferenças significativas ($p < 0,5$) entre os grupos experimentais estudados. Ao estudar iogurte elaborado com leite de búfala, Verruma, Oliveira e Salgado (1993) observaram média de 4,5% de proteína, valor superior ao encontrado nesta pesquisa.

Quanto ao teor de gordura, observa-se que o grupo B é significativamente diferente dos demais grupos. Tal resultado confirma resultados encontrados por pesquisadores como Verruma, Oliveira e Salgado (1993) que observaram diferenças significativas no percentual de gordura ao comparar iogurte de leite de búfala (7,10%) com iogurte produzido com leite de vaca (3,8%) e Rocha *et al.* (2004) que perceberam teor de gordura igual a 6% em iogurtes de diferentes sabores. Hafemann *et al.* (2007) registraram variações de 2,35% a 2,88%, valores bem inferiores para este tipo de iogurte. Para iogurte desenvolvido a partir de leite de cabra os teores de gordura geralmente são reduzidos, Araújo *et al.* (2004) observaram percentual de 3,6% e Stelios e Emmanuel (2004), variação de 3,97% a 4,92%.

O iogurte elaborado com leite de cabra não apresentou diferença significativa para açúcares redutores e açúcares redutores totais quando comparado com o iogurte bubalino. Isto pode significar que os percentuais de lactose presentes nos leites são semelhantes. Bezerra (2006) ao estudar iogurte de leite cabra adicionado de 3% de preparado de morango observou teor de AR inferior (2,11%) e ART, superior (9,80%) aos encontrados no presente trabalho.

5.2.2. Caracterização reológica

5.2.2.1. Sinerese

Na **Tabela 5.4** são apresentados os resultados da sinerese obtidos nos diferentes grupos experimentais.

Tabela 5.4. Valores médios e respectivos desvios-padrão obtidos na sinerese dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas.

	Grupo C	Grupo 7C3B	Grupo 5C5B	Grupo 3C7B	Grupo B
Sinerese (%)	50,53 ± 3,59 ^a	43,08 ± 4,76 ^a	38,91 ± 7,55 ^b	34,22 ± 8,71 ^c	20,20 ± 3,10 ^d

a,b,c,d – Letras diferentes em uma mesma linha indica resultados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Observa-se que a sinerese foi máxima para o iogurte C (50,53%), elaborado com 100% de leite de cabra, e decresce à medida que o nível de leite de búfala aumenta - grupo 7C3B apresentou

43,08%, 5C5B atingiu 38,91% e 3C7B somente 34,22%. O iogurte B, preparado apenas com leite bubalino, apresentou diferença importante em relação aos demais grupos, atingindo apenas 20,20% de sinerese.

O processo de separação do soro está relacionado com a precipitação das caseínas a pH 4,6 que formam uma rede entre si através de interações hidrofóbicas (ORDOÑEZ, 2005a). Quando esta rede porosa se torna mais densa vai perdendo gradativamente a habilidade de atrair o soro, ocorrendo a expulsão deste, que pode ser observado espontaneamente na superfície dos iogurtes. Nesses produtos a sinerese, geralmente, está relacionada ao baixo nível de sólidos totais, elevada quantidade de micro-organismos inoculados e alta temperatura de incubação (LUCEY e SINGH, 1998; VARGHESE e MISHRA, 2008). No entanto, Lucey (2001) afirma que o armazenamento a baixas temperaturas favorece a reabsorção do soro da superfície do coágulo e os géis menos porosos, com baixa permeabilidade e elevada firmeza têm tendência reduzida de separação do soro.

É importante destacar que como a formação do gel está intimamente ligada ao rearranjo das proteínas, em especial as caseínas, a forma como estas se estruturam pode exercer influência na consistência do coágulo formado. Esse comportamento, por sua vez, depende do tipo de leite presente, tendo em vista que existem variações entre os tipos de caseína presentes em diferentes tipos de leite (CLARCK e SHERBON, 2000b). Sendo assim os resultados da **Tabela 5.4** confirmam essa hipótese, visto que a maioria os grupos experimentais apresentaram resultados de sinerese estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$), ou seja, o tipo de leite ou a mistura deles é um fator interferente na sinerese dos iogurtes.

Tal comportamento pode ser explicado em função do maior percentual de sólidos totais do leite utilizado na preparação do iogurte. O leite de búfala usado na elaboração dos iogurtes apresentou maior teor de sólidos quando comparado com leite caprino (**item 5.1**), favorecendo assim a formação de coágulo mais firme. Comportamento idêntico foi observado previamente por Shaker *et al.* (2000) e Mahdian e Tehrani (2007), ambos analisando iogurte produzido com leite bovino. O maior teor de gordura da matéria-prima é importante para o fortalecimento da rede estrutural formada pelas caseínas durante o processo de fermentação, contribuindo para viscosidade mais elevada nos iogurtes elaborados com maiores teores de leite bubalino.

Dentre os sólidos totais presente, a gordura parece exercer papel destacado. Storry *et al.* (1983) ao analisarem a coagulação enzimática do leite, observaram que a sinerese se relacionou inversamente ao conteúdo de gordura. Essa mesma tendência foi observada no

presente estudo, tendo em vista que a sinerese dos grupos experimentais estudados foi maior à medida que o teor de gordura das misturas decresce (**Tabela 5.3**).

5.2.2.2. Viscosidade

Na **Tabela 5.5** são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos utilizados para ajustes dos dados experimentais, obtidos a partir dos resultados da tensão e da taxa de cisalhamento dos cinco grupos experimentais de iogurtes. Ao analisar os parâmetros reológicos a seguir, deve-se ter em mente que o comportamento viscoso dos alimentos é complexo e depende fortemente da temperatura usada, das taxas de cisalhamento aplicadas, do volume hidrodinâmico das micelas e do teor de gordura (YANES *et al.*, 2002)

Tabela 5.5. Parâmetros de ajuste de diferentes modelos para o comportamento reológico dos iogurtes a 5°C.

Modelos	Parâmetros	Tipo de iogurte				
		C	7C3B	5C5B	3C7B	B
Bingham	μ_p	0,0091	0,0102	0,0062	0,0333	0,0391
	τ_L	21,7780	30,9606	48,8254	24,9445	26,7390
	R^2	0,9043	0,9183	0,5861	0,9532	0,9792
Herschell-Buckley	K	36733,9000	6665,7100	35987,9000	5,7886	2,4868
	n	0,0000	0,0000	0,0000	0,3340	0,4515
	τ_0	-36730,2000	-6654,2500	-35956,5000	-2,0215	7,5613
	R^2	0,9943	0,9866	0,8494	0,9842	0,9993
Ostwald de Waale	K	10,7358	17,6723	35,1783	4,9570	4,8711
	n	0,1499	0,1193	0,0651	0,3515	0,3716
	R^2	0,9877	0,9844	0,8318	0,9841	0,9987

Ao comparar os parâmetros estatísticos dos ajustes para os três modelos estudados, observou-se que os modelos Ostwald de Waale e Herschell-Buckley proporcionaram melhores resultados para o coeficiente de determinação (R^2). No entanto os grupos C, 7C3B, 5C5B e 3C7B apresentaram valores negativos para o parâmetro limite de escoamento τ_0 , o que revela que o modelo Herschell-Buckley não é apropriado para a análise (PENNA *et al.*; 2001). Sendo assim, no presente trabalho, o modelo de Ostwald de Waale foi selecionado para análise e discussão dos parâmetros por apresentar melhores resultados para os índices de comportamento e consistência e viscosidade aparente para a maioria dos iogurtes em estudo.

Autores como Koksoy e Kilic (2004) e Penna *et al.* (2001) afirmam que o modelo Ostwald de Waale é o mais satisfatório para bebidas lácteas, porém Teles e Flôres (2007) perceberam, ao estudarem o comportamento reológico de iogurte desnatado com adição de

sólidos, que algumas amostras se ajustaram ao modelo de Ostwald de Waale e outras ao Herschell-Buckley.

O índice de comportamento (n) do modelo Ostwald de Waale apresentou valores maiores que 0 e menores que 1 para todos os grupos experimentais, definindo o comportamento dos iogurtes como pseudoplásticos (MACHADO, 2002). Na indústria este comportamento reflete no aumento de velocidade de fluxo quando submetido a estreitamento de tubos (por exemplo, envase) e possibilidade de intensa homogeneização em processos de mistura.

Para Toralles *et al.* (2006), a maior ou menor pseudoplasticidade pode ser identificada de acordo com o valor de n : quanto mais próximo de zero maior pseudoplasticidade apresenta o produto. Tomando como referência essa afirmação, pode-se perceber que o iogurte 5C5B (0,0651) apresentou maior pseudoplasticidade, seguido do 7C3B (0,1193), C (0,1499), 3C7B (0,3515) e B (0,3716). Isso significa que sua viscosidade tende a proporcionar valores menores, em comparação com os demais grupos, com o aumento da taxa de cisalhamento

Observou-se que o índice de consistência (K) aumentou significativamente à medida que foi acrescentado leite de búfala, alcançando seu máximo no grupo 5C5B ($C - 10,7358$; $7C3B - 17,6723$; $5C5B - 35,1783$). Contudo nos grupos 3C7B e B essa tendência é revertida e observa-se significativa redução desse valor, variando de 4,9570 para o grupo 3C7B e 4,8711 para o grupo B. As amostras desenvolvidas a base de misturas de leite, quando submetidas a homogeneização, apresentaram presença de grumos, os quais podem ter influenciado significativamente o desempenho descrito anteriormente.

É interessante observar que um comportamento perfeitamente inverso foi observado para os índices de consistência (K) e comportamento (n). À medida que a quantidade de leite de búfala foi aumentada até a proporção 1:1 ($C > 7C3B > 5C5B$) o índice de consistência cresceu, paralelamente ao decréscimo do índice de comportamento. A partir desse ponto, à medida que a quantidade de leite de búfala foi aumentada ($5C5B > 3C7B > B$), esses dois parâmetros passam novamente a se comportar de maneira inversamente proporcional. Isso sugere que exista um padrão de comportamento entre esses dois parâmetros.

As curvas de fluxo dos iogurtes são apresentadas na **Figura 5.2**. Todos os grupos experimentais apresentaram curvas não lineares, ou seja, a relação entre tensão cisalhante e taxa de cisalhamento não foi constante, característica típica de fluido não-Newtoniano. Mais uma vez, percebe-se semelhanças entre os grupos C, 7C3B e 5C5B, enquanto os demais grupos (3C7B e B), com maior presença de leite bubalino, mostram comportamento diferenciado e semelhante entre si, principalmente nos primeiros pontos. Essas observações

sugerem que diferentes interações são estabelecidas entre os constituintes dos leites caprino e bubalino quando estão misturados em diferentes proporções, causadas por modificações no nível de agregação e compactação de seus componentes. Vargas *et al.* (2008), ao analisarem a mistura de leite bovino e caprino, observaram particularidades quanto ao comportamento reológico da mistura. Os autores atribuíram o achado a diferenças na organização da estrutura micelar dos dois tipos de leite e/ou a distribuição espacial desfavorável dos glóbulos de gordura agrupados na rede caseínica.

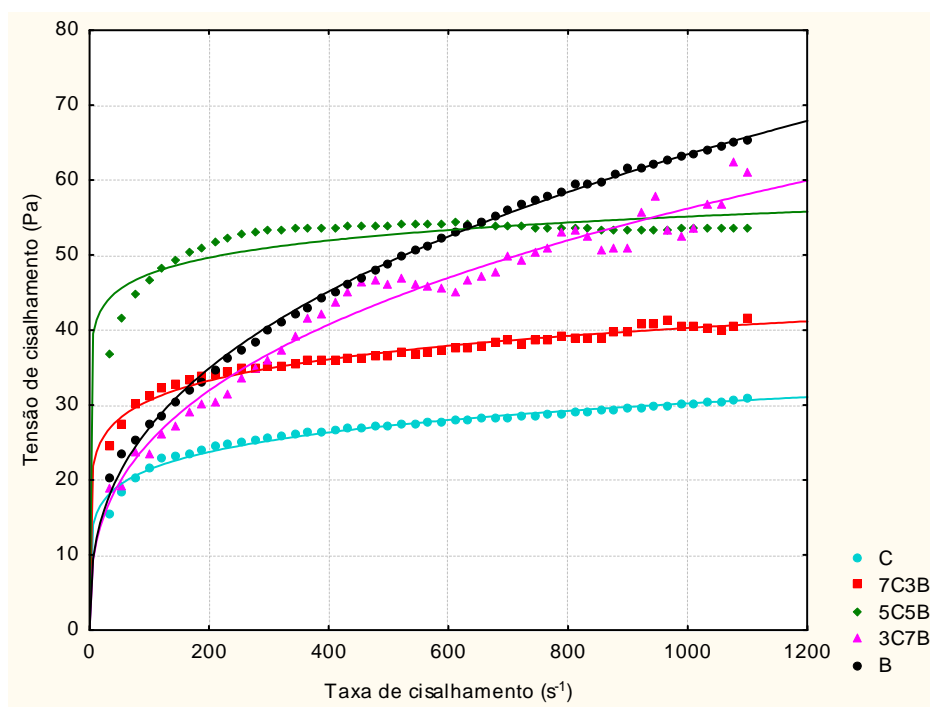


Figura 5.2. Curvas de fluxo a 5°C dos diferentes tipos de iogurtes: modelo de Ostwald de Waale.

O iogurte elaborado somente com leite caprino (grupo C) apresentou menor tensão de cisalhamento, seguido do 7C3B. Essa observação parece ocorrer em função da suavidade do coágulo formado nos produtos com maior percentual de leite caprino, já apontado em estudos tecnológicos prévios (CLARCK e SHERBON, 2000b; VARGAS *et. al.*, 2008). Essa característica do leite caprino tem repercussão na aparência do produto final e pode implicar em defeitos sensoriais que prejudicam a aceitação do produto.

O 5C5B apesar de apresentar curva com a mesma tendência dos dois primeiros grupos experimentais, atingiu tensão de cisalhamento elevada. O grupo 3C7B não apresentou curva bem definida, entretanto vale destacar que o iogurte não é uma mistura homogênea e esse comportamento pode ser esclarecido pela maior quantidade de grumos presentes nesse grupo.

A viscosidade é fator relevante para as bebidas lácteas. A indústria de laticínios utiliza artifícios como adição de sólidos e espessantes para atingir uma consistência que satisfaça as exigências do consumidor. Através da **Figura 5.3**, pode-se perceber que a viscosidade aparente dos iogurtes sofreu redução à medida que a taxa de cisalhamento aumentou, confirmando mais uma vez o comportamento de fluido não Newtoniano para todos os iogurtes considerados no presente estudo. Santos *et al.* (2008) afirmam que tal comportamento é característico de bebidas lácteas. A redução da viscosidade mediante a taxa de deformação tem importante repercussão tecnológica, tendo em vista que facilita, por exemplo, a etapa de envase do produto final. O reograma da **Figura 5.3** mostra também que os cinco grupos experimentais estudados apresentam características tixotrópicas, sobretudo entre 0 e 400s^{-1} , ou seja, tendem a diminuir a viscosidade com o tempo, o que corrobora com os dados de Penna *et al.* (2001)

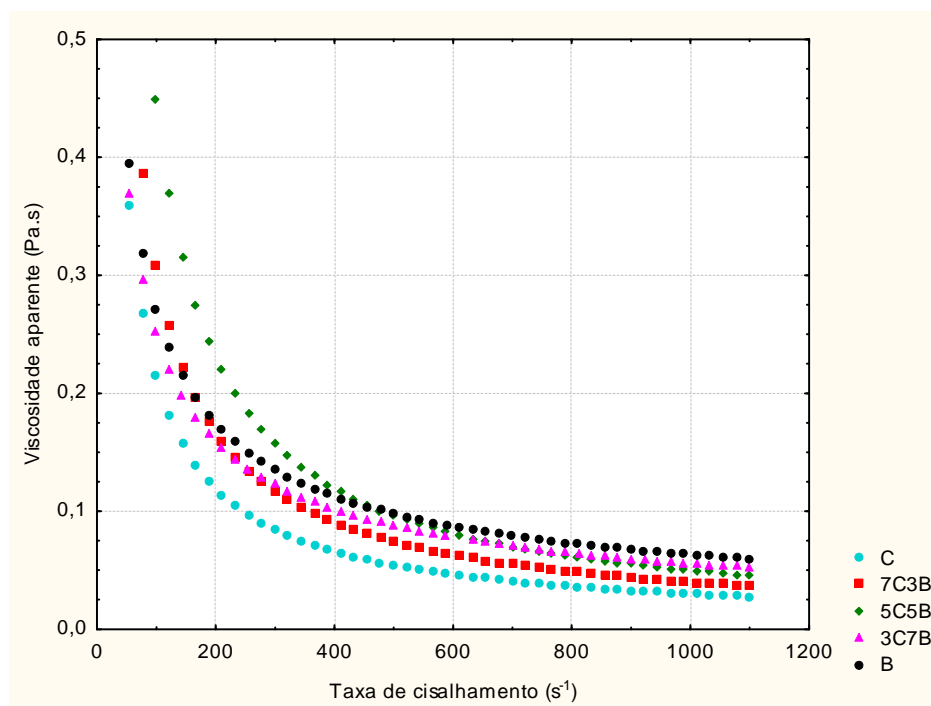


Figura 5.3. Curvas de viscosidade a 5° C dos diferentes tipos de iogurtes.

Observa-se que os iogurtes com maior percentual de leite de cabra atingiram menor viscosidade no final da curva. Esse comportamento pode estar relacionado não só com a menor quantidade de sólidos totais presentes nos grupos experimentais com menor percentual de leite caprino (**Tabela 5.2**), mas também com a estrutura físico-química dos componentes do leite. Aspectos como gordura com diâmetro menor e quantidade reduzida ou nula de caseína α_s1 (CLARCK e SHERBON, 2000b) favorecem a formação de redes protéicas mais

delicadas e por isso, mais susceptíveis a deformação e alinhamento das partículas em relação ao fluxo provocado pela influência da taxa de cisalhamento (MACHADO, 2002).

Teles e Flôres (2007) ao estudarem as características reológicas de iogurte natural desnatado, observaram que quanto maior a concentração de espessantes (gelatina, goma xantana e goma guar) e leite em pó maior a viscosidade do produto.

5.2.3. Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial estão exibidos na **Tabela 5.6**.

Tabela 5.6. Escore médio e respectivos desvios-padrão obtidos para avaliação sensorial dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas.

	C	7C3B	5C5B	3C7B	B
Aparência	6,45 ± 0,75 ^{a,b,c}	7,02 ± 0,55 ^{a,b,c}	6,21 ± 0,78 ^b	6,58 ± 0,38 ^{a,b,c}	7,33 ± 0,18 ^c
Odor	6,38 ± 0,59 ^a	6,71 ± 0,44 ^{a,b}	6,45 ± 0,35 ^{a,b}	6,37 ± 0,42 ^a	7,30 ± 0,57 ^b
Consistência	5,03 ± 1,15 ^a	6,10 ± 0,25 ^{a,b}	6,20 ± 0,66 ^{a,b}	6,47 ± 0,49 ^{b,c}	7,38 ± 0,28 ^c
Sabor	5,34 ± 0,49 ^a	5,64 ± 0,60 ^{a,b}	5,43 ± 0,49 ^a	6,10 ± 0,91 ^{a,b}	6,63 ± 0,45 ^b

a,b,c – Letras diferentes em uma mesma linha indicam resultados estatisticamente diferentes (p < 0,05).

O iogurte elaborado com 100% de leite de cabra (grupo C), quando comparado com os demais, apresentou valores mais baixos para os atributos consistência e sabor. Os escores referentes à aparência para o iogurte do grupo C ficaram entre “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”.

Quanto ao odor, os grupos C, 7C3B, 5C5B e 3C7B ficaram entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”. O grupo B, por sua vez, alcançou escores entre “gostei regularmente” e gostei muito”.

A consistência do grupo C ficou entre os termos “indiferente” e “gostei ligeiramente”, comportamento esperado em função da baixa viscosidade atribuída ao iogurte de leite de cabra, que apresenta reduzido teor gordura e sólidos totais, além de rede estrutural mais frágil. Os grupos 7C3B, 5C5B e 3C7B alcançaram escores entre “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”. O grupo de iogurtes elaborados somente com leite de búfala se destaca atingindo escores entre os termos “gostei regularmente” e “gostei muito”. É interessante destacar que, os iogurtes alcançaram maiores notas à medida que aumenta a adição de leite de

búfala, desempenho esperado em função da maior consistência proporcionada pelo leite bubalino. De forma similar, Vargas *et al.* (2008) ao analisarem iogurtes elaborados a partir da mistura de leite de cabra e vaca, afirmaram que quanto maior a quantidade de leite de cabra, menor consistência apresentou o coágulo. O efeito positivo do teor de sólidos totais sobre a consistência do iogurte também foi observado previamente por Mahdian e Tehrani (2007).

A consistência é um importante critério para a avaliação da qualidade global de iogurte, sobretudo para o iogurte de consistência firme, objeto da presente pesquisa. O coágulo frágil do iogurte caprino, relatado por diversos autores (MARTIN-DIANA *et al.*, 2003; CORREIA *et al.*, 2006; PARK *et al.*, 2007), constitui entrave para produção do derivado.

Martin-Diana *et al.* (2003) compararam o iogurte elaborado com leite bovino e leite caprino com suplementação de concentrado de proteínas do soro. Os autores mostram valores estatisticamente superiores ($p < 0,05$) para os iogurtes com adição de concentrado de soro para os atributos sensoriais aparência, sabor, aroma, textura e aceitabilidade em relação ao iogurte produzido somente com leite caprino. Os iogurtes suplementados alcançaram resultados compatíveis ao tradicional iogurte bovino.

Os resultados sensoriais obtidos para consistência apontam para uma relação direta com comportamento reológico dos iogurtes (**Figura 5.3**), tendo em vista à medida que os produtos obtiveram menor viscosidade, alcançaram menor aceitação pelos provadores, conforme mostrado em **5.2.2.2**.

Os escores dos iogurtes produzidos a partir das misturas apresentam valores semelhantes para o atributo sabor ($p < 0,05$), mas os grupos C e B são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). O leite de cabra apresenta sabor marcado e pungente, ao passo que o leite bubalino se apresenta suave e adocicado. A análise dos resultados para esse atributo leva a crer que o fator decisivo para o sabor do iogurte seja a própria natureza do leite usado, e não fatores tais como teor de sólidos totais. Em pesquisa anterior conduzida por Mahdian e Tehrani (2007), também não foi observada relação entre teor de sólidos totais e sabor do iogurte bovino.

O iogurte elaborado com 100% de leite de búfala obteve notas superiores em todos os atributos. Isto pode ser justificado pela maior quantidade de sólidos totais que proporcionou maior cremosidade e firmeza acentuada, além do suave sabor típico do leite bubalino. Verruma-Bernardi *et al.* (2006) quando estudaram iogurte bubalino, bovino e misturas dos dois, também observaram maior viscosidade nos iogurtes com leite de búfala. Essa característica intrínseca do leite bubalino dispensa adição de leite em pó, procedimento usual

para melhorar a consistência de iogurte de leite de vaca e indispensável para iogurte caprino. Os autores citados ressaltaram a presença de sabor gorduroso e amargo no iogurte bubalino, característica que não foi detectada no presente estudo, talvez por ter sido mascarado pela comparação com o sabor extremamente acentuado do iogurte de leite de cabra.

Os escores obtidos para os iogurtes elaborados com leite de cabra nas proporções de 100, 70, 50 e 30%, nos parâmetros sensoriais aparência, odor, consistência e sabor, foram inferiores aos encontrados por Araújo *et al.* (2004), quando avaliaram iogurte batido de leite caprino adicionado de 10% de sacarose e 3% de polpa natural de maracujá, que proporcionou escores entre os termos “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

Segundo Teixeira *et al.* (1987), para ser considerado aceito, o produto deve alcançar índice de aceitação superior a 70%. Na **Tabela 5.7** pode-se observar que todos os grupos experimentais obtiveram índices de aceitação sensorial superiores a 70% para todos os atributos analisados, exceto o grupo C para consistência (66,83%) e sabor (68,92%). O grupo B alcançou as maiores notas ficando com índice inferior a 80% apenas no sabor (78,58%).

No entanto, diferenças estatísticas só são percebidas no odor, no qual o grupo B difere dos demais e na consistência em que o grupo C apresenta valores significativamente menores em relação a todos os grupos. A análise conjunta do índice de aceitação permite afirmar que a adição de leite bubalino ao leite caprino favoreceu a maiores índices de aceitação aos iogurtes nos quesitos consistência e sabor.

Tabela 5.7. Índice de aceitação sensorial e respectivos desvios-padrão obtidos para avaliação sensorial dos iogurtes elaborados a partir de leite de cabra, de búfala e suas misturas.

	C	7C3B	5C5B	3C7B	B
Aparência (%)	75,71 ± 6,57	80,39 ± 7,66	75,88 ± 5,91	75,05 ± 2,58	83,85 ± 3,02
Odor (%)	72,79 ± 3,50 ^a	77,84 ± 7,67 ^a	73,84 ± 4,48 ^a	72,73 ± 1,53 ^a	83,33 ± 3,30 ^b
Consistência (%)	66,83 ± 4,73 ^a	76,74 ± 6,12 ^{b,c}	78,23 ± 6,04 ^{b,c}	75,92 ± 3,14 ^b	84,38 ± 2,69 ^c
Sabor (%)	68,92 ± 5,38	73,54 ± 8,00	70,99 ± 7,60	75,48 ± 8,60	78,58 ± 7,53

a,b,c – Letras diferentes em uma mesma linha indicam resultados estatisticamente diferentes (p< 0,05).

Pode-se afirmar que, baseado nos resultados das **Tabelas 5.6** e **Tabela 5.7**, o iogurte bubalino alcançou as melhores avaliações sensoriais. Todas as misturas estudadas foram consideradas aceitas segundo o critério estabelecido por Teixeira *et al.* (1987) e alcançaram índices de aceitação semelhantes.

Vale ressaltar que as características sensoriais do iogurte podem ser valorizadas e/ou incrementadas com adição de elementos que favoreçam melhor aparência, consistência, odor e sabor, como frutas, mel e preparados especiais desenvolvidos para leites fermentados, além da adição de sólidos lácteos ou não.

Autores diversos têm obtido êxito em pesquisas desenvolvidas com iogurte de leite de cabra. Drunkler *et al.* (2001), por exemplo, obteve bons resultados em análise sensorial de iogurte caprino quando adicionou beta-ciclodextrina. O leite de cabra é rico em ácidos graxos de cadeia curta (RIBEIRO, 1997) que são um dos componentes responsáveis pelo *flavour* característico dos produtos caprinos. A beta-ciclodextrina, por sua vez, é uma molécula de estrutura cíclica que tem a capacidade de encapsular tais ácidos em seu anel, proporcionando a redução do acentuado sabor do iogurte de leite de cabra.

Bezerra (2006), ao estudar iogurte de leite de cabra com adição de 5% de preparado de morango e comparação com idêntica formulação elaborada a partir de leite bovino, observou que a aceitação sensorial dos dois tipos de iogurte foi semelhante.

Rocha *et al.* (2004) alcançaram boa aceitação sensorial em iogurte de leite de búfala com adição de doce de araticum, de cagaita e de mangaba por crianças de 9 a 10 anos de idade. Hafermann *et al.* (2007) afirmam que adição de sabores como morango, pêssego e coco ajudam a suavizar o sabor do iogurte de leite bubalino. Borges, Medeiros e Correia (2009) obteve aceitação sensorial superior a 70% nos atributos aparência, odor, consistência e sabor quando analisou iogurte bubalino adicionado de 15% de calda de cajá por provadores com idade de 11 a 16 anos.

.....

Capítulo 6

Conclusão

.....

6. Conclusão

Os resultados da presente pesquisa permitem inferir que:

- Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre o teor de sólidos totais dos cinco grupos experimentais, sendo esse valor crescente à medida que se eleva a quantidade de leite de búfala;
- O teor de sólidos totais influenciou a cinética de acidificação reduzindo o tempo necessário para alcançar taxa máxima de acidificação. As misturas de leite alcançaram maior taxa de acidificação;
- O teor de gordura e sólidos totais dos iogurtes elaborados com leite caprino, bubalino e suas misturas são diferentes ($p < 0,05$), com tendência a valores superiores à medida que se aumenta a concentração de leite de búfala;
- Os parâmetros reológicos foram afetados pelas diferentes proporções de leite bubalino e caprino existente nas misturas. A sinerese apresentou relação linear positiva com o aumento da concentração de leite caprino, ou seja, os grupos com maior quantidade de leite de cabra, apresentaram maior tendência à separação do soro ($p < 0,05$). A viscosidade e o percentual de leite caprino mostram-se inversamente relacionadas;
- O índice de consistência apresentou relação inversamente proporcional ao índice de comportamento, apresentando valores máximo e mínimo, respectivamente para a mistura com proporção 1:1 entre os dois tipos de leite;
- O modelo de Ostwald de Waale foi selecionado para o ajuste dos parâmetros reológicos;
- Todos os grupos experimentais apresentaram comportamento não-Newtoniano e pseudoplástico;
- Os escores sensoriais também foram afetados pela proporção entre leite bubalino e caprino. De maneira geral, os valores de consistência e sabor aumentaram com o incremento de leite bubalino. O iogurte elaborado somente com leite de búfala obteve melhor aceitação. Todos os iogurtes elaborados com misturas de leite foram considerados aceitos e alcançaram índices de aceitação semelhantes.

.....

Capítulo 7

Perspectivas para trabalhos futuros

.....

7. Perspectivas para trabalhos futuros

Os resultados obtidos na presente pesquisa apontam para o desenvolvimento de novos estudos e aprofundamento do conhecimento de iogurtes desenvolvidos a partir de misturas de leite. Assim sugere-se:

- Estudo dos fenômenos reológicos envolvidos no processo de acidificação de misturas de leite;
- Testar parâmetros operacionais de produção tais como tratamento térmico, temperatura de incubação e percentual de inóculo para iogurtes desenvolvidos a base de mistura de leites;
- Análise da microestrutura do coágulo formado a partir de misturas de leite;
- Estudo detalhado do comportamento reológico dos iogurtes elaborados;
- Realização de análise sensorial descritiva quantitativa de formulações de iogurte caprino adicionado de leites de outras espécies animal;
- Ampliação de escala de produção com implantação de escala piloto para produção industrial.

.....

Capítulo 8

Referências bibliográficas

.....

8. Referências bibliográficas

AHMAD, S.; GAUCHER, I.; ROUSSEAU, F.; BEAUCHER, E.; PITO, M.; GRONGNET, J.; GAUCHERON, F. Effects on the acidification on physical-chemical characteristics of buffalo milk: a comparison with cow's milk. **Food Chemistry**, v.106, p.11-17, 2008.

ALFEREZ, M.; BARRIONUEVO, M.; LOPEZ-ALIAGA, I.; SANZ-SAMPELAYO, M.; LISBONA, F.; ROBLES, J.; CAMPOS, M. Digestive utilization of goat and cow milk fat in malabsorption syndrome. **Journal Dairy Research**, v.68, p.451-461, 2001.

ALFEREZ, M.; LOPEZ-ALIAGA, I.; NESTARES, T.; DIAZ-CASTRO, J.; BARRIONUEVO, M.; ROS, P.; CAMPOS, M. Dietary goat milk improves iron bioavailability in rats with induced ferropenic anaemia in comparison with cow milk. **International Dairy Journal**, v.16, p.813-821, 2006.

ALVES, M.M.M. A **reologia**. In: RODRIGUES, I.; ALVES, M.M.M.; CUNHA, S.; RAYMUNDO, A.; NUNES, M.N.; SERRALHA, F.; CASTRO, A.G.; OSÓRIO, N.; ALBANO, H.; CARDOSO, A.S.; DUARTE, M. A química e a reologia no processamento dos alimentos. Instituto Piaget, 2003.

AMARAL, F.R.; CARVALHO, L.B.; SILVA N.; BRITO, J.R.F. Qualidade do leite de búfalas: composição. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, n. 2, p.106-110, 2005.

AMARAL, F.R.; ESCRIVÃO, S. C. Aspectos Relacionados à Búfala Leiteira. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, n. 2, p. 111–117, 2005.

AMATAYAKUL, T.; HALMOS, A.L.; SHERKAT, F.; SHAN, N.P. Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. **International Dairy Journal**, v.16, p. 40-51, 2006.

ANDRADE, V.J.; GARCIA, S.K. Padrões raciais e registro de bubalinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.29, n.1, p. 39-45, 2005.

ANDRADE, P.; SOUZA, M.; PENNA, C.; FERREIRA, J. Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-envase e ao congelamento. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1424-1430, 2008.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro do leite bovino**. Barueri: Manole, 2003.

AQUARONE, E. **Biotecnologia: alimentos e bebidas produzidas por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. V.5.

ARAUJO, E.A.; MARQUES, J.A.A.; MILAGRES, M.P.; MAGALHÃES, R.L.; PINTO, M.S.; FERREIRA, C.L.L.F. Elaboração de iogurte de leite de cabra para consumidores alérgicos ao leite de vaca. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.59, n.339, p.395-397, 2004.

BARRIONUEVO, M.; ALFEREZ, M.; LOPEZ-ALIAGA, I.; SANZ-SAMPELAYO, M; CAMPOS, M. Beneficial effect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. **Journal Dairy Science**, v.85, p.657-664, 2002.

BARUSELLI, P.S.; CARVALHO, N.A.T. Biotecnologias da reprodução em bubalinos (*Bubalus bubalis*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.29, n.1, p.4-17, 2005.

BASTIANETTO, E.; ESCRIVÃO, S. C.; OLIVEIRA, D. A. A. de. Influência das características reprodutivas da búfala na produção, composição e qualidade do leite. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, n. 1, p. 49-52, 2005.

BEAL, C; SKOKANOVA, J.; LATRILLE, E.; MARTIN, N.; CORRIEU, G. Combined effects of culture condition and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. **Journal Dairy Science**, v.82, p.673, 1999.

BENEVIDES, C. M.J. Leite de búfala: qualidades tecnológicas. **Revista Higiene Alimentar**, v.12, n. 54, p.18-21, 1998.

BENEVIDES, C.M.J.; TRIGUEIRO, I.N.S. Variação nos teores de extrato seco total no leite de búfalas mestiça e murrá em Catu – BA. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.61, n.348, p.31-36, 2006.

BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, n.3, p.293-298, 2007.

BEZERRA, M. F. Iogurte de leite de cabra: avaliação dos métodos de processamento, análises químicas e estudo comparativo com iogurte de leite de vaca. 42f. **Monografia** (graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

BORGES, K.C.; MEDEIROS, A.C.L.; CORREIA, R.T.P. Iogurte de leite de búfala sabor cajá (*Spondias lútea L.*): caracterização físico-química e aceitação sensorial entre indivíduos de 11 a 16 anos. **Alim. Nutr**, v.20, n.2, p.295-300, 2009.

BORTOLOSO, E.Q.; QUADROS, M.H.R. Aplicação de insulina e sucralose em iogurte. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.1, n.1, p.37-47, 2007.

BRABANDERE, A.; BAERDEMAEKER, J. Effects of process condition on the pH development during yogurt fermentation. **Journal of Food Engineering**, v.41, p.221-227, 1999.

BRASIL. Instrução Normativa n.37 de 31/10/2000. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 8 de novembro de 2000.

_____. Instrução Normativa n.46 de 23/10/2007. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 24 de outubro de 2007.

_____. Instrução Normativa n.51 de 18/09/2002. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru e Refrigerado**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 20 de setembro de 2002.

BUENO, M.C. Leite de cabra: excelente alimento funcional. **Leite e Derivados**. n.83, mar./abr., 2005.

CASTRO, A. **A Química e Reologia no Processamento de Alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.

CEBALLOS, L.; MORALES, Z.; ADARVE, G.; CASTRO, J.; MARTINEZ, L.; SAMPELAYO, M. Composition of goat and cow milk produced under similar condition and analyzed by identical methodology. **Journal Food Composition Analysis**, v.22, p.322-329, 2009.

CECCHI, H. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análises de Alimentos**. Campinas: Editora Unicamp, 1999. 212p.

CLARCK, S.; SHERBON, J.W. Alpha s1-caseína, milk composition and coagulation properties of goat milk. **Small Ruminant Research**, v.38, p.123-134, 2000a.

_____. Genetic variants of alpha s1-CN in goat milk: breed distribution and associations with milk composition and coagulation properties. **Small Ruminant Research**, v.38, p.135-143, 2000b.

CLEMENTINO, I. Efeito da adição de sólidos e temperatura sobre a acidificação de leite de cabra. 62f. **Monografia** (graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

COELHO, K.O.; MACHADO, P.F.; COLDEBELLA, A.; CASSOLI, L.D.; CORASSIN, C.H. Determinação do perfil físico-químico de amostras de leite de búfalas, por meio de analisadores automatizados. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.3, p. 167-170, 2004.

CORREIA, R.T.C.; BORGES, K.C. Posicionamento do consumidor frente ao consumo de leite de cabra e seus derivados na cidade de Natal-RN. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.64, p.36-43, 2009.

CORREIA, R.T.P.; CLEMENTINO, I.; BEZERRA, M.F.; SILVA, P.D.L. Avaliação do procedimento utilizado para elaboração de iogurte de leite de cabra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.61, n.351, 2006.

COSTA, R.G.; MESQUITA, I.V.U.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; CARVALHO, F.F.R. BELTRÃO FILHO, E.M. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.694-702, 2008.

CUNHA NETO, O.C.; OLIVEIRA, C.A.F.; HOTA, R.M.; SOBRAL, P.J.A. Avaliação físico-química e sensorial do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.3, p.448-453, 2005.

CURI, R.; BONASSI, I. Elaboração de um queijo análogo ao Pecorino Romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. **Ciência Agrotecnológica**, v.31, n.1, p.171-176, 2007.

DRUNKLER, D.A.; FETT, R.; LUIZ, M.T.B. Utilização de beta-ciclodextrina na minimização do “sabor caprino” do iogurte de leite de cabra. **Boletim do CEPPA**, v.19, n.1, p.13-22, 2001.

EL-AGAMY, E. The challenge of cow milk protein allergy. **Small Ruminant Research**, v.68, p. 64–72, 2007.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em <http://www.fao.org>. Acesso em 22 de maio de 2009.

FEIJÓ, L.D.; CERQUEIRA, M.M.O.P.; BORGES, I.; SOUZA, M.R. Influência da dieta na produção, na composição e nas propriedades físico-químicas do leite de cabra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.59, n.339, 2004.

FERNANDES, M.F.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; BOMFIM, M.A.D.; BRAGA, A.A. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.703-710, 2008.

FERREIRA, C.L.L.F. Produtos lácteos fermentados (aspectos bioquímicos e tecnológicos). **Caderno Didático 43-Ciências Exatas e Tecnológicas**, Universidade Federal de Viçosa, 3ª edição, 2005.

Foodsci. **Food and Science**. Disponível em <http://www.foodsci.uoguelph.ca>. Acesso realizado em agosto de 2009.

FUNDORA, O.; GONZALEZ, M.E.; LEZCANO, O.; MONTEJO, A.; POMPA, N.; ENRIQUEZ, A.V. A comparative study of milk composition and stability of Murrah river buffaloes and Holstein cows grazing star grass, **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.35, pg. 219–222, 2001.

FURTADO, M. **Fabricação de queijo de leite de cabra**. São Paulo: Nobel, 1984

GASTALDI, E.; LAGAUDE, A.; MARCHESSEAU, S.; TARODO DE LA FUENTE, B. Acid milk gel formation as affected by total solids content. **Journal of Food Science**, v.62, n.4, p.671-676, 1997.

GIRARD, M.; SHAFFER-LEQUART. Gelation and resistance to Shearing of fermented milk: role of exopolissarídeos. **Internatonal Dairy Journal**, v.1, p.666-673, 2007.

GOMES, M.; BONASSI, J.; ROÇA, R. Características químicas, microbiológicas e sensoriais do leite de cabra congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.2, p.111-114, 1997.

GOMES, V.; PAIVA, A.M.M.; LIBERA, D.; MADUREIRA, K.M.; ARAUJO, W.P. Influência do estágio de lactação na composição do leite de cabras (*Capra hircus*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, n.5, p.339-342, 2004.

HAENLEIN, G. About the evolution of goat and sheep milk production. **Small Ruminant Research**, v. 68, n.1, p. 3-6, 2007.

_____. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, n.2, p. 155-161, 2004.

_____. Past, present and future perspectives of small ruminant dairy research. **Journal Dairy Science**, v.84, p.2097-2115, 2001.

HAFEMANN, J.; BENEDET, H.D.; TEIXEIRA, E. Caracterização físico-sensorial do iogurte produzido com leite bubalino em mistura com leite bovino. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.62, n.354, p.23-30, 2007.

HASHIMOTO, E.M.; ANTUNES, L.A.F. Efeito do tratamento térmico e de culturas filantes nas características reológicas do iogurte de leite de cabra. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n.3, p.255-261, 1995.

HASSAN, A.; FRANK, J.; FARMER, M.; SCHMIDT, K.; SHALABI, S. Formation of yoghurt microstructure and three-dimensional visualization as determined by confocal scanning laser microscopy. **Journal Dairy Science**, v.78, p. 2629-2636, 1995.

HORNE, D. Formation and structure of acidified milk gels. **International Dairy Journal**, v.9, p. 261-268, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.1020, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 22 de maio de 2009.

_____. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 22 de maio de 2009.

JAROS, D.; ROHM, H. The **rheology and textural properties of yoghurt**. In: McKENNA, B. *Texture in food-semi-solid foods*. CRC Press: Boca Raton, 2003. 441p.

JEANSON, S.; HILGERT, N.; COQUILLARD, M.; SEUKPANYA, C.; FAIVELEY, M.; NEVEU, P.; ABRAHAM, C.; GEORGESECU, V.; FOURCASSIE, P.; BEUVIER, E. Milk acidification by *Lactococcus lactis* is improved by decreasing the level of dissolved oxygen rather than decreasing redox potential in the milk prior to inoculation. **International Journal of Food Microbiology**, v.31, n.1, p.75-81, 2009.

JENESS, R. Composition and characteristics of goat milk: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1605-1630, 1980.

JUMAH, R.Y.; SHAKER, R.R.; ABU-JDAYIL, B. Effect of milk source on the rheological properties of yogurt during the gelation process. **International Journal of Dairy Technology**, v.54, n.3, p.89-93, 2001.

KEOGH, M. K.; O'KENNEDY, B.T. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. **Journal of Food Science**. v.63, n.1, p.108-112, 1998.

KNIGHTS, M.; GARCIA, G.W. The status and characteristics of the goat (*Capra hircus*) and its potential role as a significant milk producer in the tropics: A Review. **Small Ruminant Research**, v.26, p.203-215, 1997.

KOBLITZ, M. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KOKSOY, A.; KILIC, M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. **Food Hydrocolloids**, v.18, p.593-600, 2004.

KRISTO, E.; BILIADERIS, C.; TZANETAKIS, N. Modelling of rheological, microbiological and acidification properties of a fermented milk product containing a probiotic strain of *Lactobacillus paracasei*. **International Dairy Journal**, v.13, n.7, p. 517-52, 2003a.

_____. Modeling of the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yogurt starter culture using response surface methodology. **Food Chemistry**, v.83, p.437-446, 2003b.

LANA, R.P.; CAMARDELLI, M.M.L.; QUEIROZ, A.C.; RODRIGUES, M.T.; EIFERT, E.C.; MIRANDA, E.N.; ALMEIDA, I.C.C. Óleo de soja e própolis na alimentação de cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V. 34, n.2, p. 650-658, 2005.

LA TORRE, L.; TAMINE, A.Y.; MUIR, D.D. Rheology and sensory profiling of set type fermented milks made with diferent commercial probiotic and yoghurt starter cultures. **Society of Dairy Technology**, v.56, n.3, p.163-170, 2003.

LEUTHIER, S.M.F.; TRIGUEIRO, I.N.S.FURTUNATO, D.M.N.; SANTOS, T.C.H. . Variação nos teores médios de proteínas do leite de cabras, no Curimataú e Brejo Paraibanos. **Revista Higiene Alimentar**, v.18, n. 121, 2004.

LUCEY, J.A.; SINGH, H. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. **Food Research International**, v. 30, n.7, p.529-542, 1998.

LUCEY, J.A. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. **Food Hydrocolloids**. v.15, p.603-608, 2001.

LUCEY, J.A. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. **International Journal of dairy Technology**. v.57, n.2/3, p.77-84, 2004.

MACEDO, M P. ; WECHSLER, F. S. ; RAMOS, A. A. ; AMARAL, J. B.; SOUZA, J. C. ; RESENDE, F. D. ; OLIVEIRA, J. V. Composição Físico-Química e Produção do Leite de Búfalas da Raça Mediterrâneo no Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.3, p.1084-1088, 2001.

MACHADO, J.C.V. **Reologia e escoamento de fluidos: ênfase na industria do petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002.

MAHDIAN, E.; TEHRANI, M. evaluation of the effect of milk total solids on the relationship between growth and activity of starter cultures and quality of concentrated yoghurt. **American-Eurysiam Journal of Agriculture and Environmental Science**, v2, n.5, p.587-592, 2007.

MAIA, M.S. **Produção de caprinos e ovinos**: Recomendações básicas de manejo. Natal – SEBRAE/RN, EMPARN, 1997.

MARTIN-DIANA, A.B.; JANER, C.; PELAEZ, C.; REQUENA, T. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v.13, p.827-833, 2003.

MEDEIROS, A.; BORGES, K.; MEDEIROS, M.; MAGALHÃES, M.; CORREIA, R. Efeito do tratamento térmico e temperatura de incubação sobre a acidificação do leite caprino. VII Congresso Iberoamericano de Ciencia e Tecnologia de Alimentos. **Anais...** Bogotá, Colômbia, setembro 2009.

MEILGAARD, M; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3ª ed. New York, CRC Press, 1999.

MONTILLA, A.; CALVO, M. Goat's milk stability during heat treatment: effect of pH and phosphates. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.45, p.931-934, 1997.

NOBRE, F.V.; ANDRADE, J.D. Panorama da produção de leite caprino no Rio Grande do Norte. In: LIMA, G.F.C. *et al.* **Criação de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte**: orientações para viabilização do negócio rural. Natal: EMATER, EMPARN, Caprinos, 2006.

OLIVEIRA, M.; DAMIN, M. Efeito do teor de sólidos e da concentração de sacarose na acidificação, firmeza e viabilidade de bactérias do iogurte e probióticas em leite fermentado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.172, 2003.

OLSON, D.W.; ARYANA, K.J. An excessively high *Lactobacillus* inoculation level in yogurt lowers product quality during storage. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.41, p.911-918, 2008.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005a.

_____. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005b.

PANDYA, A.; GHODKE, K. Goat and sheep milk other than cheeses and yoghurt. **Small Ruminant Research**, v. 68, n.2, p.193-206, 2007.

PARK, Y. Rheological characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n.1, p. 73-87, 2007.

PARK, Y.; JUAREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n.1, p. 88-113, 2007.

PARNELL-CLUNIES, E.; KAKUDA, Y.; DEMAN, J.; CAZZOLA, F. Gelation profiles of yogurt on affected by heat treatment of milk. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.582-588, 1988.

PATIÑO, E.M. Factores que afectan las propiedades físicas y la composición química de la leche de búfalas (*Bubalus bubalis*) em Corrientes, Argentina. **Revista veterinária**, v.15, n.1, p.21-25, 2004.

PENNA, A.L.B.; SIVIERI, K.; OLIVEIRA, M.N.; Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.7-13, 2001

PEREIRA, D. *et al.* **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. 2ª edição. Juiz de Fora: EPAMIG, 2001.

PINHEIRO JÚNIOR, G.C. **Caprinos no Brasil**. Belo Horizonte: Italiana Limitada, 1985, V.3.

PRATA, L.F.; RIBEIRO, A.C.; REZENDE, K.T.; CARVALHO, M.R.B.; RIBEIRO, S.D.A.; COSTA, R.G. Composição, perfil nitrogenado e características do leite caprino (Saanen). Região sudeste, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, 1998.

RIBEIRO, E.; RIBEIRO, H. Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra. **Semina**, v.22, n.2, p. 229-235, 2001.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2007.

RIBEIRO, S.D.A. **Caprinocultura: criação racional de caprinos**. São Paulo: Nobel, 1997.

ROCHA, C.; SIQUEIRA, M.I.D.; COBBUCCI, R.M.A.; SILVA, F.D.; PEIXOTO, K.L.; SANTANA, L.V.G. Iogurte de leite de búfala sabor frutos do cerrado. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.22, n.1, p.97-106, 2004.

SAINT-EVE. A.; JUTEAU, A.; ATLAN, S.; MARTIN, N., SOUCHON, I. Complex viscosity induced by protein composition variation influences the aroma release of flavored stirred yogurt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p. 3997-4004, 2006.

SALAUN, F.; MIETTON, B.; GAUCHERON, F. Buffering capacity of dairy products. **International Dairy Journal**, v.15, p.95-109, 2005.

SAMPELAYO, M.; CHILLIARD, Y.; SCHMIDELY, P.; BOZA, J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, n.1, p. 42-63, 2007.

SANTOS, M.S.; CARNEIRO, E.B.B.; SCHAWAB, L.M.; ARAUJO, W.C.; PETKOWICZ, C.L.O. Avaliação reológica e sensorial de iogurte enriquecido com polpa de *Psidium cattaleianum sabine* (araçá vermelho). **Higiene Alimentar**, v.22, n.166/167, p. 105-108, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº 24 de 01 de agosto de 1994. **Normas técnicas de produção e classificação dos produtos de origem animal. Atividades de fiscalização e inspeção dos produtos de origem animal.** Cap.7, artigo 134, 1994.

SETHAS. **Secretaria de Estado do Trabalho, da Habitação e da Assistência Social do Rio Grande do Norte.** Disponível em www.sethas.rn.gov.br/programasprojetos/programaleite. Acesso em 27 de maio de 2009.

SHARKER, R.R.; JUMAH, R.Y.; ABU-JDAYIL, B. Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. **Journal of Food Engineering**, v.44, p. 175-180, 2000.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia de alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 2000.

SILVA, M.; TORRE, R.; RODRIGUES, M.; SOARES, M.; MAGALHÃES, A.; SILVA, P.; SILVEIRA, T. Efeito dos genótipos para alphaS1-caseína sobre as frações protéicas e lipídicas do leite de cabra. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.3, p.682-690, 2009

SILVA, P.; BEZERRA, M.F.; PEDRINI, M.; MAGALHÃES, M.; CORREIA, R. Leite de cabra: aspectos nutricionais e produtivos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 354, n.62, p. 32-35, 2007.

SKRIVER, A.; HANSEN, M.; QVIST, K. Image analysis applied to electron micrographs of stirred yogurt. **Journal of Dairy Research**, v.64, p.135-143, 1997.

STELIOS, K.; EMMANUEL, A. Characteristics of set type yoghurt made from caprine or ovine milk and mixtures of the two. **International Journal of Food Science and Technology**, v.39, p.319-324, 2004.

STORRY, J.; GRANDISON, A.; MILLIARD, D.; OWEN, A.; FORD, G. Chemical composition and coagulation properties of renneted milk from different breeds and species of ruminant. **Journal Dairy Research**, v.50, p.215-224, 1983.

TAMINE, A; ROBINSON, R. **YOGHURT, Science and Technology.** Boca Raton: CRC Press. 2000.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. Análise sensorial de alimentos. Florianópolis. UFSC, 1987.

TELES, C.D.; FLÔRES, S.H. Influência da adição de espessantes e leite em pó nas características reológicas do iogurte desnatado. **Boletim do CEPPA**, v.25, n.2, p. 247-256, 2007.

TORALLES, R.P.; VENDRUSCOLO, J.L.; VENDRUSCOLO, C.T. Reologia de purê homogeneizado de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Journal of Food Technology**, v.9, n.1, p. 1-8, 2006.

VARGAS, M.; CHÁFER, M.; ALBORS, A.; CHIRAT, A.; GONZÁLEZ-MARTINEZ, C. Physicochemical and sensory characteristics of yogurt produced from mixtures of cows' and goats' milk. **International Dairy Journal**, v. 18, p. 1146-1152, 2008.

VARGUESE, S.K.; MISHRA, H.N. Modelling of acidification kinetics and textural properties in dahi (indian yoghurt) made from buffalo milk using response surface methodology. **International of Dairy Technology**, v.61, n.3, p.284-289, 2008.

VERRUMA-BERNARDI, M.R.;BRANCO, N.C.M.; MAROTE, D.M.J.; DELISA, R.; ARAÚJO, K.G.L.; KAJISHIMA, S. Perfil sensorial e preferência do leite de búfala. **Boletim do CEPPA**, V.24, n.2, p.443-456, 2006.

VERRUMA, M.R.; OLIVEIRA, A.J.; SALGADO, J.M. Avaliação química e nutricional do queijo mozzarella e iogurte de leite de búfala. **Scientia Agrícola**, v. 50, n.3, p.438-443, 1993.

VERRUMA, M.R.; SALGADO, J.M. Análise química do leite de búfala em comparação ao leite de vaca. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 1, p. 131-137, 1994.

VRIES, J. Goats for the poor: some keys to successful promotion of goat production among the poor. **Small ruminant Research**, v.77, n.2-3, p.221-224, 2008.

WAL, J.M. Structure and function of milk allergens. **Allergy**, v.56, n.67, p.35-38, 2001.

YANES, M.; DURAN, L.; COKEH, E.; Rheological and physical properties of commercial chocolate milk beverages. *Journal of Food Engineering*, v.51, p.225-234, 2002.

ZAVA, M.A.R.A. **Produção de búfalos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)