



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**QUEIJO MUÇARELA DE BÚFALA ELABORADO COM INCLUSÃO DE  
LEITE DE VACA: QUALIDADE NUTRICIONAL E INSTRUMENTAL**

**MIRELLE COSTA PIGNATA**

**2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**QUEIJO MUÇARELA DE BÚFALA ELABORADO COM INCLUSÃO DE  
LEITE DE VACA: QUALIDADE NUTRICIONAL E INSTRUMENTAL**

**MIRELLE COSTA PIGNATA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador:** DSc. Sérgio Augusto de Albuquerque Fernandes

**Co-orientadora:** DSc. Sibelli Passini Barbosa Ferrão

**ITAPETINGA**  
**BAHIA – BRASIL**

**2013**

<p>637.35 P684q</p>	<p>Pignata, Mirelle Costa</p> <p>Queijo muçarela de búfala elaborado com inclusão de leite de vaca: qualidade nutricional e instrumental. / Mirelle Costa Pignata. - Itapetinga: UESB, 2013. 86p.</p> <p>Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Campus de Itapetinga. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Sérgio Augusto de Albuquerque Fernandes e co-orientação da Profa. D.Sc. Sibelli Passini Barbosa Ferrão.</p> <p>1. Queijo muçarela de búfala – Leite de vaca – Valor nutricional. 2. Queijo de leite de búfala - Composição química - Qualidade. 3. Queijo muçarela de búfala - Autenticidade. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. II. Fernandes, Sérgio Augusto de Albuquerque. III. Ferrão, Sibelli Passini Barbosa. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;"><b>CDD(21): 637.35</b></p>
-------------------------	---

**Catlogação na fonte:**

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

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Queijo muçarela de búfala – Leite de vaca – Valor nutricional
2. Queijo de leite de búfala - Composição química – Qualidade
3. Queijo muçarela de búfala - Autenticidade



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



Área de Concentração: Engenharia de Processos de Alimentos

Campus de Itapetinga-BA

## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**Título: “QUEIJO MUÇARELA DE BÚFALA ELABORADO COM INCLUSÃO DE LEITE DE VACA: QUALIDADE NUTRICIONAL E INSTRUMENTAL”.**

**Autor:** MIRELLE COSTA PIGNATA

**Orientador :** Prof. SÉRGIO AUGUSTO DE ALBUQUERQUE FERNANDES,  
DSc., UESB

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE PROCESSOS DE ALIMENTOS, pela Banca Examinadora.

Prof. Sérgio Augusto de Albuquerque Fernandes, DSc., UESB

Prof. Antonio Silvio do Egito, DSc., EMBRAPA

Profª. Julliana Izabelle Simionato, DSc., UESB

Data da Realização: 26 de fevereiro de 2013.

À minha família, meu alicerce.  
Ao meu noivo Pablo, pelo amor e companheirismo.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me mostrar o caminho certo a seguir, dando-me força e coragem.

Aos meus pais, Maria José e Carlos, pelo amor, carinho, educação e por sempre acreditarem em mim. Graças a vocês, hoje sou uma mulher vitoriosa.

A minha avó, Maria Isabel (Beca), por não medir esforços em minha educação, pelo amor dedicado em todos os momentos de minha vida, sendo um espelho de caráter, compreensão e dedicação.

A Marielle e Michelle, minhas irmãs, pelo amor, carinho, amizade, companheirismo e incentivo, principalmente, por fazerem parte de minha vida. Amo vocês!

A todos os meus familiares pelo apoio incansável e carinho, em especial Tia Dora e Tio Du que muito contribuíram para minha formação.

Ao meu noivo, Pablo, por tornar esse sonho possível com seu amor e apoio incondicional. Aos seus pais (Ernivaldo e Suelha) e irmãos (Patrícia e Plínio) pelo carinho.

Ao meu orientador, Prof. Sérgio Fernandes, pelo carinho, incentivo, apoio intelectual, amizade e confiança depositada, fundamental para realização deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Sibelli Ferrão, pela co-orientação, carinho, incentivo e pela grande colaboração e empenho para o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Juliana Simionato, Prof<sup>a</sup>. Renata Bonomo, Prof<sup>a</sup>. Mara Lúcia, Prof<sup>a</sup>. Cristiane Patrícia, Prof<sup>a</sup>. Gabriele Fontan e Prof. Luciano Brito por terem disponibilizados os laboratórios que coordenam e auxílio.

Ao Prof. Paulo Bonomo por ter me auxiliado na estatística, sempre.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pelas instalações e por disponibilizar seus funcionários para condução do experimento.

Aos coordenadores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.

Ao setor de transporte em especial, Zé, Pedro bala, Cristiano, Zezão e Davi pelo compromisso e responsabilidade de buscarem o leite.

Ao Laticínio Rocha pela cessão do leite e ao Laticínio Pitty pelas instalações e colaboração.

A uma pessoa muito especial em minha vida, amiga, cúmplice, companheira... Ellen Lacerda pelo carinho, incentivo e, principalmente, por fazer parte dessa conquista.

À Nina, Cris, Adrielle, Cristiane, Tarsila e Lara pelo carinho, palavras de conforto, diversão e amizade.

Ao Grupo de Estudos em Leite (GEL), Sibelli, Sérgio, Cris, Amanda, Dani, Abdias, João e Naiara pela colaboração e apoio durante todo esse período.

Ao pessoal do laboratório CEACROM, em especial a Débora e Jeanny pelo carinho e apoio e a Luciana Bauer, pela ajuda e validação do método de colesterol em lácteos.

Aos Professores Egito Vasconcelos e Juliana Simionato por participarem da banca de defesa, contribuindo para o enriquecimento do trabalho.

Aos colegas de Mestrado, em especial, Willian, Davi, Amanda e Renata.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

OBRIGADA!

## RESUMO

PIGNATA, M.C. **Queijo muçarela de búfala elaborado com inclusão de leite de vaca: qualidade nutricional e instrumental.** Itapetinga – BA: UESB, 2013. 86p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos).\*

Objetivou-se com a realização desta pesquisa avaliar o efeito da inclusão de leite de vaca, no processamento da muçarela de búfala sobre sua qualidade nutricional. O experimento foi conduzido em um laticínio na cidade de Itapetinga – BA. Os tratamentos foram compostos por níveis de inclusão de leite de vaca (0, 10, 20, 30, 40 e 50%) no processamento do queijo muçarela de búfala, com o 0% representando o tratamento controle, além da comparação do queijo muçarela de búfala com o queijo de vaca. O conteúdo de gordura do leite de búfala foi padronizado em aproximadamente 4%. As amostras de leite das duas espécies e das misturas foram submetidas às análises de pH, densidade, acidez, proteína, gordura, lactose, umidade, ESD, EST, ácidos graxos e colesterol. Para o queijo muçarela, foram realizadas análises de composição centesimal (GES, proteína, umidade, cinzas e EST), físicas (pH, cor e textura instrumental), ácidos graxos, colesterol, capacidade de derretimento e rendimento. Os dados obtidos foram analisados por meio de ANOVA, comparando as médias dos resultados do leite e queijo muçarela de búfala e vaca pelo teste F e análise de regressão para as misturas de leite e TC, adotando-se  $\alpha = 0,05$ . Houve diferença entre os leites de búfala e vaca quanto aos valores de densidade, gordura, umidade, ESD, EST, proteína e lactose. A adição de leite de vaca aumentou o teor de umidade e reduziu o teor de EST das misturas de leite. Os queijos muçarela de búfala e vaca foram diferentes em relação à análise de composição centesimal. Os teores de GES e proteína dos queijos muçarela contendo diferentes níveis de inclusão de leite bovino foram afetados pela adição deste leite, apresentando efeito quadrático e linear decrescente, respectivamente. A adição de leite de vaca também afetou os parâmetros de cor dos queijos. A muçarela de búfala apresentou maiores valores para os atributos de textura, sendo esta característica reduzida com a inclusão de leite de vaca. O queijo de vaca apresentou maior capacidade de derretimento. O rendimento foi maior para a muçarela de búfala, reduzido com a adição de leite de vaca. Verificou-se diferença entre os leites e queijos muçarela de búfala e vaca para alguns ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) e poli-insaturados (AGPI), com maior somatório de AGS para o leite bubalino e maior somatório de n-6 para o queijo de vaca. Observou-se maior razão de n-6 e n-3 para o leite de vaca e muçarela de vaca. A adição de leite bovino aumentou a relação destes ácidos e do índice de aterogenicidade nas misturas de leites. A inclusão de leite de vaca reduziu o teor de ácido palmítico (16:0), ácido behênico (22:0), ácido vacênico (18:1 11t), ácido rumênico (18:2 9c, 11t) e somatório de AGPI, além de causar efeito quadrático no teor de ácido miristoleico (14:1) das misturas do leite. Para o queijo muçarela adicionado de leite bovino, observou-se efeito deste leite na redução do teor de ácido butírico (4:0), ácido 16:0, ácido 22:0, ácido palmitoleico (16:1) e aumento do teor de ácido caprílico (8:0) e ácido cáprico (10:0). A inclusão de leite de vaca aumentou o teor de colesterol dos queijos adicionados de leite bovino, bem como do leite utilizado em seu processamento. A adição de leite bovino, além de ilegal, afeta de forma negativa algumas características da muçarela de búfala.

**Palavras-chave:** Autenticidade. Bubalinos. Cor. Composição. Textura.

---

\*Orientador: Sérgio Augusto de Albuquerque Fernandes, DSc., UESB e Co-orientadora: Sibelli Passini Barbosa Ferrão, DSc., UESB.

## ABSTRACT

PIGNATA, M.C. **Buffalo mozzarella cheese elaborated with cow milk inclusion: nutritional quality and instrumental.** Itapetinga – BA: UESB, 2012. 86p. (Dissertation - Master in Food Engineering - Food Science).\*

The aim of this research was evaluate the effect of inclusion of cow's milk in the processing of buffalo mozzarella cheese about your nutritional quality. The experiment was conducted in a dairy plant in the city of Itapetinga - BA. The treatments were composed of inclusion levels of cow's milk (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) in processing mozzarella cheese, with 0% representing the control treatment, beyond the comparison of buffalo mozzarella cheese with the cow cheese. The fat content of buffalo milk was standardized by approximately 4%. Milk samples of both species and mixtures were subjected to analysis of pH, density, acidity, protein, fat, lactose, humidity, ESD, EST, fatty acids and cholesterol. For mozzarella cheese, were performed proximate composition analysis (GES, protein, moisture, ash and EST), physical (pH, instrumental color and texture), fatty acids, cholesterol, melting capacity and yield. Data were analyzed by ANOVA, comparing the averages of the results of milk and mozzarella cheese from buffalo and cow by F test and regression analysis for mixtures of milk and cheese, adopting  $\alpha = 0.05$ . Was difference between buffalo and cow milks about the values of density, fat, moisture, ESD, EST, protein and lactose. The addition of cow's milk increased the moisture content and reduced the EST content of mixtures of milk. The mozzarella cheese from buffalo and cow were different in relation to the analysis of chemical composition. The levels of protein and GES of the mozzarella cheeses with different levels of inclusion of bovine milk were affected by the addition of this milk, with a decreasing linear and quadratic effect, respectively. The addition of cow's milk also affected the color parameters of cheeses. The buffalo mozzarella showed higher values for the texture attributes, this feature being reduced with the inclusion of cow's milk. The cow cheese showed higher melting capacity. The yield gross was higher for buffalo mozzarella, reduced with the addition of cow's milk. There was a difference between milk and mozzarella cheese from buffalo and cow for some saturated fatty acids (SFA), monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated (PUFA), with higher sum of AGS for buffalo milk and largest sum of n-6 to the cow cheese. Observed higher ratio of n-6 and n-3 for cow's milk and mozzarella. The addition bovine milk increased the ratio of these acids and atherogenicity index of mixtures of milk. The inclusion of cow milk reduced palmitic acid the content (16:0), behenic acid (22:0), vaccenic acid (18:1 11t) rumênico acid (18:2 9c, 11t) and sum of PUFA, besides of causing quadratic effect on myristoleic acid content (14:1) of the mixture of milk. For the mozzarella cheese added bovine milk, observed effect in reducing butyric acid (4:0) acid, 16:0, 22:0 acid, palmitoleic acid (16:1) and increased of levels of caprylic acid (8:0) and capric acid (10:0). The inclusion of cow's milk increased cholesterol content of cheese added of bovine milk and the milk used in its processing. The addition of bovine milk, beyond of illegal, adversely affects some characteristics of buffalo mozzarella.

**Keywords:** Authenticity. Buffalo. Color. Composition. Texture.

---

\* Advisor: Sérgio Augusto de Albuquerque Fernandes, DSc., UESB and Co-advisor: Sibelli Passini Barbosa Ferrão, DSc., UESB.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Valores efetivos para o rebanho bubalino no Brasil .....	17
<b>Tabela 2.</b> Composição química dos leites de vaca e búfala .....	19
<b>Tabela 3.</b> Composição química das muçarelas de vaca e búfala .....	22
<b>Tabela 4.</b> Características físicas e composição centesimal dos leites de búfala e vaca .....	35
<b>Tabela 5.</b> Características físicas e composição centesimal do leite de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	37
<b>Tabela 6.</b> Quantidade de ácidos graxos, em $\text{mg.g}^{-1}$ de lipídios, presentes nos leites de búfala e vaca .....	41
<b>Tabela 7.</b> Quantidade de ácidos graxos, em $\text{mg.g}^{-1}$ de lipídios, presentes no leite de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	44
<b>Tabela 8.</b> Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos leites de búfala e vaca.....	46
<b>Tabela 9.</b> Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional do leite de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	47
<b>Tabela 10.</b> Características físicas e composição centesimal dos queijos muçarela de búfala e vaca .....	50
<b>Tabela 11.</b> Característica física e composição centesimal do queijo muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	51
<b>Tabela 12.</b> Componente de cor sistema CIE $L^*a^*b^*$ dos queijos muçarela de búfala e vaca .....	53
<b>Tabela 13.</b> Componente de cor sistema CIE $L^*a^*b^*$ do queijo muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	54
<b>Tabela 14.</b> Perfil de textura instrumental dos queijos muçarela de búfala e vaca .....	55
<b>Tabela 15.</b> Perfil de textura instrumental do queijo muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	56
<b>Tabela 16.</b> Quantidade de ácidos graxos, em $\text{mg.g}^{-1}$ de lipídios, presentes nos queijos muçarela de búfala e vaca .....	62
<b>Tabela 17.</b> Quantidade de ácidos graxos, em $\text{mg.g}^{-1}$ de lipídios, presentes nos queijos muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	66

<b>Tabela 18.</b> Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos queijos muçarela de búfala e vaca .....	67
<b>Tabela 19.</b> Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos queijos muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca .....	69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fluxograma de produção do queijo muçarela .....	27
<b>Figura 2.</b> Cromatograma das amostras de leite de búfala (A) e leite de vaca (B) ... .....	40
<b>Figura 3.</b> Concentração de colesterol, em mg.100 mL <sup>-1</sup> , presentes nas amostras de leite de búfala e vaca.....	48
<b>Figura 4.</b> Efeito da adição de leite de vaca sobre a concentração de colesterol, em mg.100 mL <sup>-1</sup> , presentes no leite (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala) .....	49
<b>Figura 5.</b> Capacidade de derretimento dos queijos muçarela de búfala e vaca .....	58
<b>Figura 6.</b> Adição de leite de vaca sobre a capacidade de derretimento do queijo muçarela (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala).....	59
<b>Figura 7.</b> Rendimento bruto dos queijos muçarela de búfala e vaca .....	60
<b>Figura 8.</b> Efeito da adição de leite de vaca sobre o rendimento bruto do queijo muçarela (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala).....	61
<b>Figura 9.</b> Cromatograma das amostras de queijo muçarela de búfala (A) e muçarela de vaca (B) .....	63
<b>Figura 10.</b> Concentração de colesterol, em mg.100 g <sup>-1</sup> , presentes nas amostras de queijo muçarela de búfala e vaca.....	69
<b>Figura 11.</b> Efeito da adição de leite de vaca sobre a concentração de colesterol, em mg.100 g <sup>-1</sup> , presentes no queijo (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala) .....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

$\beta$	Beta
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
$^{\circ}\text{D}$	Graus Dornic
$^{\circ}\text{H}$	Graus Hortvet
%	Porcentagem
$\Sigma$	Somatório
$\mu\text{L}$	Microlitros
ABCB	Associação Brasileira de Criadores de Búfalo
ALC	Ácido Linoleico Conjugado
AG	Ácidos Graxos
AGD	Ácidos Graxos Desejáveis
AGMI	Ácidos Graxos Monoinsaturados
AGPI	Ácidos Graxos Poli-insaturados
AGS	Ácidos Graxos Saturados
APT	Análise do Perfil de Textura
CCS	Contagem de Células Somáticas
CD	Capacidade de Derretimento
CEC	Comprimento Equivalente de Cadeia
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
DAD	Detector de Arranjo de Diodos
DIC	Detector de Ionização de Chamas
DOP	Denominação de Origem Protegida
ESD	Extrato Seco Desengordurado
EST	Extrato Seco Total
FC	Fator de Conversão
FR	Fator de Resposta
g	Gramas
$\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	Gramas por Mililitro
$\text{H}_2$	Hidrogênio
IA	Índice de Aterogenicidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IT	Índice de Trombogenicidade
KOH	Hidróxido de Potássio
L	Litro
mg	Miligrama
mg.g <sup>-1</sup>	Miligrama por Grama
mL	Mililitro
mL.min <sup>-1</sup>	Mililitro por Minuto
mm	Milímetro
mol.L <sup>-1</sup>	Molaridade por Litro
N <sub>2</sub>	Nitrogênio
NT	Nitrogênio Total
n-3	Ômega 3
n-6	Ômega 6
NaCl	Cloreto de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
R	Rendimento
R <sup>2</sup>	Coefficiente de Determinação
RPM	Rotação por Minuto
UE	União Europeia

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
2.1 Bubalinocultura .....	17
2.2 Leite de Búfala .....	18
2.3 Muçarela de Búfala .....	21
2.4 Adulteração em Muçarela de Búfala.....	22
3 OBJETIVOS .....	25
3.1 Objetivo Geral.....	25
3.2 Objetivos Específicos.....	25
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4.1 Local do Experimento .....	26
4.2 Obtenção da Matéria-Prima .....	26
4.3 Processamento do Queijo Muçarela.....	26
4.4 Análises do Leite.....	28
4.5 Análises do Queijo Muçarela.....	28
4.5.1 Composição Centesimal.....	28
4.5.2 Análises Físicas .....	28
4.5.2.1 Determinação do pH.....	28
4.5.2.2 Determinação da Cor Instrumental .....	28
4.5.2.3 Perfil de Textura Instrumental.....	29
4.5.3 Capacidade de Derretimento (CD).....	29
4.5.4 Avaliação do Rendimento .....	30
4.6 Análise de Lipídica... ..	30
4.6.1 Ácidos Graxos .....	30
4.6.1.1 Extração dos Lípidos Totais .....	30
4.6.1.2 Preparação de Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos.....	30
4.6.1.3 Análise Cromatográfica dos Ésteres de Ácidos Graxos.....	31
4.6.1.4 Identificação dos Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos .....	31
4.6.1.5 Análise Quantitativa dos Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos .....	32
4.6.1.6 Índice de Qualidade Nutricional dos Lipídios.....	32
4.6.2 Colesterol .....	33

4.6.2.1 Extração do Colesterol .....	33
4.6.2.2 Análise Cromatográfica.....	34
4.6.2.3 Análise Quantitativa do Colesterol .....	34
4.7 Análises Estatísticas .....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Análises do Leite.....	35
5.1.1 Composição Centesimal e Características Físicas .....	35
5.1.2 Composição de Ácidos Graxos .....	38
5.1.3 Colesterol .....	48
5.2 Análises do Queijo Muçarela.....	49
5.2.1 Composição Centesimal e Características Físicas .....	49
5.2.1.1 Avaliação da Cor.....	52
5.2.1.2 Perfil de Textura Instrumental.....	55
5.2.2 Capacidade de Derretimento (CD).....	57
5.2.3 Avaliação do Rendimento .....	59
5.2.4 Composição de Ácidos Graxos .....	61
5.2.5 Colesterol .....	69
6 CONCLUSÕES .....	72
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73

## 1 INTRODUÇÃO

A bubalinocultura caracteriza-se por incluir pequenos produtores no cenário produtivo em função de sua rentabilidade, o que vem garantindo seu crescimento nos últimos anos. Devido à sua maior rusticidade, longevidade e adaptabilidade, os búfalos são encontrados em distintas condições edafoclimáticas, apresentando, nos trópicos, desempenho que os classificam como animais eficientes, principalmente no melhor aproveitamento de gramíneas, tornando-os excelente alternativa para a produção de carne e leite (VIEIRA et al., 2011).

Quando comparado com o leite de outras espécies, o leite de búfala confere aos derivados lácteos propriedades sensoriais peculiares, permitindo a elaboração de produtos com características tecnológicas próprias e maior rendimento industrial. Tais propriedades são derivadas dos maiores teores de proteína, gordura, vitaminas, extrato seco total (EST) e minerais presentes em sua composição (CUNHA NETO et al., 2005).

Embora o leite de búfala apresente maior rendimento industrial e valor nutritivo em relação ao leite de vaca e, apesar do crescimento de sua exploração no país, pouco se tem feito para regulamentação de normas de padrão de identidade e qualidade do leite bubalino e seus derivados lácteos, o que tem dificultado medidas de controle e fiscalização (AMARAL et al., 2005).

Em países como a Itália, o leite de búfala é pouco utilizado para o consumo in natura, sendo a quase totalidade destinada para a fabricação de derivados, em especial a muçarela, que possui Denominação de Origem Protegida (DOP) (BUZI et al., 2009). No Brasil, a industrialização do leite de búfala é uma realidade, e o mercado de queijo muçarela de búfala desponta como muito promissor, devido à ótima aceitação no mercado por ser um produto de alta qualidade nutricional e sensorial (VIEIRA et al., 2009).

A muçarela é um tipo de queijo tradicionalmente feito a partir de leite bubalino integral e a sua fabricação, de acordo com a tradição italiana, envolve uma técnica artesanal, revelando um queijo de massa fresca e sabor característico com alto teor de gordura, o que lhe confere paladar delicado (CARMO, 2006). Porém, o queijo tipo muçarela de vaca é um dos queijos mais fabricados e consumidos no Brasil (PERRY, 2004).

A disponibilidade do leite de búfala no período de entressafra (primavera/verão) é escassa devido à estacionalidade reprodutiva da espécie (CAMPANILE et al., 2007).

Com o aumento da procura e baixa produção, o preço do leite se eleva e para suprir esta demanda alguns laticínios cometem práticas ilegais, adicionando leite bovino na fabricação da muçarela de búfala. A adição de leite bovino à muçarela de búfala é uma fraude, que além de alterar sua qualidade, transgride as leis, ferindo o direito do consumidor (CZERWENKA et al., 2010).

A Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB) lançou em 2000 um selo de pureza para a muçarela de búfala produzida no país, com a finalidade de garantir a autenticidade do produto. Para se obter este selo na embalagem e garantir a comprovação da pureza, o produto deverá ser submetido a análises laboratoriais, como eletroforese, afim de identificar a presença de caseína bovina na muçarela de búfala.

Mesmo com a adoção do selo de pureza da ABCB, utilizada por poucos laticínios que a produzem, ainda é possível se encontrar no mercado produtos derivados do leite de búfala adulterada. Neste contexto, objetivou-se com a realização desta pesquisa avaliar o efeito da inclusão de leite bovino no processamento da muçarela de búfala sobre sua qualidade nutricional e instrumental.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Bubalinocultura

Originado na Ásia, o búfalo (*Bubalus bubalis*) foi levado para África, mais tarde à Europa e Oceania e por último ao continente americano. No Brasil, a história desses animais teve início por volta de 1895 na Ilha de Marajó, estendendo-se mais tarde por todas as regiões fisiográficas do país, predominando na região Norte (DAMÉ, 2006).

Dos bubalinos introduzidos no Brasil, quatro raças são reconhecidas oficialmente pela Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB): Carabao, Jafarabadi, Mediterrânea e Murrah (ROSA et al., 2007).

O búfalo é considerado um animal de tripla aptidão, pois além de se mostrar adequado para a produção de carne e leite este também é utilizado como animal de tração, devido à sua maior força e resistência. Em função de sua rusticidade, são animais bastante adaptáveis a solos de baixa fertilidade, terrenos pantanosos, sendo capazes de converter alimentos fibrosos em proteínas de alto valor nutricional, apresentando longevidade, característica importante na pecuária (OLIVEIRA, 2005).

O rebanho bubalino nacional vem crescendo de maneira constante e significativa e, o que é mais representativo, em todas as regiões do País, quebrando barreiras de que a criação deste animal só era possível na região Norte do Brasil, onde de fato concentra-se o maior número de cabeças (ROCHA, 2007).

Em dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o efetivo de bubalinos observado em 2010 no Brasil foi de aproximadamente 1,2 milhões de cabeças, registrando aumento de 4,3% em relação ao ano anterior. Segundo esses dados, a região Norte concentra o maior percentual de rebanho bubalino com 63,5% (Tabela 1).

**Tabela 1** – Valores efetivos para o rebanho bubalino no Brasil

<b>Unidades da Federação</b>	<b>Rebanho (cabeças)</b>	<b>Total (%)</b>
Norte	752.830	63,5
Nordeste	120.458	10,2
Sudeste	122.312	12,3
Sul	124.133	10,4
Centro-Oeste	64.778	5,4
<b>Total</b>	<b>1.184.511</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptada de IBGE (2010).

Embora o gado bovino seja o mais representativo na pecuária nacional, tanto para corte como para produção leiteira, o rebanho bubalino expandiu-se por diversas regiões do país (OLIVIERI, 2004), que inicialmente ocupavam locais em que a pecuária bovina não se desenvolvia muito bem (BERNARDES, 2007).

No entanto, fatores que se relacionam com as características reprodutivas dos búfalos, interferem de maneira negativa na produção, oferta e comercialização dos produtos lácteos (CARMO, 2006). A concentração dos partos das búfalas nos meses de março a junho determina a concentração da produção de leite até o mês de setembro com ausência da matéria-prima nos meses de verão (BASTIANETTO, 2005).

Sendo assim, a espécie bubalina é considerada poliéstrica estacional de dias curtos, com aumento da fertilidade no outono e inverno. Com os partos concentrados, principalmente, no final das estações chuvosas, as búfalas atravessam a maior parte do período de lactação na época de menor disponibilidade qualitativa e quantitativa de pastagens (CAMPANILE et al., 2007).

A sazonalidade reprodutiva da espécie se reflete na distribuição da oferta de leite de búfalas à indústria. No mercado brasileiro, a demanda por derivados lácteos é relativamente constante durante todo o ano, assim, alguns estabelecimentos, particularmente os que possuem rebanhos próprios, vêm buscando desestacionalizar as parições a fim de atingir maior regularidade na disponibilidade de matéria-prima durante todo o ano, através do uso de biotecnologias da reprodução (BERNADES, 2007).

## **2.2 Leite de Búfala**

No Brasil, entende-se por leite sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta em condições de higiene de fêmeas sadias, bem alimentadas e descansadas (BRASIL, 2011).

O leite é produto da secreção mamária composto por gordura, proteína, açúcares, minerais e vitaminas, além da água. Possui elevada importância (fluido ou processado) na alimentação humana, sendo considerado produto de alto valor biológico, devido a sua equilibrada composição em nutrientes. Alguns componentes do leite como as proteínas e ácidos graxos originam-se, em pequena parte do plasma sanguíneo em condição pré-formada e em maior proporção é sintetizada na glândula mamária, a partir de precursores oriundos do plasma sanguíneo. As vitaminas e minerais são pré-

formados do plasma sanguíneo, enquanto a lactose é sintetizada exclusivamente na glândula mamária (WALSTRA et al., 2001).

A presença de maiores quantidades de componentes de atividade biológica que contribuem para a imunidade da glândula mamária das búfalas tais como imunoglobulinas, lactoferrinas, lisozimas, lactoperoxidases, assim como de bactérias bifidogênicas fazem com que este leite seja mais aconselhado, em relação ao de origem bovina, na obtenção de produtos lácteos de boa qualidade e para o consumo humano (KARELLY et al., 2005). Este possui propriedades peculiares que permitem sua fácil identificação sob o ponto de vista nutricional e sensorial. Seu sabor é característico, ligeiramente adocicado e apresenta coloração branca devido à ausência quase que total de  $\beta$ -caroteno (KIRCHNER et al., 2005).

Nos últimos anos houve acentuado aumento na exploração da bubalinocultura para a produção de leite, que é caracterizado por apresentar elevado valor nutricional, maior teores de gordura, proteínas e minerais, podendo ser utilizado tanto para o consumo in natura como matéria-prima para elaboração de produtos lácteos que podem variar de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região. Assim, o grande diferencial do leite bubalino é seu rendimento em sólidos que supera consideravelmente o leite bovino (ARAÚJO et al., 2011).

Os teores médios dos componentes do leite de búfalas variam de acordo com os autores (Tabela 2). O teor de proteína do leite bubalino é maior que o observado em leite bovino. Em búfalos este varia entre 3,90 e 4,70%, e no leite bovino entre 3,3% e 3,9%.

**Tabela 2.** Composição química dos leites de vaca e búfala

Fonte	País	Componentes (%)			
		Leite de Búfala			
		Gordura	Proteína	Lactose	EST
Verruma & Salgado (1994)	Brasil	8,2	4,5	-	17,0
Campanile et al. (2007)	Itália	8,3	4,7	4,9	18,5
Caldeira et al. (2010)	Brasil	5,5	3,9	5,2	15,7
Mahmood & Usman (2010)	Paquistão	8,0	4,4	5,4	18,5
Ménard et al. (2010)	França	7,3	4,6	5,6	-
		Leite de Vaca			
Verruma & Salgado (1994)	Brasil	3,7	3,7	-	12,0
Gonzalez et al. (2004)	Brasil	3,7	3,0	4,5	12,2
Campanile et al. (2007)	Itália	3,5	3,3	4,7	12,2
Mahmood & Usman (2010)	Paquistão	4,0	3,9	4,5	12,9
Ménard et al. (2010)	França	4,1	3,4	4,9	-

A lactose, principal carboidrato no leite, é o componente que menos varia devido à sua osmolidade (FERNANDES et al., 2005), no entanto, comparado a diferentes pesquisas este variou entre 4,7 e 5,6% para o leite bubalino. Já em relação ao leite bovino, observou-se menor variação deste componente, com valores compreendendo entre 4,5 e 4,9%.

Para o teor de gordura do leite de búfalas, observa-se variação entre 5,50 e 8,20%, superando os valores encontrados para o leite de vaca (3,7%). Em países como Itália, França e Paquistão os percentuais de gordura do leite de búfalas foram, respectivamente, 8,3%; 8,0% e 7,3%. Para o leite de vaca, o teor de gordura variou de 3,5 a 4,1%.

O percentual de extrato seco total (EST) ou sólidos totais para o leite de búfala variou entre 15,70 e 18,50%. O leite de vaca apresentou em média 12,4% de EST, de acordo com relatos da literatura.

A gordura é o constituinte do leite que apresenta maior valor econômico, sendo utilizada na produção de derivados, melhorando a textura destes. Sob o ponto de vista nutricional, os lipídeos apresentam níveis apreciáveis de ácidos graxos essenciais ao organismo. A proporção de ácido graxo saturado/ácido graxo poli-insaturado é considerada nutricionalmente correta. O leite de búfala possui o dobro de ácido linoleico conjugado (ALC) do que o leite de vaca (ELIAS et al., 2004), com concentração chegando a 1,77%, em média (FERNANDES et al., 2005).

Os valores de acidez no leite bubalino são mais elevados que os encontrados no leite de bovinos. Isto ocorre devido ao elevado teor de caseína, que contém aminoácidos com características anfotéricas (TONHATI et al., 2009).

Quando submetidos à fermentação, alguns dos nutrientes (lactose, alguns minerais e ácidos graxos) do leite de búfala sofrem modificações bioquímicas, aumentando a digestibilidade e a absorção de proteínas, lipídeos e carboidratos necessários ao metabolismo humano, além de ser uma excelente fonte de calorías, principalmente para crianças (CUNHA NETO et al., 2005; ROSA, 2011).

A búfala tem grande potencial como animal para produção de leite quando comparada por a vaca. Vale ressaltar que, em regiões onde se desenvolve a bubalinocultura leiteira, o produtor recebe um valor diferenciado pelo litro de leite in natura de búfala, cerca de 40 a 50% a mais que o valor pago pelo leite de vaca (AMARAL & ESCRIVÃO, 2005).

Estima-se que a produção de leite de búfala no Brasil seja de mais de 92 milhões de litros de leite/ano, sendo metade destinada à industrialização (KISS, 2012), produzindo-se diversos tipos de produtos lácteos como queijos, requeijão, manteiga, iogurte, dentre outros. No entanto, a muçarela é o principal produto (BUZI et al., 2009), devido à tendência histórica de seu consumo (RODRIGUEZ et al., 2008).

### **2.3 Muçarela de Búfala**

A legislação vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, referente ao Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Mozzarella, Muzzarella ou Muçarela o define como o queijo obtido por filagem de massa acidificada, produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas (BRASIL, 1997).

A Muçarela é um queijo tradicionalmente feito a partir de leite bubalino integral, com elevado teor de gordura, o que lhe confere paladar delicado. É um tipo de queijo fresco de massa filada, originário no século XVI na região de Campana, sul da Itália. A região de Campana possui o selo de denominação de origem da muçarela e a fabricação da mesma é feita com a adição do fermento láctico, método tradicional de fabricação, ou ácidos orgânicos, metodologia recente, ao leite de búfala (TEIXEIRA et al., 2005).

No Brasil, a produção de muçarela, com leite de vaca, teve início na segunda metade do século XVIII com a colonização portuguesa, durante a corrida do ouro nas serras mineiras, quando o leite produzido pelos rebanhos destinados à alimentação dos colonizadores passou a ser utilizado nas fazendas. Com a vinda dos imigrantes italianos no início do século XX, iniciou-se a produção dos queijos tipo muçarela e parmesão. Mas, apenas em 1920, com a chegada dos primeiros dinamarqueses na região de Minas Gerais, que o mercado queijeiro passou a desenvolver-se de maneira acelerada (PRIMO, 1996).

Apesar da importância da pasteurização do leite para produção do queijo muçarela, na Itália, ainda hoje, a muçarela é elaborada a partir do leite bubalino cru com o propósito de não alterar o processo tecnológico, além de garantir as características sensoriais particulares e inerentes ao produto (BUZI et al., 2009). No Brasil, a muçarela se destaca como um dos principais queijos elaborados com leite de búfala, sendo

fabricado com leite de búfala pasteurizado, adaptando a tecnologia tradicional italiana (OLIVIERI, 2004).

Uma boa muçarela deve possuir uma crosta fina, consistência semi-dura, textura firme, fechada, coloração esbranquiçada, odor suave e sabor ligeiramente ácido (ALBUQUERQUE, 2003). Para a fabricação da muçarela de búfala estima-se que, para um rendimento otimizado, a relação entre os teores de gordura e proteínas no leite deve se apresentar próxima a 2:1 (CAMPANILE et al., 2007).

A elaboração da muçarela a partir do leite de búfala é justificada pela disponibilidade desse leite em determinadas regiões da América Latina e pelo seu alto valor nutritivo (TONHATI, 2002; DAMÉ, 2006). Assim como no leite, a muçarela de búfala apresenta maiores teores de gordura, proteína e EST. No entanto, Verruma et al. (1993) observaram mesmo percentual de proteína (34,0%) para os queijos muçarela de búfala e vaca (Tabela 3).

**Tabela 3.** Composição química das muçarelas de vaca e búfala

Fonte	País	Componentes (%)			
		Muçarela de Búfala			
		Gordura	Proteína	Umidade	EST
Verruma et al. (1993)	Brasil	44,1	34,0	48,0	52,0
Verruma-Bernardi et al. (2000)	Brasil	26,9	21,2	45,7	54,3
Sameen et al. (2008)*	Paquistão	17,3	15,1	50,5	-
El Owni & Osman (2009)	Sudão	25,7	23,3	45,5	54,5
Muçarela de Vaca					
Verruma et al. (1993)	Brasil	38,5	34,0	53,0	47,0
Sameen et al. (2008)*	Paquistão	16,5	14,8	52,5	-

\* Teor de gordura do leite padronizado em 3%.

Atualmente encontra-se no mercado muçarelas elaboradas somente com leite de búfala, outras com mistura de leites de búfala e vaca, além daquelas produzidas somente com leite de vaca. A incorporação do leite bovino no processamento da muçarela de búfala é permitida, contudo tal especificação deve estar contida no rótulo (BUZI et al., 2009), o que não é observado no mercado de lácteos brasileiro.

#### 2.4 Adulteração em Muçarela de Búfala

Estudos têm demonstrado que produtos lácteos durante décadas vêm sofrendo adulterações de diferentes formas: adição de água, soro, retirada de componentes,

mistura de leite de diferentes espécies, adição de espessantes, dentre outros (DIAS et al., 2009).

A garantia da autenticidade de produtos alimentícios, como os contendo leite e/ou proteínas lácteas, tornou-se um problema global. Assim, faz-se necessário detectar a comercialização de produtos rotulados de maneira fraudulenta e de qualidade inferior no mercado, quer por razões econômicas, quer por razões de saúde pública (VELOSO et al., 2002).

A garantia de que o consumidor está comprando o que descreve o rótulo do produto em termos de qualidade microbiológica, química, física e econômica, é desempenhado pelo Código de Defesa do Consumidor. Com este, o consumidor ganha proteção à vida e à saúde, proteção contra a publicidade enganosa e abusiva, garantia de indenização, acesso à justiça e à informação (BRASIL, 1990; DIAS, 2009).

São considerados matérias-primas ou produtos fraudados aqueles que apresentem modificações espontâneas ou propositais de natureza física, química ou biológica decorrentes de tratamento tecnológico inadequado, por negligência ou por falta de conhecimento da legislação pertinente, que alteram características sensoriais, ou sua composição intrínseca, comprometendo seu valor nutritivo e até mesmo a sua inocuidade (BRASIL, 2007). Assim, nas embalagens, a origem dos ingredientes utilizados para a fabricação deve ser relatada, pois a adição não mencionada destes fere o direito do consumidor e a legislação vigente (DIAS et al., 2009).

Para laticínios especializados na fabricação da muçarela de búfala, a diminuição de leite de búfala durante o período de maior demanda no mercado compromete a entrega de produtos e fidelização dos clientes, ocorrendo muitas vezes à adição fraudulenta de leite de outras espécies (VIEIRA et al., 2009).

Na Europa, a identificação das espécies cujo leite é utilizado para elaboração dos produtos lácteos é importante no rastreamento de alimentos e controle de fraude. Estes dois aspectos são relevantes para a Denominação de Origem Protegida (DOP) que são estabelecidas e reguladas pelas leis da União Europeia (UE). A Itália possui muitos produtos lácteos com DOP, dentre eles a muçarela de búfala campana, que apresenta atividade de grande relevância econômica na região e que deve ser fabricada exclusivamente com leite de búfala. Caso seja identificado leite de vaca em um produto rotulado como “muçarela de búfala campana”, o mesmo será considerado como fraude (DALMASSO et al., 2011).

No Brasil, no sentido de se inibir a fraude em muçarela bubalina levou a Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos (ABCB) a implantar em 2001 o “Selo de Pureza”, com objetivo de proteger o consumidor e fomentar e proteger a bubalinocultura das fraudes cometidas pelas industriais que substituem o leite de búfala pelo de vaca (MARCHIORI, 2006).

Atualmente, nove laticínios possuem o selo de pureza da ABCB, seis no estado de São Paulo e os demais distribuídos entre os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Norte e Bahia (SOUZA, 2008). A industrialização do leite de búfala nos laticínios que aderiram ao selo de pureza cresceu mais de 30% em 2008, comparado ao ano de 2007, indicando produção de 31 milhões de litros de leite e 5,2 milhões de quilos de muçarela (ABCB, 2010).

O custo da muçarela de búfala é geralmente cerca de 20-50% mais elevado do que a muçarela elaborada com leite de vaca, e essa diferença se torna um estímulo para que os laticínios fraudem esse tipo de queijo a partir da mistura destes dois leites (LOCCI et al., 2008). O consumidor deve ficar atento ao comprar a muçarela de búfala que apresenta coloração branca e brilhante, já o adicionado com leite bovino possui uma coloração amarelada que muitas vezes é disfarçada com o uso de branqueadores. A autêntica muçarela de búfala deve ter aroma de leite fresco, sabor suave e levemente adocicado (KISS, 2012).

A garantia de autenticidade dos derivados lácteos de búfala é fornecida por uma equipe técnica que efetua visitas aos laticínios e pontos de venda, coletando amostras para avaliação feita em laboratórios credenciados que utilizam o método aprovado pelas autoridades europeias para detecção de caseína de leite de bovino (DIAS, 2009).

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da inclusão de leite de vaca no processamento da muçarela de búfala sobre sua qualidade nutricional.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar queijo muçarela de búfala (tratamento controle), de vaca e muçarela de búfala com inclusão de leite de vaca;
- Avaliar a composição centesimal (proteína, gordura, lactose, umidade, EST, ESD), características físicas (densidade, acidez e pH), composição de ácidos graxos, índices de qualidade nutricional e colesterol dos leites de búfala em comparação ao de vaca e das misturas de leites;
- Avaliar a composição centesimal (proteína, gordura, umidade, cinzas, EST), pH, composição de ácidos graxos, índices de qualidade nutricional, colesterol, capacidade de derretimento e rendimento dos queijos muçarela de búfala em comparação ao de vaca e da muçarela de búfala com inclusão de leite bovino;
- Analisar a qualidade instrumental (textura e cor) dos queijos muçarela de búfala em comparação ao de vaca e da muçarela de búfala com inclusão de bovino.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido em um Laticínio na cidade de Itapetinga – BA, no período de abril a junho de 2012. As análises físicas e de composição centesimal, das amostras de leite e queijo foram realizadas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus de Itapetinga-BA, nos Laboratórios de Processamento de Leite e Derivados, Engenharia e Processos e no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias, e a análise de ácidos graxos e colesterol no Centro de Análises Cromatográficas.

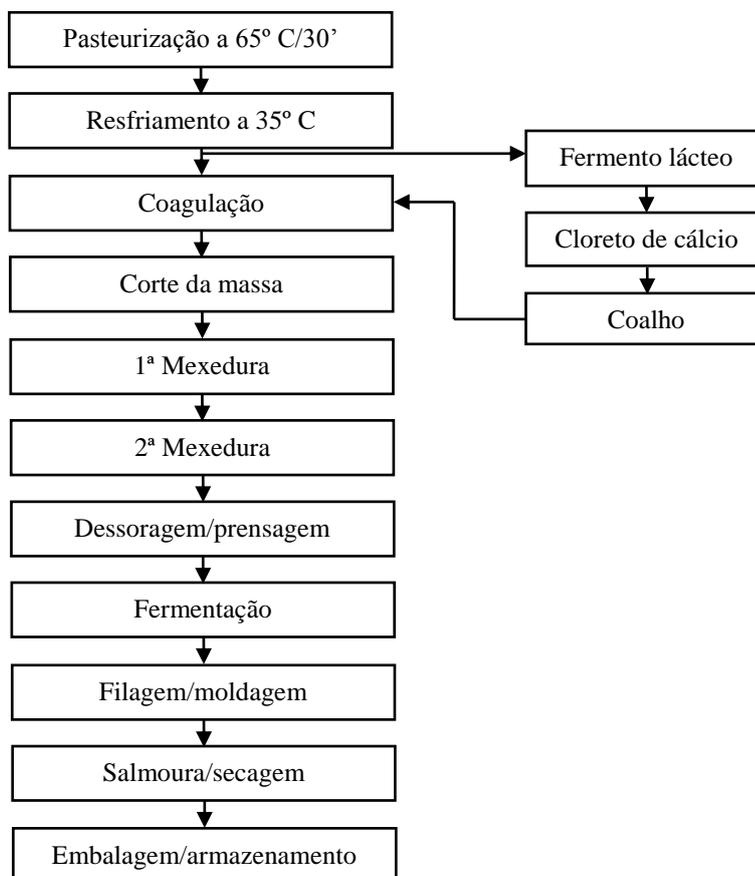
### 4.2 Obtenção da Matéria-Prima

As amostras de leite foram coletadas de abril a junho de 2012, no período da manhã. O leite bubalino foi adquirido em uma fazenda localizada no Município de Maiquinique – BA sob o sistema de ordenha manual de fêmeas bubalinas mestiças Jafarabadi x Murrah, alimentadas a pasto (*Brachiaria decumbens*), no período inicial de lactação. O leite bovino foi obtido no Setor de Bovinocultura de Leite da UESB, campus de Itapetinga – BA, por meio de ordenha mecânica de vacas mestiça Holandês x Zebu, alimentadas a pasto (*Brachiaria decumbens*) com suplementação comercial, ambos em condições higiênico-sanitárias adequadas. Após a ordenha, as amostras de leite das duas espécies foram armazenadas em recipientes, previamente higienizados, e transportadas para o laticínio para o processamento do queijo muçarela, no mesmo dia.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por níveis de inclusão de leite de vaca (0, 10, 20, 30, 40 e 50%) no processamento do queijo muçarela de búfala, sendo o tratamento 0% composto apenas por leite de búfala (controle). A partir do leite de vaca também foram obtidas amostras de queijos muçarela bovino para comparação com a muçarela de búfala. O volume de leite utilizado para cada tratamento foi de 30 litros, com padronização do leite de búfala em aproximadamente 4,0% de gordura devido à utilização do creme na fabricação de manteiga, mantendo o teor de gordura do leite de búfala próximo ao de vaca. Foram coletadas alíquotas de leite das duas espécies e das misturas com diferentes proporções (10, 20, 30, 40 e 50%) e encaminhadas para o Laboratório de Processamento de Leite e Derivados para posteriores análises.

### 4.3 Processamento do Queijo Muçarela

Para a fabricação do queijo (Figura 1), o leite foi pasteurizado a 65°C/30 minutos, sob agitação constante, em tanque de dupla parede, com posterior resfriamento a 35°C. Após adição dos ingredientes (fermento lácteo, cloreto de cálcio e coalho) e repouso de 40 minutos ocorreu a formação do coalho (massa), que foi cortado no sentido vertical e depois horizontal com o auxílio de uma lira. Procedeu-se lentamente a 1ª mexedura da massa durante 20 minutos e depois uma 2ª mexedura a 42°C até se obter a massa cozida e firme. Efetuou-se a remoção do soro, com posterior prensagem da massa durante 15 minutos. Após este tempo, a massa foi dividida em blocos, os quais permaneceram em repouso até atingir fermentação adequada para filagem (pH 4,9-5,1). Atingindo-se este ponto, a massa foi fatiada, filada em água quente a 80°C, cortada e moldada em fôrmas próprias para queijo muçarela até total remoção do soro. Assim, procedeu-se a salga dos queijos em salmoura a 20% com temperatura de 12°C durante 30 minutos com posterior secagem em câmara fria, durante 12 horas. Em seguida, os queijos foram embalados a vácuo em embalagens de polietileno e armazenados a 4°C.



**Figura 1.** Fluxograma de produção do queijo muçarela de búfala e vaca

Os queijos muçarela das duas espécies e das misturas com diferentes proporções de leite de vaca foram encaminhados para o Laboratório de Processamento de Leite e Derivados para posteriores análises laboratoriais realizadas após quatro dias de armazenamento.

#### **4.4 Análises do Leite**

Foram realizadas, em triplicata, análises físicas de pH, acidez titulável (°D) e densidade (g/mL), a 15°C, pelo termolactodensímetro de Quevenne. Para as análises de composição centesimal, foram determinados os percentuais de gordura pelo método Gerber; nitrogênio total (NT) pelo método Kjeldahl utilizando-se fator de conversão de 6,38 para o cálculo da proteína total; lactose estimada pelo método de redução de Fehling; extrato seco total (EST) determinado através de método gravimétrico, extrato seco desengordurado (ESD) estimado pela diferença entre o EST e o percentual de gordura e umidade estimado pela diferença entre o EST e 100% (BRASIL, 2006).

#### **4.5 Análises do Queijo Muçarela**

##### ***4.5.1 Composição Centesimal***

Para a composição centesimal do queijo muçarela determinou-se, em triplicata, os percentuais de umidade pelo método gravimétrico em estufa a 105°C e teor de cinzas em mufla a 550°C. O percentual de gordura foi realizado pelo método Gerber, o teor de nitrogênio total (NT) pelo método Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão de 6,38 para o cálculo da proteína total e EST estimado pela diferença entre o EST e percentual de umidade (BRASIL, 2006).

##### ***4.5.2 Análises Físicas***

###### ***4.5.2.1 Determinação do pH***

A determinação do pH foi realizada por meio de pHmetro modelo QUIMIS, calibrado com soluções tampões pH 4,0 e pH 7,0 de acordo com Brasil (2006).

###### ***4.5.2.2 Determinação da Cor Instrumental***

A determinação da cor instrumental foi avaliada, em triplicata, em colorímetro modelo Colorquest XE (HunterLab) conectado a um computador provido de sistemas software universal, previamente calibrado em uma superfície branca e preta. Utilizou-se o sistema CIE L\*a\*b\* (CIE, 1996), por meio da qual foram medidas as coordenadas: L\*, representando a luminosidade em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco); coordenada de cromaticidade a\* que representa uma escala de tonalidade variando de vermelho (0+a) a verde (0-a) e coordenada de cromaticidade b\* que representa uma escala de amarelo (0+b) a azul (0-b).

#### ***4.5.2.3 Perfil de Textura Instrumental***

A análise do perfil de textura instrumental foi determinada utilizando-se texturômetro TA. HD plus (Stable Micro Systems), ajustado com uma célula de carga de 50 Kg, com uso de Probe cilíndrica de 100 mm (P100). Para a análise dos queijos, com uso de um cilindro (22 mm de diâmetro x 26 mm) retirou-se amostras, a 20°C, desprezando-se as bordas. A avaliação foi realizada por meio de teste de dupla compressão das amostras, em que foram empregados os seguintes parâmetros: velocidade pré-teste de 1,0 mm/s; velocidade teste de 2,0 mm/s; velocidade pós-teste de 2,0 mm/s e taxa de deformação de 70%, com o tempo de 5 segundos de espera entre o 1º e 2º ciclo de compressão. Os dados foram coletados por meio de um Software Texture Exponent Versão 3.2 e a leitura dos atributos de textura foi realizada em nove replicatas, para cada tratamento. Foram analisados os atributos primários de dureza, coesividade e elasticidade, e o atributo secundário mastigabilidade.

#### ***4.5.3 Capacidade de Derretimento***

A capacidade de derretimento dos queijos foi realizada por meio da adaptação do método de Schreiber's para queijo processado (PIZAIA et al., 2003). Com o auxílio de um cilindro de 36,0 mm de diâmetro cortou-se a amostra em fatias de 7,0 mm de espessura, desprezando-se a primeira e a última fatia. Cada fatia foi colocada no centro de uma placa de petri, tampada e deixada à temperatura ambiente por 30 minutos. As placas foram previamente marcadas com quatro linhas dispostas em ângulos de 45°. O diâmetro de cada amostra foi calculado como a média dos diâmetros, nas quatro direções, medidos antes e após o derretimento por 7 minutos em estufa a 105°C. Todas

as análises foram feitas em triplicata. A partir dos diâmetros médios, calculou-se o percentual (%) de derretimento das fatias de queijo, segundo a Equação 1:

$$\%CD = \frac{A_f - A_i}{A_i} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

CD = capacidade de derretimento;

$A_f$  = área da fatia após o derretimento (calculada com o diâmetro médio);

$A_i$  = área da fatia antes do derretimento (calculada com o diâmetro médio).

#### **4.5.4 Avaliação do Rendimento**

A avaliação do rendimento bruto da obtenção dos queijos muçarela nos diferentes tratamentos foi determinado de acordo com Yunes & Benedet (2000), a partir da Equação 2:

$$\%R = \frac{P_q}{P_f} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

R = rendimento bruto;

$P_q$  = peso do queijo processado;

$P_f$  = peso da formulação (leite acrescido dos ingredientes).

### **4.6 Análise Lipídica**

#### **4.6.1 Ácidos Graxos**

##### **4.6.1.1 Extração de Lipídios Totais**

Os lipídios totais das amostras de leite foram extraídos com clorofórmio, metanol e água (2:1:0,8) de acordo com metodologia descrita por Folch et al. (1957). Os lipídios das amostras de queijo foram extraídos de acordo com metodologia proposta por Bligh & Dyer (1959) com clorofórmio, metanol e água.

##### **4.6.1.2 Preparação de Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos**

Os lipídios extraídos das amostras de leite e queijo foram submetidos à preparação de ésteres metílicos de ácidos graxos, conforme procedimento descrito por Bannon et al. (1982) com modificações descritas por Simionato et al. (2010).

Adicionou-se 5,0 mL de solução de metóxido de sódio 0,25 mol/L em metanol-dietil éter (1:1), em tubo de tampa rosqueável com aproximadamente 150 mg de lipídios, agitando-se por 3 minutos. À mistura, foram adicionados 2,0 mL de iso-octano e 10,0 mL de solução saturada de NaCl. O tubo foi novamente agitado e deixado em repouso para separação das fases, o sobrenadante foi transferido para frascos eppendorf devidamente identificados, para posterior análise cromatográfica.

#### ***4.6.1.3 Análise Cromatográfica dos Ésteres de Ácidos Graxos***

Os ésteres de ácidos graxos foram analisados em cromatógrafo a gás Thermo Finnigan, modelo Trace-GC-Ultra, equipado com Detector de Ionização de Chama (DIC) e coluna capilar de sílica fundida BPX-70 (120 m, 0,25 mm d.i). As vazões dos gases (White Martins) foram de 6,5 mL.min<sup>-1</sup> para o gás de arraste (H<sub>2</sub>); 30 mL.min<sup>-1</sup> para o gás auxiliar (N<sub>2</sub>); 30 mL.min<sup>-1</sup> para o H<sub>2</sub> e 250 mL.min<sup>-1</sup> para o ar sintético da chama. A razão da divisão da amostra foi de 90:10.

Os parâmetros de funcionamento foram estabelecidos após verificação da condição de melhor resolução. As temperaturas do injetor e detector foram 250°C e 280°C, respectivamente. A temperatura da coluna foi programada a 140°C por 10 minutos, seguido por uma primeira rampa de 15°C/min até atingir 200°C, permanecendo por 1 minuto. A segunda rampa foi de 10°C/min até atingir 230°C, permanecendo 1 minuto nesta temperatura. A terceira rampa de 0,4°C/min até atingir 233°C por 3 minutos. A última rampa foi de 0,5°C/min até atingir 238°C por 2 minutos. O tempo total de análise foi de 41,50 minutos. Os volumes das injeções foram de 1,2 µL. As áreas dos picos dos ésteres metílicos de ácidos graxos foram determinadas através do software ChromQuest 4.1.

#### ***4.6.1.4 Identificação dos Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos***

A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada após verificação do Comprimento Equivalente de Cadeia (CEC) dos picos (Visentainer & Franco, 2006), avaliação da resposta do Detector de Ionização de Chamas (DIC) e comparação dos tempos de retenção de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos

contendo os isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12 do ácido linoléico (189-19, O-5632 e O-5626, Sigma, EUA), conforme Costa et al. (2011).

#### 4.6.1.5 Análise Quantitativa dos Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos

A quantificação de ácidos graxos, em  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de lipídios totais, foi realizada utilizando-se padrão interno tricosanoato de metila (23:0) (Sigma, EUA). Após a pesagem dos lipídios ( $\approx 150$  mg) para transesterificação foram adicionados a todas as amostras, com auxílio de uma micropipeta,  $1000 \mu\text{L}$  da solução de padrão interno com concentração conhecida ( $1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ). Para a quantificação foram utilizados os fatores de resposta teóricos, após verificação da concordância destes valores com os experimentais (COSTA et al., 2011).

As concentrações dos ácidos graxos ( $C_x$ ) presentes na amostra foram obtidas conforme Joseph & Ackman (1992), através da Equação 3.

$$C_x = \frac{A_x \cdot M_p \cdot FR}{A_p \cdot M_a \cdot FC} \quad (3)$$

Em que:

$A_x$  = área dos ésteres metílicos dos ácidos graxos;

$A_p$  = área do padrão interno;

$M_p$  = massa do padrão interno adicionado à amostra (mg);

$M_a$  = massa da amostra (g);

FR = Fator de Resposta;

FC = Fator de Conversão Éster Metílico para ácidos graxos.

#### 4.6.1.6 Índice de Qualidade Nutricional dos Lipídios

A qualidade nutricional da fração lipídica do leite in natura e dos queijos foi avaliada através do Índice de Aterogenicidade (IA), Índice de Trombogenicidade (IT) e Ácidos Graxos Desejáveis (AGD), a partir dos resultados obtidos para as análises dos ácidos graxos encontrados nas amostras, segundo as Equações 4, 5 e 6 respectivamente (ULBRICHT & SOUTHGATE, 1991).

$$IA = \frac{12:0 + (4 \cdot 14:0) + 16:0}{\sum AGMI + \sum n - 6 + \sum n - 3} \quad (4)$$

$$IT = \frac{14:0 + 16:0 + 18:0}{(0,5 \cdot \Sigma AGM) + (0,5 \cdot \Sigma n - 6) + (3 \cdot \Sigma n - 3) + (\Sigma n - 3 / \Sigma n - 6)} \quad (5)$$

$$AGD = C18:0 + AGPI + AGMI \quad (6)$$

Em que:

$\Sigma AGMI$  = Somatório de Ácidos Graxos Monoinsaturados;

$\Sigma n-6$  = somatório dos ácidos graxos da família ômega-6;

$\Sigma n-3$  = somatório dos ácidos graxos da família ômega-3;

$\Sigma n-3 / \Sigma n-6$  = relação dos ácidos graxos da família ômega 6 e 3;

AGPI = Ácidos Graxos Poli-insaturados;

AGMI = Ácidos Graxos Monoinsaturados.

#### **4.6.2 Colesterol**

##### **4.6.2.1 Extração do Colesterol**

A extração do colesterol foi realizada, em triplicata, através da saponificação direta das amostras e posterior extração com hexano, de acordo com metodologia descrita por Saldanha et al. (2004), com modificações propostas por Saldanha et al. (2006).

Para obtenção da matéria insaponificável das amostras de leite, utilizou-se 10 mL da amostra e em seguida adicionou-se 8 mL de solução aquosa de KOH 50% (p/v) e 12 mL de álcool etílico P. A. Posteriormente, agitou-se a mistura em vórtex por um 1 minuto, deixando-a em repouso no escuro à temperatura ambiente durante 22 horas. Após este tempo, acrescentou-se 10 mL de água destilada e 10 mL de hexano P. A. procedendo-se uma nova agitação em vórtex por 5 minutos. Após completa separação das fases, a fase hexânica foi coletada e evaporada em evaporador rotativo à temperatura ambiente. O resíduo obtido foi diluído em 2,0 mL de acetonitrila e isoproponal na proporção de 95:5 (fase móvel). O resíduo diluído na fase móvel foi filtrado em filtro de seringa com diâmetro de 0,45  $\mu$ m, o qual foi armazenado em frascos eppendorf devidamente identificados para posterior análise em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC - High Performance Liquid Chromatography) com Detector de Arranjo de Diodos (DAD).

Para extração da matéria insaponificável das amostras de queijo muçarela, tomou-se 0,5 g da amostra seguindo o mesmo procedimento da extração do leite. Utilizando-se 4,0 mL de solução aquosa de KOH 50% (p/v), 6,0 mL de álcool etílico P. A., 5,0 mL de água destilada, 10 mL de hexano P. A. e 2,0 mL de fase móvel.

#### **4.6.2.2 Análise Cromatográfica**

Para análise das amostras, foi utilizado um cromatógrafo líquido Shimadzu, com sistema quaternário de solventes, válvula de injeção com alça de amostragem de 20  $\mu\text{L}$ , forno de coluna e detector de arranjo de diodos. O colesterol foi separado em coluna analítica  $\text{C}_{18}$  (15 cm x 6 mm di x 5mm). Como fase móvel utilizou-se solventes de grau cromatográfico, filtrados e degaseificados antes do uso, acetronitrila e isopropanol na proporção de 95:05 (v/v) na vazão de 20  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , sendo a temperatura do forno ajustada para 35°C e o tempo de análise de 20 min. Os cromatogramas foram processados a 202 nm e a identificação do colesterol foi realizada tentativamente através da comparação do tempo de retenção dos picos das amostras com o do padrão, colesterol (*Cholesterol*, cód. C8667) da Sigma-Aldrich® e também pelo comprimento de onda característico de cada substância.

#### **4.6.2.3 Análise Quantitativa do Colesterol**

A quantificação do colesterol foi feita por meio de padronização externa (RIBANI et al., 2004). As curvas de quantificação foram construídas com os dados obtidos pela injeção das soluções padrão e dos controles (sem fortificação) e a quantidade de colesterol foi calculada utilizando-se as equações das retas.

### **4.7 Análises Estatísticas**

Os dados obtidos para o leite de búfala e vaca, bem como para a muçarela de búfala e vaca, foram analisados por meio de Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste F, adotando-se  $\alpha = 0,05$ . Os resultados obtidos para os tratamentos com diferentes proporções de leite de vaca e tratamento controle (TC) foram interpretados por meio de ANOVA e análise de regressão. Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com o nível de significância e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) através do Teste F, adotando-se  $\alpha = 0,05$ . Utilizou-se o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.1. (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análises do Leite

#### 5.1.1 Composição Centesimal e Características Físicas

Verificou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre os leites avaliados quanto aos valores de densidade, gordura, umidade, ESD, EST, proteína e lactose, observando-se valores superiores para o leite de búfala parcialmente desnatado (redução da gordura), exceto para o teor de umidade (Tabela 4). Mahmood & Usman (2010) estudaram a composição do leite de diferentes espécies e observaram superioridade do teor de sólidos totais do leite de búfala em comparação ao leite de vaca, atribuindo a diferença ao maior percentual em gordura, proteína e lactose do leite de búfalas, corroborando os dados obtidos no presente estudo. O maior teor de umidade observado no leite de vaca pode estar relacionado ao menor valor dos demais componentes do leite.

**Tabela 4** – Características físicas e composição centesimal dos leites de búfala e vaca

Variáveis	Leite in natura		CV (%)
	Búfala	Vaca	
pH	6,72 <sup>a</sup> ± 0,06	6,69 <sup>a</sup> ± 0,02	1,03
Acidez (°D)	15 <sup>a</sup> ± 1,41	15 <sup>a</sup> ± 1,31	3,12
Densidade a 15°C (g/mL)	1,029 <sup>a</sup> ± 0,01	1,028 <sup>b</sup> ± 0,02	0,42
Gordura (%)	4,26 <sup>a</sup> ± 0,71	4,05 <sup>b</sup> ± 0,04	1,52
Proteína (%)	3,05 <sup>a</sup> ± 0,21	2,92 <sup>b</sup> ± 0,04	1,67
Lactose (%)	4,27 <sup>a</sup> ± 0,26	4,14 <sup>b</sup> ± 0,05	1,70
Umidade (%)	86,53 <sup>b</sup> ± 0,23	87,82 <sup>a</sup> ± 0,02	0,22
ESD (%)	8,21 <sup>a</sup> ± 0,41	7,97 <sup>b</sup> ± 0,11	1,74
EST (%)	12,47 <sup>a</sup> ± 0,29	12,02 <sup>b</sup> ± 0,12	1,41

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F ( $P < 0,05$ ); CV = Coeficiente de Variação; ESD = Extrato Seco Desengordurado; EST = Sólidos Totais ou Extrato Seco Total.

Maiores teores de gordura, proteína e lactose para o leite bubalino também foram observados por Ménard et al. (2010) e Ahmad et al. (2008) ao avaliarem a composição química do leite de búfala em relação ao de vaca. Segundo Ménard et al. (2010), embora o leite de búfala apresente elevado valor nutricional e energético, existem poucas informações na literatura sobre a composição química e características físicas destes, quando comparado ao leite bovino.

Os resultados encontrados para pH, densidade, acidez, gordura e ESD do leite de búfalas estão em conformidade com o estabelecido pelo Estado de São Paulo, que preconiza limites de 6,40 a 6,90; 1,028 a 1,034g/mL; 14 a 23°D; mín. 4,5% e mín. 8,57%, respectivamente (SÃO PAULO, 1994).

Assim como a proteína bruta, a gordura é um dos componentes do leite que influenciam o teor de sólidos totais, além de conferir aos produtos lácteos características sensoriais importantes e apresentar propriedades que possibilitem seu uso diversificado nas indústrias.

Para o teor de proteína bruta (PB) no leite de búfalas, verificou-se valor de 3,05%. Resultados superiores de PB foram encontrados por Fernandes et al. (2005) e Caldeira et al. (2010), que ao estudarem animais da raça Murrah encontraram valores médios de 4,20% e 3,88%, respectivamente.

O teor de lactose (4,27%) no leite de búfalas apresentou valores abaixo do encontrado na literatura, que variam entre 4,86% (FERNANDES et al., 2005) e 5,17% (CALDEIRA et al., 2010). De acordo com Abughazaleh et al. (2002), a lactose é o constituinte do leite que menos varia por estar sujeita à regulação endócrina e, principalmente, por ser o principal agente osmótico envolvido na secreção do leite.

Segundo Amaral et al. (2005), os componentes do leite de búfalas podem variar em função de fatores ambientais como estação do ano e nutrição, além de fatores como raça, idade e estágio de lactação, causas estas não avaliadas no presente estudo. Contudo, o sistema de produção do qual o leite se origina é caracterizado por exploração a pasto, sem adubação. Assim, a qualidade nutricional das forrageiras é baixa, visto que o momento da colheita das amostras de leite coincidiu com o período seco, no qual as gramíneas apresentam queda em seu valor nutricional.

Em relação ao leite de vaca, os valores obtidos para densidade, acidez, gordura e proteína estão de acordo com a Instrução Normativa N° 62 que indica valores de 1,028 a 1,030 g/mL; 14 a 18°D; mín. 3,0% e mín. 2,9%, respectivamente. O teor médio de ESD encontra-se abaixo do mínimo (8,4%) estabelecido pela legislação (BRASIL, 2011). Para o teor de proteína do leite observado apesar de se encontrar em conformidade com a legislação (2,92%), está baixo o que possivelmente pode ter influenciado o menor valor de sólidos totais. Por sua vez, o teor de gordura do leite de vaca encontra-se acima (4,05%) do observado na literatura que variam entre 2,90% (OLIVEIRA et al., 2007) e 3,69% (GONZALEZ et al., 2004).

As variáveis pH, acidez, densidade, gordura, ESD, lactose e proteína das misturas de leite in natura não foram afetadas ( $P>0,05$ ) pela adição de leite de vaca (Tabela 5). Ao estudarem a influência de diferentes fontes de leite na composição química e características físicas da muçarela de búfala, Sameen et al. (2010) observaram variação nos valores de proteína, lactose, gordura, acidez e pH do leite de búfalas adicionado de leite bovino na proporção de 1:1 (50%), diferente do observado neste estudo.

**Tabela 5** – Características físicas e composição centesimal do leite de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Variáveis	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
pH	6,72	6,48	6,80	6,77	6,76	6,86	2,89	ns	ns	ns
Acidez (°D)	15	15	14	14	14	16	11,86	ns	ns	ns
Densidade (g/mL)	1,029	1,029	1,029	1,027	1,027	1,028	0,77	ns	ns	ns
Gordura (%)	4,26	3,93	3,73	3,70	3,64	3,47	12,90	ns	ns	ns
Proteína (%)	3,05	3,04	3,02	2,79	2,77	2,92	5,12	ns	ns	ns
Lactose (%)	4,27	4,34	4,31	3,98	3,95	4,25	5,92	ns	ns	ns
Umidade (%) <sup>2</sup>	86,53	87,73	88,07	88,64	88,68	88,70	0,46	0,003	ns	ns
ESD (%)	8,21	8,34	8,26	7,66	7,60	8,16	5,63	ns	ns	ns
EST (%) <sup>3</sup>	12,47	12,27	11,93	11,36	11,32	11,30	3,56	0,003	ns	ns

<sup>1</sup>ns = não-significativo ( $P>0,05$ ); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup> $\hat{Y} = 0,0265X + 87,563$  ( $R^2 = 0,73$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,0226X + 12,381$  ( $R^2 = 0,73$ ); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle); ESD = Extrato Seco Desengordurado; EST = Extrato Seco Total.

A semelhança nos resultados quanto ao teor de gordura dos tratamentos avaliados, pode ser justificada pela retirada parcial da gordura do leite de búfalas, durante a fabricação dos queijos, uma vez que as análises foram realizadas após o desnate parcial do leite, e do elevado teor de gordura do leite bovino utilizado no experimento, oriundo de animais mestiço Holandês x Zebu.

Verificou-se efeito linear crescente e decrescente ( $P<0,05$ ) para os teores de umidade e EST, respectivamente, a partir do aumento de inclusão de leite de vaca. O comportamento nos valores de umidade pode ser explicado pela variação dos teores de sólidos totais, que englobam todos os componentes do leite exceto a água, provocando modificação no balanço dos componentes. O aumento do percentual de umidade ao misturar o leite das duas espécies também foi observado por Sameen et al. (2010).

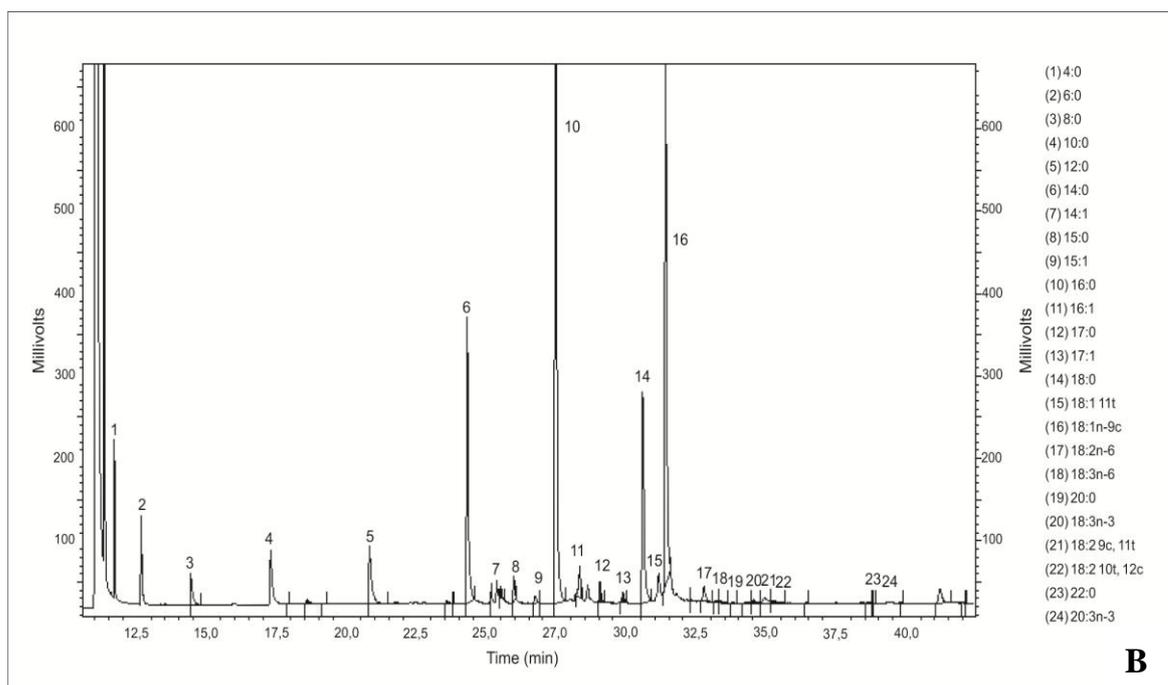
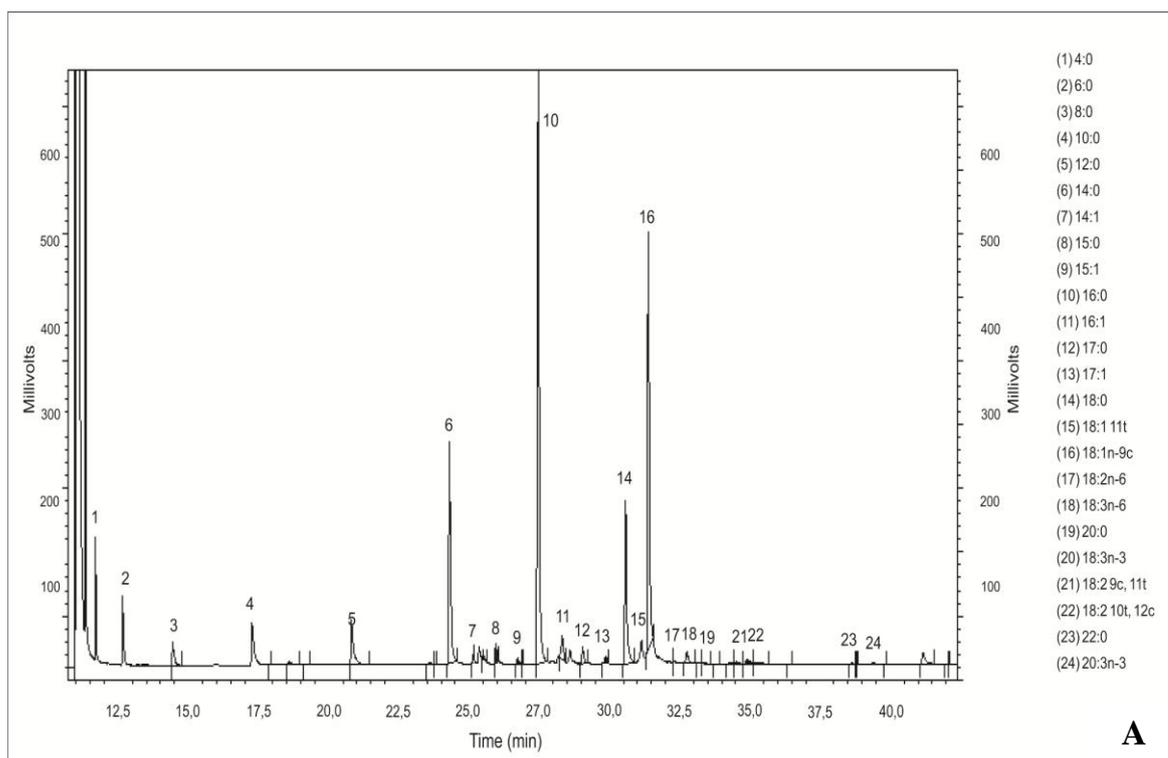
Segundo Araújo et al. (2011), o grande diferencial do leite bubalino é seu rendimento em sólidos, que supera o leite bovino. Assim, com a adição de leite de vaca em diferentes proporções reduziu o teor de sólidos totais. Como observado, o leite de búfala apresentou menor teor de umidade e maior teor de EST (Tabela 4). À medida que o leite bovino foi adicionado verificou-se redução no teor de sólidos totais e aumento do percentual de umidade.

### **5.1.2 Composição de Ácidos Graxos**

Foram identificados e quantificados 24 ácidos graxos presentes na gordura dos leites de búfala e vaca (Figura 2), sendo a diferença entre eles de aproximadamente 46%. Os valores médios obtidos para os ácidos graxos das amostras foram agrupados conforme o grau de saturação. Observou-se que o ácido palmítico (16:0), ácido oleico (18:1n-9c), ácido mirístico (14:0) e ácido esteárico (18:0) foram os ácidos graxos que mais contribuíram para a composição lipídica dos leites in natura de búfala e vaca (Tabela 6), fato este também verificado em estudo realizado por Ménard et al. (2010) ao avaliarem a composição de AG dos leites bovino e bubalino.

O ácido butírico (4:0), ácido caprílico (8:0), ácido mirístico (14:0), ácido palmítico (16:0), ácido margárico (17:0), ácido esteárico (18:0), ácido araquídico (20:0) e ácido behênico (22:0) foram os ácidos graxos saturados (AGS) que apresentaram diferença ( $P < 0,05$ ) entre os leites in natura de búfala e vaca, dentre estes, os ácidos mirístico, palmítico e láurico possuem maior efeito hipercolesterolêmico ou aterogênico, com efeito, mais pronunciado para o ácido mirístico (HU et al. 2001).

O teor do ácido palmítico (16:0) foi significativamente maior no leite de búfalas. Por outro lado, os teores de ácido láurico (12:0) e ácido mirístico (14:0) foram mais elevados no leite de vacas. Estes resultados poderão refletir no índice de aterogenicidade, uma vez que o ácido mirístico, segundo Turan et al. (2007), possui ação aterogênica quatro vezes maior que os outros dois ácidos.



**Figura 2** - Cromatograma das amostras de leite de búfala (A) e leite de vaca (B)

**Tabela 6** – Quantidade de ácidos graxos, em mg.g<sup>-1</sup> de lipídios, presentes nos leites de búfala e vaca

Ácidos Graxos	Leite in natura		CV (%)
	Búfala	Vaca	
<b>Saturados</b>			
4:0	53,34 <sup>a</sup> ± 0,43	30,85 <sup>b</sup> ± 0,04	3,10
6:0	23,28 <sup>a</sup> ± 0,50	23,09 <sup>a</sup> ± 0,38	4,65
8:0	10,12 <sup>b</sup> ± 0,79	13,49 <sup>a</sup> ± 0,30	5,39
10:0	14,71 <sup>a</sup> ± 0,17	15,54 <sup>a</sup> ± 0,21	13,53
12:0	27,68 <sup>a</sup> ± 0,61	32,44 <sup>a</sup> ± 0,75	12,29
14:0	128,90 <sup>b</sup> ± 0,72	130,78 <sup>a</sup> ± 0,57	2,34
15:0	13,76 <sup>a</sup> ± 0,85	10,35 <sup>a</sup> ± 0,29	9,09
16:0	392,85 <sup>a</sup> ± 0,87	289,75 <sup>b</sup> ± 0,54	2,07
17:0	10,26 <sup>a</sup> ± 0,73	6,85 <sup>b</sup> ± 0,67	10,61
18:0	108,05 <sup>b</sup> ± 0,28	138,73 <sup>a</sup> ± 0,12	3,77
20:0	2,02 <sup>a</sup> ± 0,28	1,22 <sup>b</sup> ± 0,09	10,27
22:0	1,01 <sup>a</sup> ± 0,09	0,55 <sup>b</sup> ± 0,02	8,80
<b>Monoinsaturados</b>			
14:1	7,34 <sup>a</sup> ± 0,24	4,22 <sup>b</sup> ± 0,12	2,16
15:1	3,69 <sup>a</sup> ± 0,12	3,07 <sup>a</sup> ± 0,04	10,85
16:1	18,58 <sup>a</sup> ± 0,10	17,24 <sup>a</sup> ± 0,67	16,39
17:1	3,98 <sup>a</sup> ± 0,34	3,83 <sup>a</sup> ± 0,02	13,55
18:1 11t	22,51 <sup>a</sup> ± 0,42	13,13 <sup>b</sup> ± 0,39	15,87
18:1n-9c	179,65 <sup>a</sup> ± 0,69	181,65 <sup>a</sup> ± 0,78	4,84
<b>Poli-insaturados</b>			
18:2n-6	6,40 <sup>a</sup> ± 0,25	6,94 <sup>a</sup> ± 0,50	16,65
18:2 9c, 11t	8,20 <sup>a</sup> ± 0,56	5,19 <sup>b</sup> ± 0,63	15,22
18:2 10t, 12c	2,84 <sup>a</sup> ± 0,16	2,28 <sup>a</sup> ± 0,36	12,32
18:3n-6	0,20 <sup>a</sup> ± 0,02	0,19 <sup>a</sup> ± 0,04	9,74
18:3n-3	3,44 <sup>a</sup> ± 0,60	2,54 <sup>a</sup> ± 0,21	12,91
20:3n-3	0,58 <sup>a</sup> ± 0,09	0,73 <sup>a</sup> ± 0,05	7,64

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F (P<0,05); CV = Coeficiente de Variação.

A redução dos ácidos hipercolesterolêmicos segundo Caldeiras et al. (2009), tem sido almejada no intuito de melhorar a imagem, junto à opinião pública, dos produtos de origem animal. Do total de ácidos graxos presentes na gordura do leite, os valores médios obtidos para o grupo de ácidos graxos hipercolesterolêmicos foram de aproximadamente 52,60 e 48,50% para o leite de búfala e leite de vaca, respectivamente. Embora o leite de búfala apresente menor teor de ácido mirístico, o mesmo possui maior quantidade de ácidos hipercolesterolêmicos em relação ao leite bovino.

Em estudo realizado por Kolling et al. (2012), ao avaliarem a composição lipídica do leite de búfalas da raça Murrah observaram que os ácidos graxos saturados

hipercolesterolêmico (12:0, 14:0 e 16:0) correspondem a 35% do total de AG. Para Caldeiras et al. (2009), esses ácidos graxos representam 38,52% , já Fernandes et al. (2007) observaram valores variando entre 32,48 e 42,9%.

Em relação ao ácido esteárico (18:0), o leite de vaca apresentou maior quantidade (138,73 mg.g<sup>-1</sup>), superando o leite de búfala em 28,40%. De acordo com Fernandes et al. (2009), ao contrário dos demais AGS, o ácido 18:0 não possui efeito hipercolesterolêmico. Dessa forma, quantidades maiores deste ácido na gordura do leite podem ser favoráveis à alimentação humana.

Os ácidos graxos insaturados são importantes na saúde humana. A ingestão desses ácidos promove à redução do colesterol total e lipoproteínas de baixa densidade, sem reduzir as lipoproteínas de alta de densidade (HDL) (KRIS-ETHERTON, 1999; MIHAYLOVA & PEEVA, 2007).

Entre os Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM), o ácido miristoleico (14:1), ácido 10-pentadecenoico (15:1), ácido palmitoleico (16:1), ácido 10-heptadecenoico (17:1), ácido vacênico (18:1 11t) e ácido oleico (18:1n-9c) foram os ácidos identificados nas amostras de leite de búfala e vaca, com maior teor para o ácido oleico. Dentre estes ácidos, apenas o ácido miristoleico e ácido vacênico apresentaram diferença (P<0,05) entre as amostras de leite. O leite de búfala apresentou maiores teores destes ácidos, superando o leite bovino em aproximadamente 73,90 e 71,40%, respectivamente.

O ácido vacênico é produto intermédio da biohidrogenação no rúmen que leva à formação de ácido esteárico (MÉNARD et al., 2010). Assim, maiores quantidades de ácido vacênico e menores de ácido esteárico observados nesta pesquisa podem ser explicadas, provavelmente, por uma menor atividade no rúmen de búfalos em relação aos de vacas.

Para o teor de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), houve diferença (P<0,05) entre os leites de búfala e vaca apenas para o ácido rumênico (CLA, 18:2 9c, 11t), um dos isômeros do ácido linoleico. Observou-se maior concentração no leite de búfala (8,20 mg.g<sup>-1</sup>). Outros autores também relataram maiores teores de CLA para o leite bubalino (MÉNARD et al., 2010; VARRICCHIO et al., 2007).

Após a biohidrogenação ruminal, o ácido vacênico é absorvido, chegando à glândula mamária via corrente sanguínea onde sofre processo de dessaturação pela ação da enzima  $\Delta^9$ -dessaturase, capaz de introduzir uma dupla ligação cis entre os carbonos 9 e 10, transformando-o em ácido rumênico (18:2 9c, 11t). As propriedades

antiaterogênicas, anticarcinogênicas, estímulo ao sistema imune e inibição de doenças cardiovasculares são atribuídas ao ácido rumênico (OLIVEIRA et al., 2004), presente em maior quantidade no leite de búfala.

Dos alimentos que compõem a dieta do homem, os produtos de origem animal, em especial o leite, são fontes mais ricas em CLA, sendo quase composta de isômeros cis-9, trans-11 (SANTOS et al., 2002). Segundo Chin et al. (1992), em lácteos a concentração do isômero cis-9, trans-11-octadecadienoico (ácido rumênico) representa aproximadamente 90% do total de CLA. Nesta pesquisa, do total de CLA presentes no leite, aproximadamente 74% correspondem ao ácido rumênico encontrado no leite de búfalas e 47% no leite de vaca, representando maior proporção deste em relação ao outro isômero do ácido linoleico o trans-10, cis-12-octadecadienoico (18:2 10t, 12c).

Entre os ácidos graxos poli-insaturados, o ácido linoleico e ácido linolênico (18:3n-3) são essenciais ao homem, pois as células dos mamíferos não têm a capacidade de inserir uma dupla ligação (dessaturar) antes do carbono 9 da cadeia dos ácidos graxos (LOTTENBERG, 2009).

A inclusão de leite de vaca influenciou na composição de alguns AGS, AGM e AGPI do leite de búfala (Tabela 7). O ácido palmítico (16:0) foi o ácido graxo saturado que mais contribuiu para a composição lipídica do leite, sendo esse afetado de forma linear decrescente ( $P < 0,05$ ) pela adição de leite de vaca, fato esperado, pois o leite de vaca possui menor teor deste ácido graxo (Tabela 6). Porém, essa redução não será capaz de reduzir o efeito hipercolesterolêmico, uma vez o ácido palmítico por si só não eleva as lipoproteínas de baixa densidade (LDL – Low Density Lipoprotein). A adição de leite de vaca também promoveu efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para o ácido behênico (22:0).

Para os ácidos graxos monoinsaturados, houve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) e efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) da inclusão de leite de vaca sobre os teores de ácido vacênico (18:1 11t) e ácido miristoleico (14:1), respectivamente. A redução de ácido vacênico no leite foi de aproximadamente 24,70%, podendo influenciar na redução da concentração de ácido rumênico.

Apesar da inclusão de leite bovino ter apresentado efeito significativo para alguns AGM, não foram observadas alterações no teor total desta classe de ácidos graxos para os diferentes tratamentos.

**Tabela 7** – Quantidade de ácidos graxos, em mg.g<sup>-1</sup> de lipídios, presentes no leite de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Ácidos Graxos	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
<b>Saturados</b>										
4:0	53,34	51,54	29,84	33,83	38,88	36,74	16,03	ns	ns	ns
6:0	23,28	26,73	21,01	25,63	22,21	23,70	13,91	ns	ns	ns
8:0	10,12	11,83	8,62	11,01	9,47	11,34	15,53	ns	ns	ns
10:0	14,71	21,52	18,88	23,44	20,88	23,69	10,37	ns	ns	ns
12:0	27,68	28,29	27,16	27,34	25,95	24,27	26,14	ns	ns	ns
14:0	128,90	132,89	135,97	125,36	134,13	122,5	9,07	ns	ns	ns
15:0	13,76	13,16	10,81	13,99	14,41	11,57	10,73	ns	ns	ns
16:0 <sup>2</sup>	392,85	397,52	391,66	357,39	334,65	307,13	10,12	0,003	ns	ns
17:0	10,26	9,26	8,32	9,85	9,10	8,10	17,73	ns	ns	ns
18:0	108,05	129,90	90,69	110,34	116,56	108,01	14,07	ns	ns	ns
20:0	2,02	2,08	1,56	1,90	1,76	2,09	13,82	ns	ns	ns
22:0 <sup>3</sup>	1,01	0,92	0,91	0,77	0,75	0,68	13,45	0,002	ns	ns
<b>Monoinsaturados</b>										
14:1 <sup>4</sup>	7,34	5,61	5,24	3,88	5,21	4,85	17,90	ns	0,040	ns
15:1	3,69	3,51	2,96	3,48	3,22	3,25	11,95	ns	ns	ns
16:1	18,58	18,63	16,83	17,22	17,45	17,07	18,73	ns	ns	ns
17:1	3,98	4,06	4,06	4,26	4,06	3,82	15,06	ns	ns	ns
18:1 11t <sup>5</sup>	22,51	21,73	17,70	17,36	17,36	16,96	15,10	0,000	ns	ns
18:1n-9c	179,65	181,73	176,34	175,86	191,75	188,85	9,54	ns	ns	ns
<b>Poli-insaturados</b>										
18:2n-6	6,40	6,23	5,11	6,23	6,51	7,17	17,13	ns	ns	ns
18:3n-6	0,20	0,19	0,18	0,22	0,24	0,19	14,71	ns	ns	ns
18:2 9c, 11t <sup>6</sup>	8,20	7,68	7,08	6,20	5,92	5,85	19,18	0,020	ns	ns
18:2 10t, 12c	2,84	1,85	2,52	2,62	2,88	2,63	18,74	ns	ns	ns
18:3n-3	3,44	5,34	2,59	3,30	2,65	3,04	12,04	ns	ns	ns
20:3n-3	0,58	0,65	0,49	0,50	0,65	0,47	15,48	ns	ns	ns

<sup>1</sup>ns = não-significativo (P>0,05); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup> $\hat{Y} = -2,2628X + 415,45$  (R<sup>2</sup> = 0,67); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,0066X + 1,0043$  (R<sup>2</sup> = 0,82); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 0,0024X^2 - 0,1648X + 7,2396$  (R<sup>2</sup> = 0,84); <sup>5</sup> $\hat{Y} = -0,1476X + 22,248$  (R<sup>2</sup> = 0,85); <sup>6</sup> $\hat{Y} = -0,0526X + 8,12$  (R<sup>2</sup> = 0,76); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle).

Em relação aos ácidos graxos poli-insaturados, houve efeito linear decrescente (P<0,05) apenas para o ácido rumênico (18:2 9c, 11t). Fato já esperado, uma vez que o ácido vacênico, reduzido com o aumento da inclusão de leite bovino, é precursor do ácido rumênico.

Os produtos lácteos constituem uma alternativa no segmento da indústria de alimentos, pois tais produtos estão entre os alimentos que apresentam maior teor de CLA na dieta do homem. Nesta perspectiva, pesquisadores estudam diversas maneiras de elevar, de forma natural, a quantidade destes ácidos graxos nos alimentos (SANTOS et al.,2002). Assim, a adição de leite de vaca reduziu a quantidade de CLA na mistura, diminuindo conseqüentemente sua concentração no queijo adulterado.

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os leites de búfala e vaca apenas quanto ao somatório de AGS, com maior quantidade para o leite bubalino (Tabela 8). Do total de ácidos graxos presentes na gordura do leite, 75,30 e 74,20% correspondem aos ácidos graxos saturados dos leites de búfala e vaca, respectivamente. Resultado semelhante, para o leite de búfala, foi observado por Ménard et al., (2010) e Varricchio et al. (2007), com 70 e 78% de AGS, respectivamente. Mihaylova & Peeva (2007) avaliaram a composição de ácido graxo do leite de búfala da raça Murrah e verificaram que do total de AG, 72,15% correspondem ao AGS.

A composição de ácidos graxos permite avaliar a qualidade nutricional da fração lipídica. Assim, foram calculadas a razão entre AGPI e AGS, razão entre n-6 e n-3, Índice de Aterogenicidade (IA), Índice de Trombogenicidade (IT) e Ácidos Graxos Desejáveis (AGD). Dentre os índices de qualidade nutricional, houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os leites avaliados apenas para a relação n-6/n-3, com maior quantidade para o leite bovino (2,18) (Tabela 8).

É importante manter um equilíbrio adequado de ômega-3 e ômega-6 na dieta, uma vez que esses dois ácidos graxos trabalham em conjunto para promover a saúde (GOMES, 2008). Uma ingestão excessiva de ácidos graxos da série n-6 e um reduzido consumo de n-3 poderia inibir o metabolismo dos AG da família n-3, criando um ambiente mais pró-inflamatório (CAMOLAS & SOUSA, 2010).

A razão entre a ingestão diária de alimentos fonte de ácidos graxos da família n-6 e n-3 assume grande importância na nutrição humana, resultando em várias recomendações estabelecidas por autores e órgãos de saúde, em diferentes países (MARTIM et al., 2006). O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, sugere que a razão n-6/n-3 ideal seja entre 5 e 10 (FAO, 2007). De acordo com o Institute of Medicine (2002), a relação satisfatória da razão entre n-6/n-3 é de 10:1. Neste trabalho, foram observados valores de 1,64 e 2,18 para os leites de búfala e vaca, respectivamente. Resultado considerado baixo comparado ao descrito anteriormente, fato já esperado por se tratar de um produto lácteo. Resultado semelhante foi observado por Ménard et al. (2010), com valores de 1,30 para o leite de búfala e 2,20 para o leite de vaca. Caldeiras et al., (2009) observaram razão n-6/n-3 de 0,54 para o leite de búfala.

**Tabela 8** – Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos leites de búfala e vaca

Ácidos Graxos	Leite in natura		CV (%)
	Búfala	Vaca	
<b>Somatórios (mg.g<sup>-1</sup>)</b>			
∑ AGS <sup>1</sup>	785,98 <sup>a</sup> ± 0,75	693,64 <sup>b</sup> ± 0,92	3,95
∑ AGM <sup>2</sup>	235,75 <sup>a</sup> ± 0,48	223,14 <sup>a</sup> ± 0,81	6,86
∑ AGPI <sup>3</sup>	21,66 <sup>a</sup> ± 0,29	17,87 <sup>a</sup> ± 0,01	10,54
∑ CLA <sup>4</sup>	11,04 <sup>a</sup> ± 0,75	7,47 <sup>a</sup> ± 0,26	13,25
∑ n-6 <sup>5</sup>	6,60 <sup>a</sup> ± 0,26	7,13 <sup>a</sup> ± 0,44	16,44
∑ n-3 <sup>6</sup>	4,02 <sup>a</sup> ± 0,69	3,27 <sup>a</sup> ± 11	10,56
<b>Índices de Qualidade Nutricional</b>			
AGPI/AGS <sup>7</sup>	0,03 <sup>a</sup> ± 0,02	0,03 <sup>a</sup> ± 0,03	7,21
n-6/n-3 <sup>8</sup>	1,64 <sup>b</sup> ± 0,21	2,18 <sup>a</sup> ± 0,17	10,30
IA <sup>9</sup>	3,70 <sup>a</sup> ± 0,03	3,77 <sup>a</sup> ± 0,05	5,23
IT <sup>10</sup>	4,55 <sup>a</sup> ± 0,03	3,94 <sup>a</sup> ± 0,32	5,57
AGD <sup>11</sup>	365,46 <sup>a</sup> ± 0,80	379,74 <sup>a</sup> ± 0,91	8,72

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F (P<0,05); <sup>1</sup>Somatório de Ácidos Graxos Saturados (4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 13:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0 e 22:0); <sup>2</sup>Somatório de Ácidos Graxos Monoinsaturados (14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1n-7t e 18:1n-9c); <sup>3</sup>Somatório de Ácidos Graxos Poli-insaturados (18:2n-6, CLAc9t11, CLAt10c12, 18:3n-3, 20:3n-3); <sup>4</sup>Somatório do Ácido Linoléico Conjugado (CLAc9t11 e CLAt10c12); <sup>5</sup>Somatório do Ômega-6 (18:2n-6 e 20:3n-6); <sup>6</sup>Somatório do Ômega-3 (18:3n-3 e 20:3n-3); <sup>7</sup>Relação entre os Ácidos Graxos Poli-insaturados e Saturados; <sup>8</sup>Relação entre os ácidos graxos da família Ômega-6 e Ômega-3; <sup>9</sup>Índice de Aterogenicidade; <sup>10</sup>Índice de Trombogenicidade; <sup>11</sup>Ácidos Graxos Desejáveis; CV = Coeficiente de Variação.

Através da relação dos ácidos pró e antiaterogênicos foram calculados o Índice de Trombogenicidade (IT) e Índice de Aterogenicidade (IA). Não foram observadas diferença (P>0,05) entre os leites de búfala e vaca em relação a esses índices.

São escassos na literatura referência que avaliam IA e IT em leite de búfala. Em relação ao IA do leite bubalino (3,70), os resultados encontrados nesta pesquisa estão acima do observado na literatura. Fernandes et al. (2010) encontraram IA variando entre 1,49 e 2,35, enquanto Varricchio et al. (2007) observaram valores variando entre 2,15 e 2,46. Para o IT (4,55), Fernandes et al. (2010) observaram valores entre 10,25 e 9,72, acima do verificado neste trabalho.

Não houve diferença (P<0,05) entre as amostras de leite avaliadas quanto à concentração de AGD, com valores de 365,46 para o leite de búfala e 379,74 para o leite de vaca. A maior quantidade de ácidos graxos desejáveis se deve, provavelmente, aos processos de biohidrogenação ruminal, relacionado ao ácido esteárico (18:0) que compõe, junto aos ácidos graxos insaturados, os ácidos graxos desejáveis (CALDEIRAS et al., 2009; COSTA et al., 2008). Embora o teor de ácido esteárico

tenha sido diferente (Tabela 6) entre os leites avaliados, essa diferença não influenciou a quantidade de AGD no leite de búfala e vaca.

Em relação ao somatório de ácidos graxos das mistura de leite, a adição de leite de vaca teve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) apenas para o somatório de AGPI (Tabela 9), reduzindo a quantidade de ácidos graxos considerados de importância à saúde.

**Tabela 9** – Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional do leite de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Ácidos Graxos	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
<b>Somatórios (mg.g<sup>-1</sup>)</b>										
∑ AGS <sup>2</sup>	770,37	819,18	623,53	710,07	665,73	667,39	8,26	ns	ns	ns
∑ AGM <sup>3</sup>	234,36	235,27	188,86	220,53	229,53	211,53	9,37	ns	ns	ns
∑ AGPI <sup>4;13</sup>	21,80	21,67	19,73	18,35	18,17	17,21	12,55	0,020	ns	ns
∑ CLA <sup>5</sup>	11,04	9,54	9,77	8,23	8,80	8,63	18,25	ns	ns	ns
∑ n-6 <sup>6</sup>	6,60	6,41	5,23	5,68	6,65	7,51	17,01	ns	ns	ns
∑ n-3 <sup>7</sup>	4,02	4,57	3,08	3,80	3,29	3,09	15,54	ns	ns	ns
<b>Índices de Qualidade Nutricional</b>										
AGPI/AGS <sup>8</sup>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	12,25	ns	ns	ns
n-6/n-3 <sup>9;14</sup>	1,53	1,00	1,56	1,62	2,15	2,16	18,25	0,000	ns	ns
IA <sup>10;15</sup>	3,70	3,84	3,94	3,98	3,98	3,94	9,12	0,001	ns	ns
IT <sup>11</sup>	4,55	4,86	4,72	4,71	4,49	4,17	7,54	ns	ns	ns
AGD <sup>12</sup>	364,08	387,69	297,63	348,94	370,94	360,97	8,69	ns	ns	ns

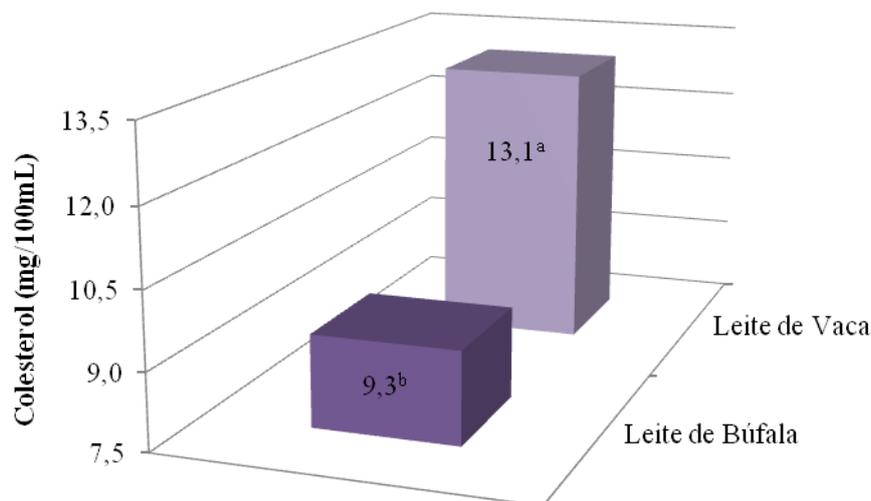
<sup>1</sup>ns = não-significativo ( $P > 0,05$ ); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup>Somatório de Ácidos Graxos Saturados (4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 13:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0 e 22:0); <sup>3</sup>Somatório de Ácidos Graxos Monoinsaturados (14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1n-7t e 18:1n-9c); <sup>4</sup>Somatório de Ácidos Graxos Poli-insaturados (18:2n-6, CLAc9t11, CLAt10c12, 18:3n-3, 20:3n-3); <sup>5</sup>Somatório do Ácido Linoléico Conjugado (CLAc9t11 e CLAt10c12); <sup>6</sup>Somatório do Ômega-6 (18:2n-6 e 20:3n-6); <sup>7</sup>Somatório do Ômega-3 (18:3n-3 e 20:3n-3); <sup>8</sup>Relação entre os Ácidos Graxos Poli-insaturados e Saturados; <sup>9</sup>Relação entre os ácidos graxos da família Ômega-6 e Ômega-3; <sup>10</sup>Índice de Aterogenicidade; <sup>11</sup>Índice de Trombogenicidade; <sup>12</sup>Ácidos Graxos Desejáveis; <sup>13</sup> $\hat{Y} = -0,0978X + 21,967$  ( $R^2 = 0,61$ ); <sup>14</sup> $\hat{Y} = 0,0186X + 1,2133$  ( $R^2 = 0,64$ ); <sup>15</sup> $\hat{Y} = 0,0047X + 3,7781$  ( $R^2 = 0,76$ ); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle).

A inclusão de leite de vaca provocou efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para a razão n-6/n-3. Estudos sugerem que quantidade excessiva de ácidos graxos da série n-6 e deficiência de n-3 na alimentação, provocando razão desproporcional destes ácidos, podem levar ao desenvolvimento de doenças crônicas. Em função dos resultados de alguns estudos clínicos realizados na última década, tem-se sugerido a redução da razão n-6/n-3, além de evidências dos malefícios que podem causar a razão desequilibrada destes ácidos e em proporções menores de ômega 6 e ômega 3 (SIMOPOULOS, 2008). Assim, o aumento desta razão pode não ser positivo.

O IA indica a razão entre a soma dos principais ácidos graxos saturados e insaturados (CALDEIRAS et al., 2009). Foi observado efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) da adição de leite bovino sobre a mistura do leite. O IA para o tratamento controle foi de 3,70 e com a inclusão de 50% de leite de vaca foi de 3,94, aumento de aproximadamente de 6,5%. O ácido mirístico é o principal AGS com poder aterogênico e mesmo não sendo afetado pela adição de leite de vaca (Tabela 7) pode ter influenciado o IA, já que esse tipo de ácido apresenta 4 vezes maior efeito aterogênico em relação aos demais ácidos hipercolesterolêmicos (ULBRICHT & SOUTHGATE, 1991).

### 5.1.3 Colesterol

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) na concentração de colesterol presente no leite de búfala e vaca, com maior quantidade para o leite bovino (Figura 3).



**Figura 3** – Concentração de colesterol, em mg.100 mL<sup>-1</sup>, presentes nas amostras de leite de búfala e vaca

O colesterol é uma substância complexa, do tipo lipídio-esteroide, presente principalmente nas gorduras animais, inclusive o leite. Este apresenta inúmeras funções no organismo, porém, problemas no seu metabolismo podem promover o aumento em sua concentração no sangue e, conseqüentemente, aumentar o risco de doenças coronarianas como arteriosclerose (LUDKE & LÓPEZ, 1999).

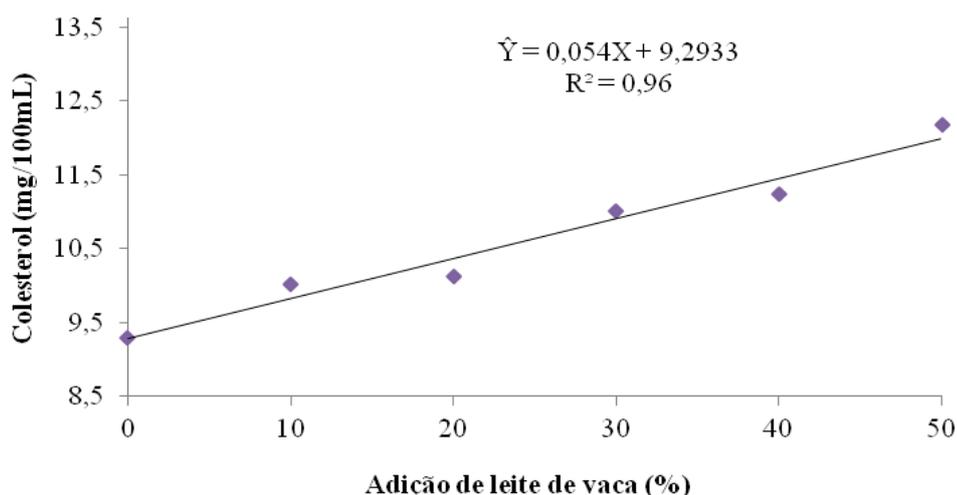
Diversos alimentos contêm colesterol, em maiores ou menores quantidades. Segundo Amaral et al. (2005), a concentração total de colesterol de leite de búfalas é menor do que a encontrada no leite bovino. Os resultados obtidos nesta pesquisa

corroboram o relato descrito por esses autores, em que a quantidade de colesterol presente no leite de vaca foi maior, superando em média 40% o leite bubalino.

De acordo com a tabela brasileira de composição de alimentos (TACO, 2011) elaborada pela Universidade de Campinas, a quantidade de colesterol para o leite de vaca é de  $10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$  de leite, resultado abaixo do apresentado neste trabalho em que o valor encontrado para o leite bovino foi de  $13,10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ , superior em 31%.

A concentração de colesterol presente nos leites apresentou efeito linear crescente para a inclusão de leite de vaca em diferentes proporções, conforme observado na Figura 4.

Como observado anteriormente (Figura 3), o leite bubalino apresenta menor quantidade de colesterol em relação ao leite de vaca. A mistura desses dois leites provocou um aumento no nível de colesterol em aproximadamente 31,20%.



**Figura 4** – Efeito da adição de leite de vaca sobre a concentração de colesterol, em  $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ , presentes no leite (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala)

A baixa concentração de colesterol presente no leite de búfalas é outra característica positiva para esse tipo de alimento. Apesar de possuir maior teor de gordura, o leite de búfala apresenta menos colesterol podendo fazer parte de uma dieta saudável. Ao misturar o leite das duas espécies essa característica foi afetada.

## 5.2 Análises do Queijo Muçarela

### 5.2.1 Composição Centesimal e Características Físicas

Com exceção do pH, as demais características apresentaram diferença estatística ( $P < 0,05$ ) para os queijos muçarela de búfala e vaca analisados. Destas, apenas o teor de umidade foi maior para a muçarela bovina que pode estar relacionado com a maior concentração de seus constituintes no leite (Tabela 10). Sameen et al. (2008) ao estudarem a qualidade da muçarela elaborada com diferentes fontes de leite também observaram este comportamento para os queijos elaborados com leites de búfala e vaca.

**Tabela 10** – Característica física e composição centesimal dos queijos muçarela de búfala e vaca

Variáveis	Queijo muçarela		CV (%)
	Búfala	Vaca	
pH	6,62 <sup>a</sup> ± 0,04	6,48 <sup>a</sup> ± 0,02	1,92
GES (%)	60,57 <sup>a</sup> ± 0,53	57,32 <sup>b</sup> ± 0,87	2,14
Proteína (%)	23,82 <sup>a</sup> ± 0,69	20,87 <sup>b</sup> ± 0,49	4,25
Umidade (%)	46,30 <sup>a</sup> ± 0,44	48,44 <sup>b</sup> ± 0,55	1,73
Cinzas (%)	2,89 <sup>a</sup> ± 0,12	2,55 <sup>b</sup> ± 0,21	5,22
EST (%)	53,70 <sup>a</sup> ± 0,21	51,56 <sup>b</sup> ± 0,58	1,57

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F ( $P < 0,05$ ); CV = Coeficiente de Variação; GES = Gordura no Extrato Seco; EST = Extrato Seco Total.

O queijo muçarela de búfala apresentou maior teor de proteína (23,82%) superando, em média, 14,13% a muçarela elaborada com leite bovino. Resultado já esperado, visto que valores maiores de proteína foram encontrados para o leite bubalino (Tabela 4). O percentual de proteína da muçarela de búfala foi próximo do observado por El Owni & Osman (2009), com 23,33% e superior ao de Verruma-Bernardi et al. (2000), com 21,15%.

Assim como o teor de gordura, valores maiores de proteína contribuem para o aumento do extrato seco total influenciando, conseqüentemente, no rendimento industrial do queijo. Verificou-se um teor superior de sólidos totais para a muçarela de búfala de 53,70%, decorrente do maior EST presente no leite de búfalas. Valores semelhantes de sólidos totais foram observados por El Owni & Osman (2009) e Verruma-Bernardi et al. (2000).

Embora realizado o desnate parcial da gordura do leite de búfala, esta prática não afetou o teor de gordura no extrato seco (GES) que foi maior no queijo de búfala (60,57%), apresentando superioridade de 5,70% em relação ao queijo de vaca. O elevado valor em GES pode ser justificado pelo resultado da gordura ser expressa em base seca, conforme exige a legislação para queijos.

De acordo com o Decreto Ministero delle Politiche Agricole e Forestali N° 258 de 18 de setembro de 2003, a muçarela de búfala Campana deve apresentar um teor mínimo de 52% para gordura no extrato seco e um percentual máximo de umidade de 65% (D.M., 2003). Como no Brasil não existe uma legislação específica para a muçarela de búfala, utilizou-se os padrões adotados para a muçarela de búfala Campana. A partir dos resultados obtidos no presente estudo, observou-se que os teores de umidade e GES encontram-se em conformidade com este decreto.

O valor obtido para o teor de cinzas do queijo muçarela de búfala é semelhante ao relato de El Owni & Osman (2009) que encontraram valores médios de 2,38%, no entanto Sameen et al. 2008 observaram teor de cinzas de 4,11%.

A Portaria N° 364 indica os limites para a composição do queijo muçarela de vaca. De acordo com esta portaria, os teores de gordura e umidade do queijo de vaca encontrado no presente estudo estão em conformidade com a legislação que preconiza o limite mínimo de 35% e máximo de 60%, respectivamente, para estes componentes (BRASIL, 1997).

Os valores obtidos para pH, sólidos totais, cinzas e umidade dos queijos muçarela de búfala adicionado de leite de vaca não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pela inclusão de leite. Entretanto, observou-se efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para o teor de GES e efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para o percentual de proteína (Tabela 11).

**Tabela 11** – Característica física e composição centesimal do queijo muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Variáveis	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
pH	6,62	6,58	6,80	6,77	6,76	6,86	2,98	ns	ns	ns
GES (%) <sup>2</sup>	60,57	53,93	52,18	53,93	51,28	51,43	3,61	ns	0,003	ns
Proteína (%) <sup>3</sup>	23,82	22,32	22,25	20,84	20,80	20,20	4,48	0,000	ns	ns
Umidade (%)	46,30	45,57	46,38	48,12	46,61	47,48	3,56	ns	ns	ns
Cinzas (%)	2,89	2,90	3,04	2,98	3,12	2,85	2,87	ns	ns	ns
EST (%)	53,70	54,43	53,62	51,88	53,38	52,52	3,13	ns	ns	ns

<sup>1</sup>ns = não-significativo ( $P > 0,05$ ); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup> $\hat{Y} = 0,0067X^2 - 0,4705X + 59,578$  ( $R^2 = 0,86$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,0688X + 23,424$  ( $R^2 = 0,92$ ); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle); GES = Gordura no Extrato Seco; ESD = Extrato Seco Desengordurado; EST = Extrato Seco Total.

Embora o conteúdo de gordura dos leites utilizados no processamento tenha sido semelhante, observou-se diferença nos teores de gordura dos queijos processados (Tabela 5). Essa alteração pode ter ocorrido durante a coagulação do leite, devido às variações na quantidade de glóbulos de gordura retidos na rede proteica. Segundo Walstra et al. (2001), na etapa de coagulação, sob a ação de enzimas proteolíticas e/ou ácido láctico ocorrem modificações nas micelas de caseína que se agregam formando um gel. Este é constituído de pequenas partículas unidas por várias ligações (rede proteica) que aprisionam os glóbulos de gordura.

Observou-se variação de 13,43% nos teores de GES para os tratamentos com diferentes proporções de leite de vaca. A adição fraudulenta do leite de vaca durante a fabricação da muçarela de búfala afetou seu percentual de gordura, alterando seu valor nutricional, corroborando com os resultados encontrados por Sameen et al. (2008) que observaram redução de aproximadamente 3,0% no teor de gordura da muçarela de búfala elaborada com 50% de leite bovino.

Os tratamentos elaborados com 40 e 50% de inclusão de leite de vaca apresentaram teores de GES de 51,28 e 51,43%, respectivamente, valores abaixo do mínimo (52%) estabelecido para a muçarela de búfala Campana. Em relação ao teor de umidade, esta não foi afetada pela adição de leite de vaca, estando de acordo com o estabelecido pelo decreto N° 258 (D.M., 2003).

O leite de búfala é caracterizado por apresentar maior teor de proteína quando comparado com o leite de vaca (Tabela 4). A adição de leite de vaca na elaboração da muçarela de búfala proporcionou queijos com menores teores de proteína, com redução de 15,19%, à medida que aumentou a proporção de leite bovino, afetando a qualidade do produto final.

#### **5.2.1.1 Avaliação da cor**

Verificou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre os queijos muçarela de búfala e vaca em relação aos parâmetros de luminosidade  $L^*$  e cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 12). Na análise instrumental de cor o parâmetro  $L^*$  indica a luminosidade, variando numa escala de zero (preto) a 100 (branco). A coordenada  $a^*$  apresenta tonalidade variando de vermelho (zero a +60) a verde (-60 a zero) e a coordenada  $b^*$  de amarelo (zero a +60) a azul (-60 a zero).

**Tabela 12** – Componente de cor sistema CIE L\*a\*b\* dos queijos muçarela de búfala e vaca

Variáveis	Queijo muçarela		CV (%)
	Búfala	Vaca	
L*	88,47 <sup>b</sup> ± 0,18	89,53 <sup>a</sup> ± 0,13	1,73
a*	-2,35 <sup>b</sup> ± 0,24	1,84 <sup>a</sup> ± 0,11	7,62
b*	15,47 <sup>b</sup> ± 0,61	20,01 <sup>a</sup> ± 0,68	6,04

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F (P<0,05); CV = Coeficiente de Variação.

O queijo muçarela de búfala é caracterizado por apresentar coloração esbranquiçada devido à ausência quase que total de  $\beta$ -caroteno, devendo apresentar maiores valores para o parâmetro L\*, fato não observado neste estudo. Resultado superior de L\* (89,61) foi encontrado por Verruma-Bernardi et al. (2007) ao avaliarem a muçarela de búfala elaborada pelos métodos tradicional e acidificação direta.

De acordo com García-Pérez et al. (2005), valores mais elevados de L\* são decorrentes dos menores teores de gordura e proteína, que com o aumento do teor de sólidos totais favorece a diminuição de água livre, resultando em menor reflexão de luz, tendendo mais ao branco. Os resultados observados nesta pesquisa seguem a tendência descrita por estes autores, uma vez que o queijo muçarela elaborado com leite bovino, com maior valor de L\*, apresentou menores percentuais de gordura e proteína (Tabela 10).

Segundo Garcia & Penna (2010), em queijos com menores teores de gordura, o número de centros que permitem que a luz se espalhe diminui, tornando-os menos opacos, ou seja, o valor de L\* aumenta. Esta mudança na opacidade também pode estar relacionada ao grau de agregação interna da matriz proteica do queijo, que quanto mais hidratada menor o número de centros que permitem que a luz se espalhe.

O queijo muçarela de búfala apresentou valores negativos (-2,35) para o parâmetro a\*, com coloração tendendo para o verde. Resultado semelhante foi relatado por Verruma-Bernardi et al. (2007), com valor médio de -2,14. De acordo com Van Dener (1989), o precipitado esverdeado é produzido pelo pigmento biliverdina que associado à  $\alpha$ -caseína do leite, precipita juntamente com as proteínas, pela ação de ácido e calor. Provavelmente, o leite de búfala apresenta maior teor desse pigmento, o que explicaria a coloração do queijo muçarela de búfala tendendo mais ao verde do que a muçarela de vaca.

O valor de b\* (20,01) observado no queijo muçarela de vaca indica coloração tendendo mais para o amarelo em relação à muçarela de búfala (15,47). Fato já esperado, uma vez que a cor amarela é decorrente da presença de carotenoides no leite bovino.

Observou-se efeito (P<0,05) quadrático entre os tratamentos avaliados para a coordenada de luminosidade L\* com o aumento do nível de inclusão de leite de vaca em diferentes proporções (Tabela 13). O parâmetro L\* refere-se à capacidade do objeto em refletir luz, com valores próximos a 100 tendendo ao branco. Com o aumento da adição de leite bovino verificou-se que essa característica manteve-se, assemelhando-se aos resultados obtidos a partir da comparação do queijo muçarela de búfala e vaca, em que a última apresentou coloração mais clara (Tabela 12).

**Tabela 13** – Componente de cor sistema CIE L\*a\*b\* do queijo muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Variáveis	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
L*	88,47	89,94	90,36	90,07	90,72	90,33	1,69	ns	0,040	ns
a*	-2,35	-1,78	-1,67	-1,00	-0,64	-0,24	13,1	0,000	ns	ns
b*	15,47	17,28	18,52	18,75	19,01	19,34	4,61	0,022	ns	ns

<sup>1</sup>ns = não-significativo (P>0,05); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup>Ŷ = -0,0013X<sup>2</sup> + 0,0897X + 88,779 (R<sup>2</sup> = 0,67); <sup>3</sup>Ŷ = 0,0418X - 2,3257 (R<sup>2</sup> = 0,98); <sup>4</sup>Ŷ = 0,0706X + 16,293 (R<sup>2</sup> = 0,83); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle).

Assim, os maiores valores obtidos de L\* para amostras adicionadas de leite de vaca pode estar relacionada à variação nos teores de proteína e GES obtidos por estes tratamentos (Tabela 11).

Para as coordenadas de cromaticidade a\* e b\*, observou-se que a adição de leite de vaca afetou (P<0,05) de forma linear crescente estes parâmetros (Tabela 13). Estes resultados correlacionam-se com os observados anteriormente na comparação dos queijos de búfala e vaca (Tabela 12). O aumento do parâmetro b\*, com coloração tendendo ao amarelo, à medida que aumentou o nível de inclusão de leite de vaca, também foi observado visualmente.

A cor do queijo também pode ser influenciada pelo teor de gordura (GARCIA & PENNA, 2010). Dessa forma, observou-se que o queijo muçarela de búfala apresentou maiores teores de gordura (Tabela 10), e assim valores negativos de a\* tendendo ao verde (Tabela 12). Ao misturar o leite das duas espécies em diferentes proporções,

verificou-se aumento da variável  $a^*$  e conseqüente variação no teor de GES (Tabela 11). A variação no teor de gordura também influenciou os valores da coordenada  $b^*$ .

### 5.2.1.2 Perfil de textura instrumental

Os testes de textura instrumental são baseados em força de compressão, que tem a função de simular a mastigação entre os molares. A amostra é submetida a duas “mordidas” ou corridas, que simulam o ato de mastigação. Quando a probe deforma a amostra, o movimento do suporte é detectado e uma curva de força de compressão é traçada. A partir desta, obtêm-se os valores dos parâmetros de textura (BOURNE, 2002).

Foram observadas diferenças ( $P < 0,05$ ) no perfil de textura instrumental entre os queijos avaliados (Tabela 14). O queijo muçarela de búfala apresentou maiores atributos de firmeza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade em relação ao queijo elaborado com leite de vaca.

**Tabela 14** – Perfil de textura instrumental dos queijos muçarela de búfala e vaca

Atributos	Queijo muçarela		CV (%)
	Búfala	Vaca	
Firmeza (N)	85,17 <sup>a</sup> ± 0,59	33,46 <sup>b</sup> ± 0,45	10,90
Mastigabilidade (N)	33,93 <sup>a</sup> ± 0,65	8,99 <sup>b</sup> ± 0,54	6,72
Elasticidade	0,863 <sup>a</sup> ± 0,01	0,702 <sup>b</sup> ± 0,10	8,04
Coesividade	0,449 <sup>a</sup> ± 0,02	0,348 <sup>b</sup> ± 0,02	4,15

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F ( $P < 0,05$ ); CV = Coeficiente de Variação; N = Newton.

Segundo Furtado (1997), a muçarela de búfala é caracterizada por apresentar textura firme e elástica. Estas características foram observadas neste estudo e podem estar relacionadas ao maior teor de proteína e gordura apresentado pela muçarela elaborada com leite bubalino (Tabela 10). De acordo com Jack & Paterson (1992), os principais fatores que afetam o perfil de textura do queijo são a composição do leite usado (teor de caseína, gordura, cálcio e água) e o processo de fabricação empregado (tipo de coagulante e fermento lácteo utilizado, tempo, temperatura e pH).

Foram observados valores muito baixos de firmeza e mastigabilidade para a muçarela elaborada com leite de vaca. Este resultado é coerente com a literatura, visto que a mastigabilidade é a força necessária para desintegrar o alimento entre os molares e quanto mais firme um determinado alimento, maior será a resistência à mastigação.

Valle et al. (2004) estudaram a influência do teor de gordura nas propriedades da muçarela de vaca e observaram maior firmeza para os queijos elaborados a partir de leite com menores teores de gordura, indo assim, de encontro aos resultados observados no presente estudo, uma vez que a muçarela elaborada com leite bovino apresentou menor percentual de gordura (Tabela 10) e menor propriedade de firmeza.

Observou-se que o queijo muçarela elaborado com leite de búfala apresentou maior firmeza (85,17 N), podendo ser atribuído ao seu menor teor de umidade (Tabela 10), uma vez que quantidade de água influencia os atributos de textura. As micelas de caseína do leite de búfalas são maiores do que as encontradas no leite de vaca fazendo com que a coalhada elaborada com leite de búfalas retenha menos água do que a do leite de vacas durante a ação do coalho (GANGULI, 1979, AMARAL et al., 2005). Influenciando, dessa forma, na firmeza do queijo. Ao analisar a textura do queijo cheddar, Carunchia Whetstine et al. (2007) verificaram correlação positiva entre o teor de umidade e firmeza, semelhante ao encontrado no presente estudo.

Como observado, o queijo muçarela de búfala apresentou maiores atributos de textura quando comparado com queijo elaborado com leite bovino (Tabela 14). A mistura dos leites de búfala e vaca em diferentes proporções conferiu queijos com reduzido parâmetros texturais, alterando a qualidade do produto.

Verificou-se efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para as propriedades de firmeza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade dos queijos muçarela processados com diferentes níveis de inclusão de leite de vaca (Tabela 15).

**Tabela 15** – Perfil de textura instrumental do queijo muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Atributos	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
Firmeza (N) <sup>2</sup>	85,17	83,56	80,26	74,76	67,47	51,27	14,44	0,001	ns	ns
Mastigabilidade (N) <sup>3</sup>	33,93	32,47	31,75	23,18	22,61	18,32	22,49	0,003	ns	ns
Elasticidade <sup>4</sup>	0,863	0,804	0,800	0,777	0,774	0,761	4,29	0,003	ns	ns
Coesividade <sup>5</sup>	0,449	0,413	0,408	0,400	0,392	0,371	8,76	0,022	ns	ns

<sup>1</sup>ns = não-significativo ( $P > 0,05$ ); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup> $\hat{Y} = -0,6379X + 89,696$  ( $R^2 = 0,87$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,332X + 35,341$  ( $R^2 = 0,92$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = -0,0018X + 0,841$  ( $R^2 = 0,92$ ); <sup>5</sup> $\hat{Y} = -0,0013X + 0,4385$  ( $R^2 = 0,92$ ); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle); N = Newton.

A muçarela de búfala é caracterizada por apresentar textura firme e elástica. Dessa forma, observou-se que esses atributos foram afetados com o aumento da inclusão de leite de vaca, proporcionando queijos com menores valores de firmeza e elasticidade, caracterizando-se como amostras menos firmes e com menor tendência a recuperar a sua forma original após remoção da força de deformação. A adição de leite de vaca também provocou redução no parâmetro coesividade (grau de deformação da amostra antes da ruptura). A redução da mastigabilidade já era esperada, pois esse atributo está associado ao parâmetro de elasticidade.

A adição de leite de vaca em diferentes proporções resultou em diminuição do teor de proteína dos queijos (Tabela 11), bem como no queijo elaborado exclusivamente com leite bovino (Tabela 10). Isto resultou na redução das propriedades de elasticidade e firmeza do queijo, decorrente, provavelmente, da estrutura menos compacta da coalhada (matriz proteica) do queijo de vaca, o que pode ter determinado menor número de glóbulos de gordura retidos na matriz proteica, característica esta que influencia os parâmetros de textura.

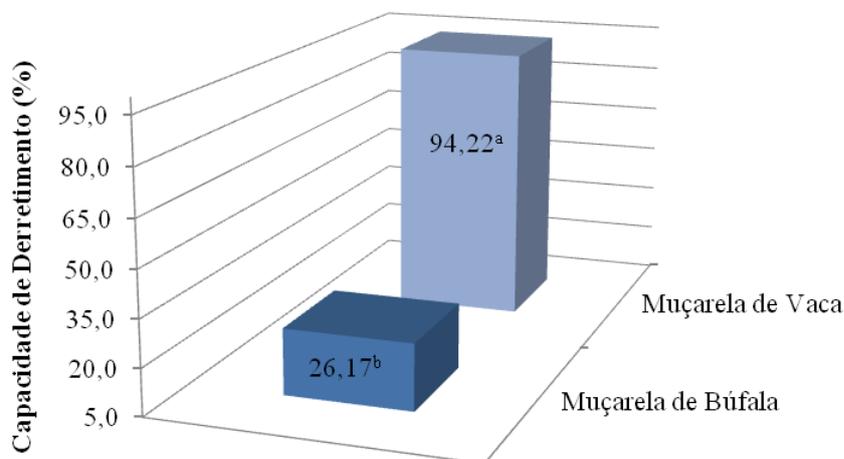
A identificação da espécie da qual os produtos lácteos são originados tem importância na rastreabilidade de alimentos e controle de fraudes (Dalmasso et al., 2011). Assim, os testes instrumentais podem vir a ser uma alternativa na avaliação da detecção de fraude em muçarela de búfala, a partir de estudos mais detalhados, diminuindo, assim, o tempo e o custo observados em outros métodos.

### ***5.2.2 Capacidade de Derretimento***

De acordo com Chiesa et al. (2009), a capacidade de derretimento (CD) está associada à mudança de fase que ocorre quando o queijo é submetido ao aquecimento, na qual a gordura passa do estado sólido para líquido como consequência da aplicação de calor. Duas importantes características influenciam a CD de queijos, a firmeza (FURTADO, 1997) e a umidade (CHIESA et al., 2011).

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre os queijos muçarela de búfala e vaca quanto à capacidade de derretimento (Figura 5). A capacidade de derretimento foi maior para o queijo produzido com leite de vaca (94,22%). Esse maior valor pode ser atribuído à menor firmeza (Tabela 14) e ao maior teor de umidade apresentada por este tratamento, características que interferem na CD. Assim, o maior valor de umidade

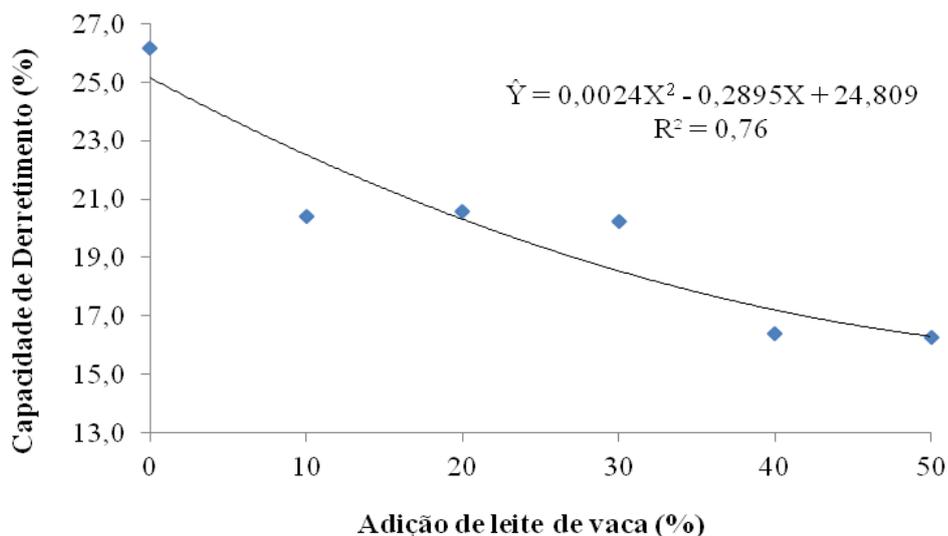
observado (Tabela 10) para a muçarela bovina pode ter contribuído para o aumento da capacidade de derretimento, quando comparado com a muçarela de búfala.



**Figura 5** – Capacidade de derretimento dos queijos muçarela de búfala e vaca

A muçarela elaborada com leite de búfala apresentou menor capacidade de derretimento quando comparada com o queijo de vaca. Segundo Garcia & Pena (2010), essa propriedade está relacionada ao rompimento da matriz proteica durante o aquecimento. Assim, o menor derretimento apresentado pela muçarela de búfala pode ser justificado pelo seu maior atributo de firmeza (Tabela 14), além do maior teor de proteína e menor teor de umidade (Tabela 10), dificultando o rompimento da matriz proteica.

Observou-se efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) da inclusão de leite de vaca sobre a capacidade de derretimento dos queijos adicionados de leite bovino (Figura 6). A adição deste leite provocou redução da CD para o tratamento com 10% de leite de vaca, verificando-se aumentando no tratamento com 20% de inclusão de leite bovino seguido de redução até o tratamento com 50% de leite bovino. Essa variação nos resultados pode ter ocorrido devido à variação no teor de GES (Tabela 11) observada entre os tratamentos, além da redução da firmeza (Tabela 15) com o aumento da inclusão de leite de vaca o que dificulta o rompimento da matriz proteica durante o aquecimento.

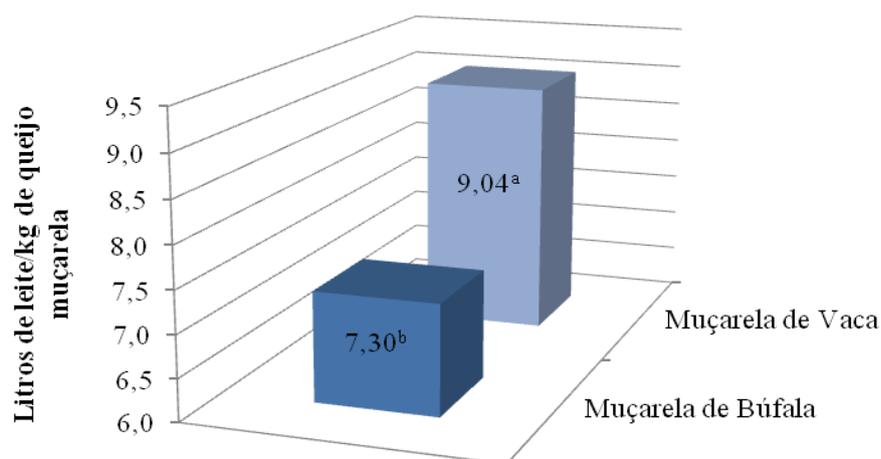


**Figura 6** – Adição de leite de vaca sobre a capacidade de derretimento do queijo muçarela (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala)

A capacidade de derretimento é uma propriedade tecnológica importante na determinação da qualidade do produto, já que os queijos, em especial a muçarela, são muito utilizados na culinária, e em pratos como pizzas devem apresentar derretimento uniforme e sem grande formação de bolhas. Dessa forma, a CD do queijo muçarela de búfala pode ser considerado bom, uma vez que ao derreter observou-se uniformidade a ausência de bolhas.

### 5.2.3 Avaliação do Rendimento

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) no rendimento bruto dos queijos muçarela avaliados (Figura 7). Relatos de literatura, afirmam que o leite de búfala é cerca de 40-50% mais produtivo na elaboração de derivados (queijo, iogurte, manteiga) que o leite bovino, sendo necessário aproximadamente 5 litros de leite de búfala para se produzir 1,0 kg de queijo muçarela (SILVA et al., 2003). Para a Associação Brasileira de Criadores de Búfalo, são necessários de 6 a 7 litros de leite de búfala para produzir 1,0 kg da muçarela de búfala (ABCB, 2010). Os resultados obtidos neste estudo vão de encontro aos relatos da literatura, pois para a elaboração da muçarela de búfala foram necessários 7,30 L de leite/kg de queijo muçarela, mesmo assim, apresentou maior rendimento em relação ao queijo elaborado com leite bovino, em que foram necessários 9,10 litros. Portanto, o rendimento bruto do queijo muçarela de búfala foi de aproximadamente 76% contra 70% do queijo muçarela de vaca.



**Figura 7** – Rendimento bruto dos queijos muçarela de búfala e vaca

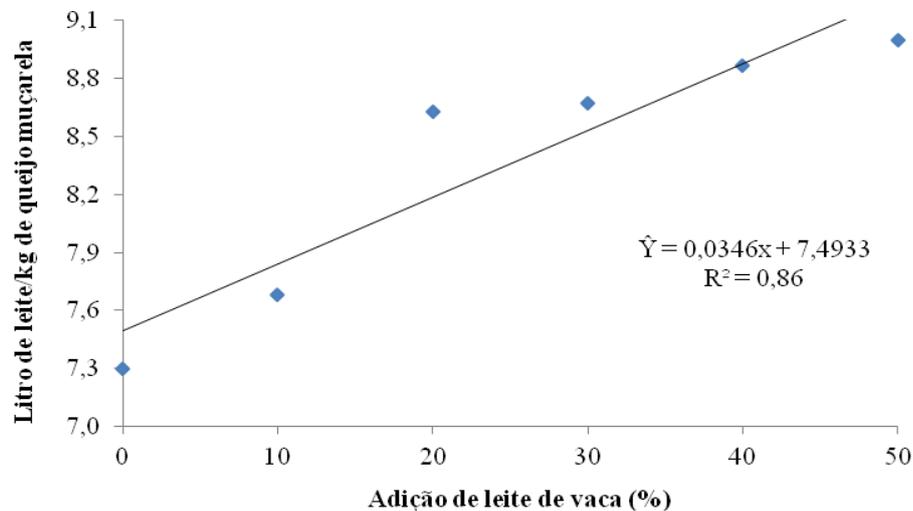
O maior rendimento observado para o queijo muçarela de búfala pode ser atribuído ao maior teor de proteína e gordura do leite bubalino (Tabela 4). Segundo Farkye (2004), durante a conversão do leite em queijo, os constituintes do leite são separados em dois grupos: i) os que são retidos na coalhada e; ii) aqueles que são perdidos no soro. A coalhada retém a maior parte da gordura e caseína do leite, enquanto o soro contém principalmente água, lactose, proteínas e minerais que são solúveis no pH em que o queijo é processado.

Os teores de proteína e gordura do leite de búfala (Tabela 4) representam os componentes de maior interesse econômico, pois afetam diretamente o rendimento industrial dos queijos, como observado nesta pesquisa.

Verificou-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para o rendimento bruto dos queijos adicionado de leite de vaca em diferentes proporções (Figura 8). À medida que aumentou o nível de inclusão de leite bovino, observou-se menor rendimento dos queijos, ou seja, foi necessário maior volume de leite para a fabricação destes.

Como apresentado, a muçarela de búfala apresentou maior rendimento industrial, em comparação ao de vaca, decorrente dos maiores teores de proteína e gordura do leite. Apesar das misturas de leite não apresentarem diferença quanto ao percentual de proteína (Tabela 5), verificou-se redução nos teores de proteínas dos queijos adicionados de leite bovino (Tabela 11), justificando a necessidade de maior volume de leite para a elaboração destes. Para a fabricação do queijo adicionado com

50% de leite de vaca foram necessários aproximadamente 9 litros de leite/kg de queijo. Assim, quando produzido em grande escala gerará prejuízos econômicos às indústrias.



**Figura 8** – Efeito da adição de leite de vaca sobre o rendimento bruto do queijo muçarela (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala)

De acordo com Aquarone et al. (2001), dentre as proteínas presentes no leite as caseínas exercem papel importante na fabricação de queijos, determinam a coagulação e o rendimento, pois quanto maior sua concentração no sistema coloidal maior o rendimento. As caseínas encontram-se dispersas no leite e estão organizadas na forma de micelas, compostas de  $\alpha_{s1}$ -caseína,  $\alpha_{s2}$ -caseína,  $\beta$ -caseína e fosfato de cálcio coloidal. A k-caseína, única entre as caseínas que não precipita na presença do íon cálcio, encontra-se na superfície externa da micela, exercendo efeito protetor sobre as demais caseínas. Segundo Farkey (2004), com a ação de enzimas proteolíticas ocorre a hidrólise das ligações 105 e 106 da k-caseína, desestabilizando-a e expondo as demais caseínas aos íons de cálcio. É a quebra desse efeito protetor que permite a fabricação de queijos. Dessa forma, a maior ou menor concentração de caseína e glóbulos de gorduras retidos na coalhada, que irão determinar o maior rendimento do produto. Por apresentar maior teor de caseína em relação ao leite de búfala, o queijo muçarela elaborado com leite bubalino possui maior rendimento industrial.

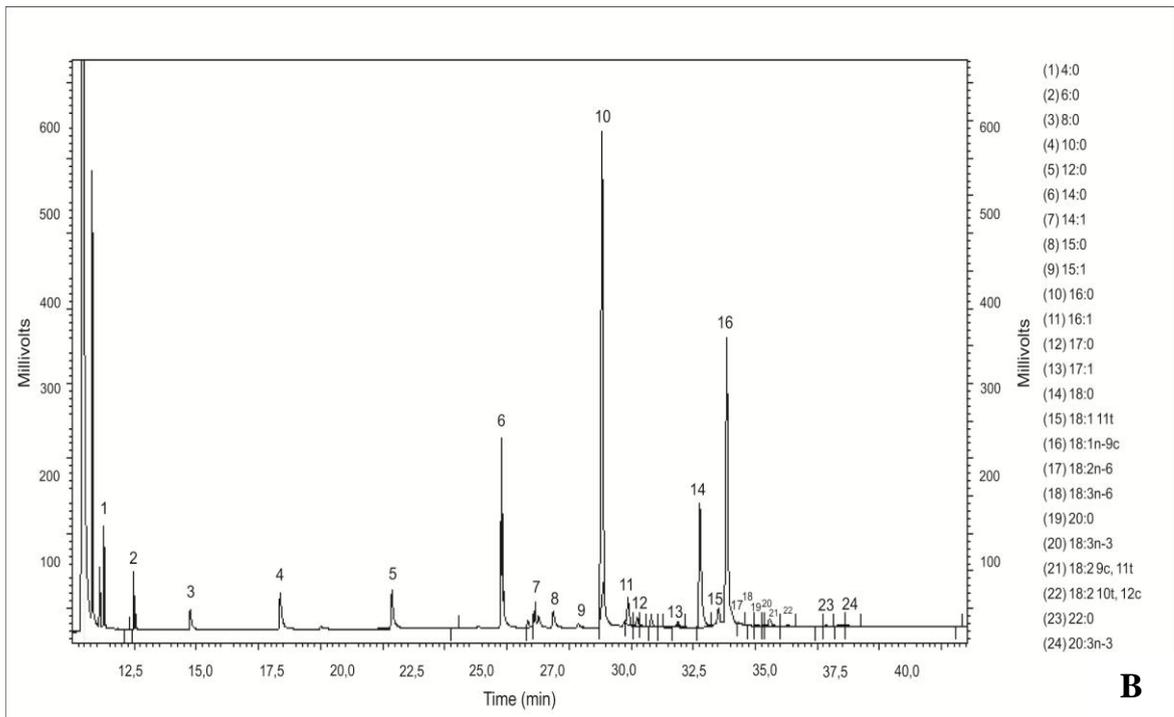
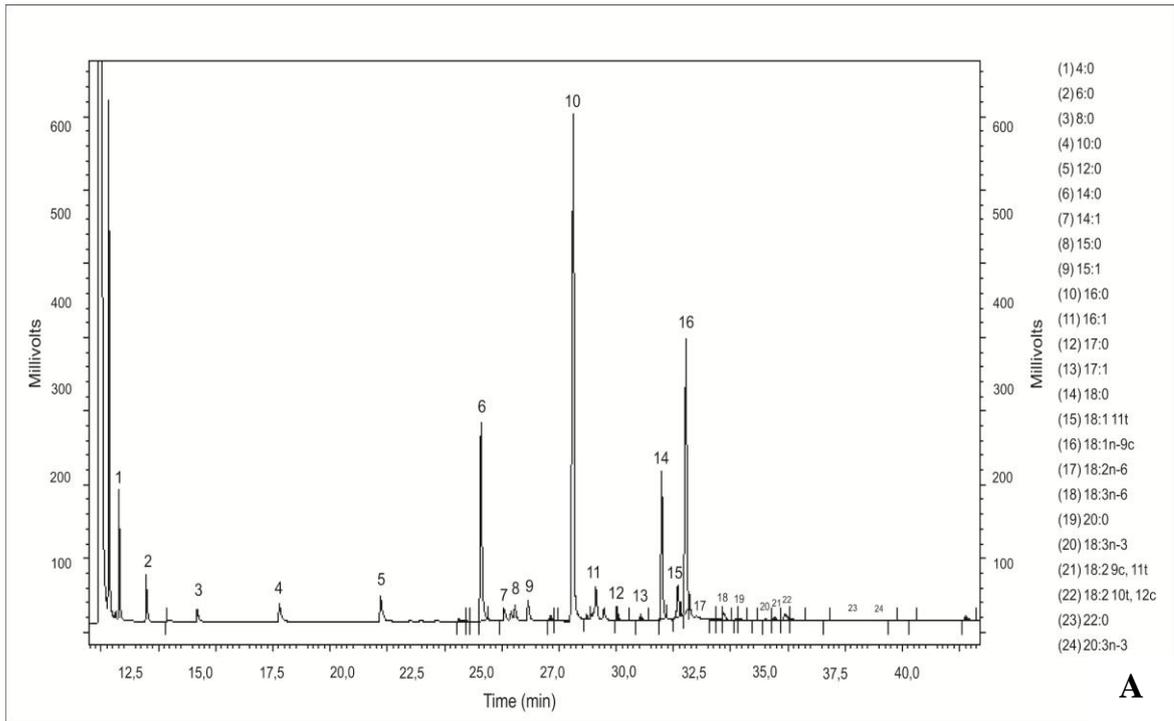
#### 5.2.4 Composição de Ácidos Graxos

Foram identificados e quantificados 24 ácidos graxos presentes na gordura dos queijos muçarela de búfala e vaca (Figura 9), sendo a diferença entre eles de aproximadamente 67%. Os valores médios obtidos para os ácidos graxos das amostras foram agrupados conforme o grau de saturação. Observou-se que o ácido palmítico (16:0), ácido oleico (18:1n-9c), ácido mirístico (14:0) e ácido esteárico (18:0) foram os ácidos graxos de maior participação na gordura dos queijos muçarela de búfala e vaca (Tabela 16). Oliveira et al. (2009) e Romano et al. (2011), também observaram maior concentração destes ácidos na composição de AG da muçarela de búfala.

**Tabela 16** – Quantidade de ácidos graxos, em mg.g<sup>-1</sup> de lipídios, presentes nos queijos muçarela de búfala e vaca

Ácidos Graxos	Queijo muçarela		CV (%)
	Búfala	Vaca	
<b>Saturados</b>			
4:0	60,57 <sup>a</sup> ± 0,48	41,20 <sup>b</sup> ± 0,72	6,03
6:0	27,00 <sup>a</sup> ± 0,93	28,86 <sup>a</sup> ± 0,69	10,44
8:0	11,15 <sup>b</sup> ± 0,24	17,15 <sup>a</sup> ± 0,47	11,23
10:0	19,17 <sup>b</sup> ± 0,72	33,39 <sup>a</sup> ± 0,91	14,42
12:0	26,27 <sup>b</sup> ± 0,50	39,70 <sup>a</sup> ± 0,64	11,27
14:0	138,79 <sup>b</sup> ± 0,78	140,42 <sup>a</sup> ± 0,55	3,67
15:0	17,35 <sup>a</sup> ± 0,56	15,90 <sup>a</sup> ± 0,52	5,92
16:0	405,08 <sup>a</sup> ± 0,95	362,24 <sup>b</sup> ± 0,70	1,93
17:0	10,54 <sup>a</sup> ± 0,02	7,93 <sup>a</sup> ± 0,23	9,46
18:0	105,83 <sup>b</sup> ± 0,42	130,23 <sup>a</sup> ± 0,64	13,34
20:0	2,00 <sup>a</sup> ± 0,28	1,66 <sup>a</sup> ± 0,16	8,12
22:0	0,85 <sup>a</sup> ± 0,06	0,49 <sup>b</sup> ± 0,12	8,44
<b>Monoinsaturados</b>			
14:1	6,67 <sup>a</sup> ± 0,06	4,49 <sup>b</sup> ± 0,05	11,96
15:1	3,68 <sup>a</sup> ± 0,35	3,60 <sup>a</sup> ± 0,43	8,72
16:1	18,08 <sup>a</sup> ± 0,57	14,48 <sup>b</sup> ± 0,11	15,29
17:1	4,93 <sup>a</sup> ± 0,57	4,95 <sup>a</sup> ± 0,57	9,23
18:1 11t	21,22 <sup>a</sup> ± 0,35	15,17 <sup>b</sup> ± 0,36	16,30
18:1n-9c	176,01 <sup>b</sup> ± 0,52	234,53 <sup>a</sup> ± 0,78	10,57
<b>Poli-insaturados</b>			
18:2n-6	4,83 <sup>b</sup> ± 0,39	6,18 <sup>a</sup> ± 0,31	10,29
18:2 9c, 11t	6,84 <sup>a</sup> ± 0,32	7,24 <sup>a</sup> ± 0,96	13,38
18:2 10t, 12c	3,22 <sup>a</sup> ± 0,44	3,07 <sup>a</sup> ± 0,29	3,53
18:3n-3	3,31 <sup>a</sup> ± 0,18	2,85 <sup>b</sup> ± 0,47	7,75
18:3n-6	0,28 <sup>a</sup> ± 0,03	0,14 <sup>b</sup> ± 0,06	13,80
20:3n-3	0,69 <sup>a</sup> ± 0,06	0,45 <sup>b</sup> ± 0,09	5,43

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F (P<0,05); CV = Coeficiente de Variação.



**Figura 9.** Cromatograma das amostras de queijos muçarela de búfala (A) e muçarela de vaca (B)

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre os queijos muçarela de búfala e vaca quanto aos Ácidos Graxos Saturados (AGS), ácido butírico (4:0), ácido caprílico (8:0), ácido cáprico (10:0), ácido láurico (12:0), ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico e ácido behênico (22:0). A ingestão de AGS está relacionada ao aumento do colesterol total e das Lipoproteínas de Baixa Densidade (LDL) (RIOUX et al., 2000; FRENCH et al., 2003 ). Dentre estes, os ácidos graxos mirístico, palmítico e láurico apresentam maior poder hipercolesterolêmico, em ordem decrescente de atividade (TONIAL et al., 2010). Destaca-se que o ácido mirístico possui ação 4 vezes maior que o palmítico e láurico (ULBRICHT & SOUTHGATE, 1991).

O ácido esteárico, embora saturado, parece não possuir efeito sobre as lipoproteínas sanguíneas, isto porque, quando ingerido este ácido é convertido rapidamente em ácido oleico no fígado, pela ação da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase (CAMOLAS & SOUSA, 2010; LIMA et al., 2011).

O queijo muçarela de búfala apresentou menores concentrações de ácido mirístico ( $138,79 \text{ mg.g}^{-1}$ ) e ácido láurico ( $26,27 \text{ mg.g}^{-1}$ ) e maior teor de ácido palmítico ( $405,08 \text{ mg.g}^{-1}$ ) em comparação à muçarela elaborada com leite bovino. Destaca-se, que o ácido mirístico é o principal ácido graxo saturado responsável por elevar o colesterol total e LDL, sendo este encontrado em menor quantidade na muçarela elaborada com leite de búfala.

Do total de ácidos graxos presentes na gordura dos queijos muçarela, os valores médios obtidos para o grupo de ácidos graxos hipercolesterolêmicos foram de aproximadamente 53,10% para a muçarela de búfala e 48,60% para a muçarela de vaca. Apesar do queijo de búfala apresentar menor teor de ácido 14:0, o mesmo possui maior quantidade de ácidos hipercolesterolêmicos em sua composição lipídica. Este resultado já era esperado, visto que o leite bubalino também apresentou maior proporção destes ácidos.

A ingestão de Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM), ao contrário dos ácidos graxos saturados, traz benefícios à saúde, reduzindo as lipoproteínas de baixa densidade (LOTTENBERG, 2009). Para estes ácidos, verificou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre os queijos avaliados quanto aos ácidos miristoleico (14:1), palmitoleico (16:1), vacênico (18:1 11t) e oleico (18:1n-9c). O ácido oleico, caracterizado pelo seu efeito hipocolesterolêmico (FERNANDES et al., 2009), foi o AGM presente em maior

quantidade (234,53 mg.g<sup>-1</sup>) na muçarela de vaca, superando em 33,30% o queijo muçarela de búfala.

Dentre os Ácidos Graxos Poli-insaturados (AGPI) presentes na gordura do queijo, houve diferença (P<0,05) em relação à concentração de ácido linoleico (18:2n-6), ácido alfa-linolênico (18:3n-3), ácido gama-linolênico (18:3n-6) e ácido homo-alfa-linolênico (20:3n-3).

Dos ácidos graxos pertencentes à família ômega-3 (n-3), foram observados maiores quantidades de ácido linolênico (3,31 mg.g<sup>-1</sup>) e ácido homo-alfa linolênico (0,69 mg.g<sup>-1</sup>) para o queijo muçarela de búfala. Para os teores de ácidos graxos referentes à família ômega-6 (n-6), verificou-se maior valor de ácido oleico (8,18 mg.g<sup>-1</sup>) para o queijo muçarela de vaca. O ácido graxo gama-linolênico estava presente em maior quantidade (0,28 mg.g<sup>-1</sup>) nas amostras de queijo de búfala.

O ácido linoleico (18:2n-6) e ácido alfa-linolênico (18:3n-3) não são produzidos pelo organismo humano e devem ser obtidos pela alimentação, por isso são considerados ácidos graxos essenciais. Os demais ácidos graxos das famílias n-3 e n-6 podem ser obtidos por meio de dieta ou produzidos pelo organismo a partir da síntese dos ácidos 18:2n-6 e 18:3n-3, pela ação de enzimas *elongase* e *dessaturase*. As *elongases* atuam adicionando dois átomos de carbono à parte inicial da cadeia, e as *dessaturases* agem oxidando dois carbonos da cadeia, originando uma dupla ligação com a configuração *cis* (CALDER, 2003; MARTIN et al., 2006).

O consumo dos AGPI ômega-3 está associado à diminuição de níveis de colesterol total, LDL, triglicérides e, conseqüentemente, aumento dos níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL) (WAITZBERG, 2011). Dessa forma, observou-se que o queijo muçarela de búfala apresentou maiores teores de ácidos graxos da família n-3, quando comparado com a muçarela bovina, resultado positivo para esse tipo de produto. Embora a ingestão de AGPI traga benefícios à saúde é necessário que haja uma dieta equilibrada entre as famílias de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6. Excessiva quantidade de ácido n-6 e deficiência de ácido n-3 irá provocar o desenvolvimento de doenças crônicas (SIMOPOULUS, 2008).

Em relação ao ácido rumênico (18:2c, 9t11) e ácido trans-10, cis-12-octadecadienoico (18:2t, 10c12), isômeros do ácido linoleico (CLA), não foram observadas diferenças na concentração destes ácidos nos queijos muçarela de búfala e vaca. Embora o leite de búfala tenha apresentado diferença do leite de vaca quanto ao

teor de ácido rumênico, esta diferença não foi verificada entre os queijos. Este resultado pode ser explicado pelo tratamento térmico que o leite é submetido durante o processamento do queijo, podendo ter ocorrido perdas deste ácido nos leites de búfala e vaca durante a pasteurização.

Foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) linear decrescente para alguns AGS e crescente para outros. Assim, o ácido butírico (4:0), ácido palmítico (16:0) e ácido behênico (22:0) diminuíram, enquanto a concentração de ácido caprílico (8:0) e ácido cáprico (10:0) aumentou com a inclusão de leite bovino (Tabela 17). A redução de ácido palmítico e ácido behênico também foi observada nas misturas do leite (Tabela 7).

**Tabela 17** – Quantidade de ácidos graxos, em  $\text{mg.g}^{-1}$  de lipídios, presentes nos queijos muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Ácidos Graxos	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
<b>Saturados</b>										
4:0 <sup>2</sup>	60,57	63,48	55,92	42,67	54,51	45,77	14,81	0,012	ns	ns
6:0	27,00	26,95	26,48	21,97	28,24	26,35	10,20	ns	ns	ns
8:0 <sup>3</sup>	11,15	11,77	11,56	10,78	13,44	13,22	7,23	0,006	ns	ns
10:0 <sup>4</sup>	19,17	19,19	21,21	20,00	24,06	25,28	10,00	0,002	ns	ns
12:0	26,27	25,67	27,65	26,18	25,95	30,09	13,07	ns	ns	ns
14:0	138,79	140,39	136,35	127,31	134,13	129,16	9,41	ns	ns	ns
15:0	17,35	16,88	17,03	15,67	17,41	16,41	12,39	ns	ns	ns
16:0 <sup>5</sup>	405,08	413,63	386,61	337,10	372,16	341,28	9,17	0,014	ns	ns
17:0	10,54	11,42	10,68	9,85	10,91	7,44	17,10	ns	ns	ns
18:0	105,83	114,19	106,34	109,54	134,86	106,36	11,21	ns	ns	ns
20:0	2,00	1,63	1,79	1,90	2,15	1,67	14,98	ns	ns	ns
22:0 <sup>6</sup>	0,84	0,82	0,80	0,76	0,69	0,67	12,24	0,023	ns	ns
<b>Monoinsaturados</b>										
14:1	6,67	6,41	6,18	5,62	5,93	4,82	13,78	ns	ns	ns
15:1	3,68	3,74	3,60	3,56	3,96	3,07	13,60	ns	ns	ns
16:1 <sup>7</sup>	18,08	17,25	17,98	13,56	14,51	14,73	16,26	0,040	ns	ns
17:1	4,93	5,41	5,40	5,04	5,57	4,45	13,94	ns	ns	ns
18:1 11t	21,22	19,85	18,75	16,29	19,89	17,61	12,65	ns	ns	ns
18:1n-9c	175,99	199,65	187,03	185,72	223,45	171,90	13,83	ns	ns	ns
<b>Poli-insaturados</b>										
18:2n-6	4,83	6,25	5,59	4,70	6,05	5,43	13,57	ns	ns	ns
18:3n-6	0,14	0,22	0,15	0,15	0,20	0,17	19,50	ns	ns	ns
18:2 9c, 11t	6,84	6,63	6,25	6,07	7,10	6,14	21,33	ns	ns	ns
18:2 10t, 12c	3,22	2,97	2,95	2,84	2,87	2,74	12,34	ns	ns	ns
18:3n-3	3,31	3,80	2,85	2,86	3,11	2,79	15,75	ns	ns	ns
20:3n-3 <sup>8</sup>	0,45	0,53	0,52	0,54	0,46	0,48	8,02	ns	ns	ns

<sup>1</sup> ns = não-significativo ( $P > 0,05$ ); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup>  $\hat{Y} = -0,3262X + 61,974$  ( $R^2 = 0,56$ ); <sup>3</sup>  $\hat{Y} = 0,0417X + 10,945$  ( $R^2 = 0,51$ ); <sup>4</sup>  $\hat{Y} = 0,1256X + 18,346$  ( $R^2 = 0,81$ ); <sup>5</sup>  $\hat{Y} = -1,4083X + 411,19$  ( $R^2 = 0,68$ ); <sup>6</sup>  $\hat{Y} = -0,0037X + 0,8548$  ( $R^2 = 0,95$ ); <sup>7</sup>  $\hat{Y} = -0,084X + 18,118$  ( $R^2 = 0,63$ ); <sup>8</sup>  $\hat{Y} = -0,0001X^2 + 0,0051X + 0,465$  ( $R^2 = 0,55$ ); CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle).

Dos Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM) identificados nas amostras de queijo muçarela adicionado de leite de vaca, apenas o ácido palmitoleico (16:1) foi afetado ( $P < 0,05$ ) pela inclusão de leite de vaca, apresentando efeito linear decrescente. Assim, a inclusão de leite bovino não afetou a composição de AGM, uma vez que o ácido palmitoleico representa apenas 16,7% do total destes ácidos. A ingestão de ácidos graxos monoinsaturados auxilia na redução do colesterol total, promovendo à saúde.

A adição de leite de vaca não afetou ( $P > 0,05$ ) a composição de Ácidos Graxos Poli-insaturados (AGPI) dos queijos muçarela de búfala contendo diferentes níveis de inclusão de leite bovino.

Em relação ao somatório de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional da gordura dos queijos muçarela de búfala e vaca, observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) apenas no somatório dos ácidos graxos da família ômega-6 e na razão n-6/n-3, respectivamente, com maiores concentrações para a muçarela bovina (Tabela 18). Segundo Lima et al. (2011), a razão ômega 6 e ômega 3 é um importante indicador da qualidade nutricional por influenciar os fatores de riscos relacionados ao aparecimento de câncer, doenças coronarianas e à formação de coágulos que podem levar a ataques cardíacos.

**Tabela 18** – Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos queijos muçarela de búfala e vaca

Ácidos Graxos	Queijo muçarela		CV (%)
	Búfala	Vaca	
<b>Somatórios (mg.g<sup>-1</sup>)</b>			
$\sum$ AGS <sup>1</sup>	824,55 <sup>a</sup> ± 0,56	811,17 <sup>a</sup> ± 0,81	6,03
$\sum$ AGM <sup>2</sup>	230,59 <sup>a</sup> ± 0,26	277,22 <sup>a</sup> ± 0,70	10,44
$\sum$ AGPI <sup>3</sup>	15,87 <sup>a</sup> ± 0,47	19,93 <sup>a</sup> ± 0,56	11,23
$\sum$ CLA <sup>4</sup>	10,06 <sup>a</sup> ± 0,56	10,32 <sup>a</sup> ± 0,62	14,42
$\sum$ n-6 <sup>5</sup>	5,11 <sup>b</sup> ± 0,41	6,33 <sup>a</sup> ± 0,40	11,27
$\sum$ n-3 <sup>6</sup>	4,01 <sup>a</sup> ± 0,23	3,34 <sup>a</sup> ± 0,53	3,67
<b>Índices de Qualidade Nutricional</b>			
AGPI/AGS <sup>7</sup>	0,02 <sup>a</sup> ± 0,02	0,03 <sup>a</sup> ± 0,01	11,96
n-6/n-3 <sup>8</sup>	1,28 <sup>b</sup> ± 0,03	1,90 <sup>a</sup> ± 0,36	8,72
IA <sup>9</sup>	4,13 <sup>a</sup> ± 0,17	3,38 <sup>a</sup> ± 0,38	15,29
IT <sup>10</sup>	5,01 <sup>a</sup> ± 0,22	4,17 <sup>a</sup> ± 0,47	9,23
AGD <sup>11</sup>	355,18 <sup>a</sup> ± 0,83	425,43 <sup>a</sup> ± 0,90	6,54

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste F ( $P < 0,05$ ); <sup>1</sup>Somatório de Ácidos Graxos Saturados (4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 13:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0 e 22:0); <sup>2</sup>Somatório de Ácidos Graxos Monoinsaturados (14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1n-7t e 18:1n-9c); <sup>3</sup>Somatório de Ácidos Graxos Poli-insaturados (18:2n-6, CLAc9t11, CLAt10c12, 18:3n-3, 20:3n-3); <sup>4</sup>Somatório do Ácido Linoléico Conjugado (CLAc9t11 e CLAt10c12); <sup>5</sup>Somatório do Ômega-6 (18:2n-6 e 20:3n-6); <sup>6</sup>Somatório do Ômega-3 (18:3n-3 e 20:3n-3); <sup>7</sup>Relação entre os Ácidos Graxos Poli-insaturados e Saturados; <sup>8</sup>Relação entre os ácidos graxos da família Ômega-6 e Ômega-3; <sup>9</sup>Índice de Aterogenicidade; <sup>10</sup>Índice de Trombogenicidade; <sup>11</sup>Ácidos Graxos Desejáveis; CV = Coeficiente de Variação.

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, sugere que a razão n-6/n-3 ideal seja entre 5 e 10 (FAO, 2007). De acordo com o Institute of Medicine (2002), a relação satisfatória da razão entre n-6/n-3 é de 10:1. Neste trabalho, foram observados valores de 1,28 e 1,90 para os queijos muçarela de búfala e vaca, respectivamente. Resultado considerado baixo comparado ao descrito anteriormente, fato já esperado por se tratar de um produto lácteo. Romano et al. (2011) observaram razão n-6/n-3 de 2,20 para a muçarela de búfala.

O ácido mirístico apresenta quatro vezes mais efeito aterogênico em relação aos demais ácidos hipercolesterolêmicos. Apesar de este ácido ter sido encontrado em maior quantidade no queijo muçarela de vaca (Tabela 16), não foi suficiente para aumentar o índice de aterogenicidade (IA) na muçarela de vaca, visto que não foi observado diferença ( $P>0,05$ ) entre os queijos muçarela de búfala e vaca em relação a esse índice.

Na literatura são raras as referências que avaliam o índice de aterogenicidade, principalmente, no que se refere à muçarela búfala. De acordo com Bobe et al. (2004), produtos lácteos, comumente, apresentam IA próximo de 2,0. Neste trabalho, os valores encontrados para a muçarela de búfala e muçarela de vaca foram de 4,13 e 3,38, respectivamente.

O ácido esteárico (18:0) compõe, junto aos ácidos graxos insaturados, os ácidos graxos desejáveis (GD). Assim, mesmo observando maior quantidade deste ácido na muçarela de vaca (Tabela 16), não foi verificada diferença ( $P>0,05$ ) entre os queijos muçarela de búfala e vaca quanto à concentração de AGD.

Não foi observada influência ( $P>0,05$ ) da inclusão de leite de vaca no somatório de ácidos graxos (AGS, AGM, AGPI, CLA, n-6 e n-3) e índices de qualidade nutricional (razão AGPI/AGS, razão n-6/n-3, IA, IB e AGD) dos queijos muçarela adicionado de leite bovino (Tabela 19).

De acordo com Turan et al. (2007), o índice de aterogenicidade indica o potencial de estímulo à agregação plaquetária e quanto menor esses índices, maior será a chance de prevenção de doenças coronarianas, isso, devido a maior quantidade de ácidos graxos antiaterogênicos presentes na gordura. A adição de leite de vaca não provocou efeito neste índice, apresentando valores entre 4,13 e 3,82.

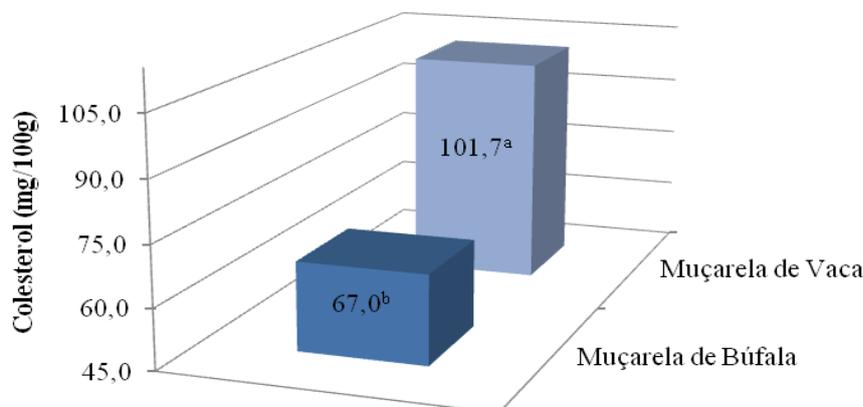
**Tabela 19** – Valores médios relativos aos somatórios de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos queijos muçarela de búfala contendo diferentes níveis de adição de leite de vaca

Ácidos Graxos	Adição de leite de vaca (%)						CV (%)	Valor de P <sup>1</sup>		
	0	10	20	30	40	50		L	Q	C
<b>Somatórios (mg.g<sup>-1</sup>)</b>										
∑ AGS <sup>2</sup>	824,92	846,27	802,65	718,06	799,66	735,12	7,95	ns	ns	ns
∑ AGM <sup>3</sup>	230,58	252,31	238,95	229,79	273,31	216,59	11,85	ns	ns	ns
∑ AGPI <sup>4</sup>	18,78	20,39	17,79	17,15	19,94	17,28	10,01	ns	ns	ns
∑ CLA <sup>5</sup>	10,06	9,59	9,19	8,90	9,97	8,88	15,52	ns	ns	ns
∑ n-6 <sup>6</sup>	4,97	6,47	5,75	4,85	6,25	5,60	12,78	ns	ns	ns
∑ n-3 <sup>7</sup>	3,75	4,32	2,85	3,40	3,72	2,79	13,67	ns	ns	ns
<b>Índices de Qualidade Nutricional</b>										
AGPI/AGS <sup>8</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	8,26	ns	ns	ns
n-6/n-3 <sup>9</sup>	1,33	1,49	2,03	1,44	1,72	2,01	13,03	ns	ns	ns
IA <sup>10</sup>	4,13	3,80	3,87	3,59	3,38	3,82	8,58	ns	ns	ns
IT <sup>11</sup>	5,01	4,67	4,78	4,45	4,15	4,75	7,04	ns	ns	ns
AGD <sup>12</sup>	355,18	386,89	363,08	356,49	403,28	340,22	8,69	ns	ns	ns

<sup>1</sup>ns = não-significativo (P>0,05); L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica para os diferentes níveis de adição de leite de vaca; <sup>2</sup>Somatório de Ácidos Graxos Saturados (4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 13:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0 e 22:0); <sup>3</sup>Somatório de Ácidos Graxos Monoinsaturados (14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1n-7t e 18:1n-9c); <sup>4</sup>Somatório de Ácidos Graxos Poli-insaturados (18:2n-6, CLAc9t11, CLAt10c12, 18:3n-3, 20:3n-3); <sup>5</sup>Somatório do Ácido Linoléico Conjugado (CLAc9t11 e CLAt10c12); <sup>6</sup>Somatório do Ômega-6 (18:2n-6 e 20:3n-6); <sup>7</sup>Somatório do Ômega-3 (18:3n-3 e 20:3n-3); <sup>8</sup>Relação entre os Ácidos Graxos Poli-insaturados e Saturados; <sup>9</sup>Relação entre os ácidos graxos da família Ômega-6 e Ômega-3; <sup>10</sup>Índice de Aterogenicidade; <sup>11</sup>Índice de Trombogenicidade; <sup>12</sup>Ácidos Graxos Desejáveis; CV = Coeficiente de Variação; 0% = tratamento apenas com leite de búfala (controle).

### 5.2.5 Colesterol

Verificou-se diferença (P<0,05) na concentração de colesterol presentes nos queijos muçarela de búfala e vaca (Figura 10). A muçarela de vaca apresentou maiores valores de colesterol, superando em aproximadamente 52% o queijo muçarela elaborado com leite bubalino.



**Figura 10** – Concentração de colesterol, em mg.100 g<sup>-1</sup>, presentes nas amostras de queijo muçarela de búfala e vaca

De acordo com a tabela brasileira de composição de alimentos (TACO, 2011), a quantidade de colesterol para a muçarela de vaca é de 80 mg.100 g<sup>-1</sup> de queijo. O resultado apresentado nesta pesquisa está acima do relato descrito, em que a concentração de colesterol para o queijo muçarela de vaca foi de 101,7 mg.100 g<sup>-1</sup>, superando em 27,10% o encontrado na literatura.

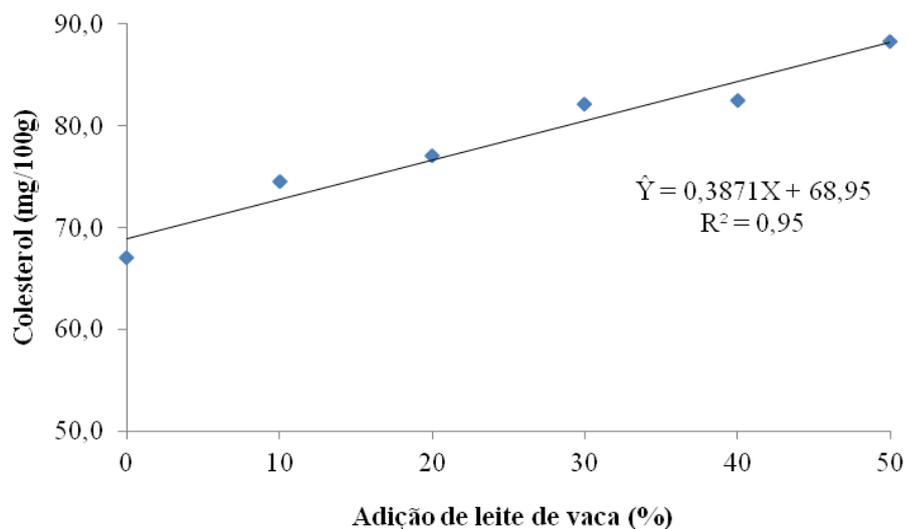
No entanto, comparando os dados de colesterol da tabela brasileira de composição com a quantidade encontrada neste trabalho para o queijo muçarela de búfala, observou-se concentração de colesterol de 67,0 mg.100 g<sup>-1</sup>, valor este abaixo do verificado na literatura. Segundo Domene (2003), recomenda-se que a ingestão diária de colesterol para indivíduos saudáveis fique entre 250 e 300 mg. Dessa forma, ao consumir de 100 a 200 g de muçarela de búfala por dia não irá ultrapassar o limite máximo de ingestão diária.

De acordo com Lottenberg (2009), o alto consumo de colesterol eleva a colesterolemia e pode induzir a aterosclerose precoce. Apesar de o colesterol alimentar relacionar-se à elevação do colesterol plasmático, seu efeito é menor quando comparado a outras variáveis alimentares, como ingestão de ácidos graxos saturados e trans, ou mesmo ao consumo total de gordura. Embora a muçarela de búfala apresente maior teor de gordura (Tabela 11), a mesma pode ser considerada boa em função dos teores de ácidos graxos insaturados presentes neste queijo (Tabela 16).

O aumento do colesterol total e LDL está relacionado ao consumo de ácidos graxos saturados (HU et al., 2001). Embora a muçarela de búfala tenha apresentado maior proporção de ácidos graxos hipercolesterolêmicos (Tabela 16), a mesma apresentou menor teor de ácido mirístico (14:0) em relação à muçarela de búfala.

Observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) linear crescente para a inclusão de leite de vaca em diferentes proporções sobre a concentração de colesterol presentes no queijo muçarela (Figura 11).

Como constatado anteriormente (Figura 8), o queijo muçarela de búfala apresenta menor quantidade de colesterol em relação ao queijo elaborado com leite de vaca. A mistura do leite das duas espécies provocou um aumento no nível de colesterol dos queijos em aproximadamente 32%, proporcional ao aumento do colesterol das misturas de leite (Figura 4), caracterizando-se como amostras menos saudáveis em relação ao produto original.



**Figura 11** – Efeito da adição de leite de vaca sobre a concentração de colesterol, em  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , presentes no queijo (0% = tratamento controle, apenas leite de búfala)

A autenticidade do produto garante a confiabilidade por parte dos consumidores. Assim, a análise de colesterol pode vir a ser uma alternativa na identificação de fraude mediante mais testes. Visto que, os resultados obtidos possibilitaram verificar um aumento da quantidade de colesterol a partir da adição de leite de vaca em diferentes proporções.

## CONCLUSÕES

O leite de búfala apresentou composição e características distintas do leite de vaca. A inclusão de leite bovino aumentou o teor de colesterol, não alterando consideravelmente a composição de ácidos graxos e índice de qualidade nutricional das misturas de leite.

A adição, no processamento, de leite de vaca ao leite de búfalas alterou negativamente os atributos de textura e cor, elevou o teor de colesterol e não alterou a composição de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional dos queijos muçarela elaborados.

Os testes instrumentais de textura e cor, bem como análise de colesterol demonstraram diferenças significativas que podem ser utilizadas na detecção de adulterações da muçarela de búfala com leite de vaca, apresentando potencial alternativa para os serviços de controle de qualidade do queijo muçarela de búfala.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCB. Associação Brasileira de Criadores de Búfalos. **Criador mostra porque criar de búfalos é vantajoso**. ABCB Notícias. São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.bufalo.com.br/not00111.html>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

ABCB. Associação Brasileira de Criadores de Búfalos. **Desempenho da produção dos laticínios com Selo de Pureza 100% Búfalo**. ABCB Notícias. São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.bufalo.com.br/not00097.html>>. Acesso em: 27 mar. 2012.

ABUGHAZALEH, A. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R.; KALSCHUR, K. F.; WHITLOCK, L. A. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p.2266-2276, 2002.

ACKMAN, R.G. The analyses of fatty acids and related materials by gás-liquid chromatography. **Progress in the Chemistry of fats & Other lipids**, v.12, p.165-284, 1972.

AHMAD, S.; GAUCHER, I.; ROUSSEAU, F.; BEAUCHER, E.; PIOT, M.; GRONGNET, J.F.; GAUCHERON, F. Effects of acidification on physicochemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cow's milk. **Food Chemistry**, v.106, p.11-17, fev./abr. 2008.

ALBUQUERQUE, L.C. **Os queijos no mundo**. Juiz de Fora: ILCT, 2003. v.5.

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, abril/jun. 2005.

AMARAL, F.R.; DE CARVALHO, L.B.; DA 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, abril/jun. 2005.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A. **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Blucher, 2001, p.225-251.

ARAÚJO, T.P.M.; RANGEL, A.H.N.; SOARES, A.D.; LIMA, T.C.C.; LIMA JÚNIOR, D.M.; NOVAES, L.P. Influência das estações do ano sobre a composição do leite de búfalas mantido em tanque de resfriamento. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Santa Cecília, v.7, n.1, p.1-5, jan./mar. 2011.

BANNON, C.D.; BREEN, G.J.; CRASKE, J.D.; HAI, N.T.; HARPER, N.L.; O'ROURKE, K.L. Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. **Journal of Chromatography**, v.247, p.71-89, 1982.

BASTIANETTO, E. Aspectos Econômicos da Criação de Bubalinos em Minas Gerais. In: II Simpósio Mineiro de Buiatria. 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Minas Gerais: Associação de Buiatria de Minas Gerais (ABMG), p. 1-14.

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

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911- 917, 1959.

BOBE, G.; ZIMMERMAN, S.; HAMMOND, E.G.; FREEMAN, G.; LINDBERG, G.L.; DONALD, C.B. Texture of butters made from milks differing in indices of atherogenicity. **Iowa State University Animal Industry Report**. Dairy, p.1-3, 2004.

BOURNE, M. Food texture and viscosity. 2ª ed. New York: Academic Press, 2002.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 set. 1990, Seção 1.

BRASIL. Portaria nº 364, de 4 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Mozzarella (Muzzarella ou Mussarela). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 set. 1997. Seção 1.

BRASIL. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2006. Seção 1.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 jul. 2007, Seção 1.

BRASIL. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. de 2011. Seção 1.

BUZI, K.A.; PINTO, J.P.A.N.; RAMOS, P.R.R.; BIONDI, G.F. Análise microbiológica e caracterização eletroforética do queijo mussarela elaborado a partir de leite de búfala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.1, p.7-11, jan./mar. 2009.

CALDEIRAS, L.A.; FERRÃO, S.P.B.; FERNANDES, S.A.A.; MAGNAVITA, A.P.A.; SANTOS, T.D.R. Índices de qualidade nutricional da fração lipídica do leite de búfalas da raça Murrah produzido em diferentes fases de lactação. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.69, n.4, p.545-54, set./abr. 2010.

CALDER, P. C. Long-chain n-3 fatty acids and inflammation: potential application in surgical and trauma patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, n.4, p.433-446, set./dez. 2003.

CAMOLAS, J.M.L.; SOUSA, J.C. Ingestão de Gordura e Doença Cardiovascular. **Revista Fatores de Risco**, n.16, p.72-75, jan./mar. 2010.

CAMPANILE, G.; BERNADES, O.; BASTINETTO, E.; BARUSELLI, P.S.; ZICARELLI, L.; VECCHIO, D. **Manejo de búfalas leiteiras**. Associação Brasileira de Criadores de Búfalas (ABCB). Buffalotec. São Paulo, 2007. p.1-92. Disponível em: <[http://paineirasdaingai.bufalos.org/manejo\\_buf\\_leite.pdf](http://paineirasdaingai.bufalos.org/manejo_buf_leite.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2012.

CARMO, C.M. **Obtenção do shelf life em queijo mozzarella baseado na avaliação quantitativa e qualitativa dos grupos coliformes e estafilococos**. 2006, 108 f. Dissertação (Mestre em Ciências Veterinárias), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CHIESA, M.O.; SATO, R.T.; HARA, E.T.; RENSIS, C.M.V.B. Emprego da metodologia de superfície de resposta para avaliação da capacidade de derretimento de queijo mussarela light. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, Paraná, v.11, n.4, p.55-58, 2009.

CHIESA, M.O.; CAMISA, J.; VIEIRA, A.T.B.; VIANNA, P.C.B.; RENSIS, C.M.V.B. Avaliação da composição química, proteólise e propriedades funcionais do queijo mussarela comercial com teor reduzido de gordura. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.66, n.381, p.28-33, jul./ago. 2011.

CHIN, S.F.; LIU, W.; STORKSON, J.M.; HA, Y.L.; PARIZA, M.W. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.5, n.3, p.185-197, set. 1992.

CIE. **Commission Internationale de l'Éclairage**. Colorimetry. Vienna: CIE publication, 2 ed., 1996.

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.

COSTA, R.G.; MESQUITA, I.V.U.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, N.A.; 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**, Viçosa, v.37, n.4, p.694-702, out. 2008.

COSTA, E.N.; LACERDA, E.C.Q.; SANTOS, S.M.S.; SANTOS, C.M.S.; FRANCO, M.; SILVA, R.R.; SIMIONATO, J.I. Action of successive heat treatments in bovine milk fatty acids. **Journal Brazilian Chemical Society**, v.0, n.0, p.1-6, 2011.

CUNHA NETO, O.C.; OLIVEIRA C.A. F; HOTTA, 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**, Campinas, v.25, n.3, p.448-453, jul/.set. 2005.

CZERWENKA, C.; MÜLLER, L.; LINDNER, W. Detection of the adulteration of water buffalo milk and mozzarella with cow's milk by liquid chromatography–mass spectrometry analysis of  $\beta$ -lactoglobulin variants. **Food Chemistry**, v.122, p.901-908, 2010.

DALMASSO, A.; CIVERA, T.; NEVE, F.; BOTTERO, M.T. Simultaneous detection of cow and buffalo milk in mozzarella cheese by Real-Time PCR assay. **Food Chemistry**, v.124, p.362-366, jun. 2011.

DAMÉ, M.C.F. **Búfalo: animal de tração**. Embrapa Clima Temperado. Documentos 173 versão online. Pelotas, 2006. Ed. 1, p.1-24. Disponível em: < [http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento\\_173.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_173.pdf) >. Acesso em: 13 set. 2011.

DIAS, S.S. **Avaliação da qualidade e autenticidade de derivados de leite de búfala encontrados no varejo do Rio de Janeiro**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

DIAS, S.S.; LOBATO, V.; VERRUMA-BERNARDI, M.R. Metodologias para identificar adulteração em queijos produzidos com leite de diferentes espécies de animais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.68, n.3, 2009.

D.M. Decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 18 settembre 2003. Disciplinare di produzione della denominazione di origine protetta della “Mozzarella di Bufala Campana”. **Gazzetta Ufficiale** N.258 del 6 novembre, 2003.

DOMENE, S.M.A. **Colesterol na alimentação: consumo seguro**. Serviço de Informação da carne (SIC). Campinas, 2003. Disponível em: <[http://www.sic.org.br/pdf/colesterol\\_semiramis.pdf](http://www.sic.org.br/pdf/colesterol_semiramis.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2012.

ELIAS, A.H.N.; SILVA, W.A.; OLIVEIRA, R.L.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M.; MATSUSHITA, M. Ácido linoléico conjugado (CLA) em mussarela de búfalas. In: 19º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, v.1. p.1-1.

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

FAO. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/601/default.aspx>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

FARKYE, NANA. Cheese technology. **International Journal of Dairy Technology**, v.57, n.2/3, p.91-98, mai./ago. 2004.

FELIGINI, M.; BONIZZI, I.; CURIKI, V.C.; PARMA, P.; GREPPI, G.F.; ENNE, G. Detection of adulteration in Italian mozzarella cheese using mitochondrial DNA templates as biomarkers. **Food Technol. Biotechnol**, v.43, n.1, p.91-95, fev. 2005.

FERNANDES, S. A. A.; MATTOS, W. R.; MATARAZZO, S. V.; ROSETO, C. V.; MACHADO, P. H. Componentes do leite de bubalinos ao longo da lactação no Estado de São Paulo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, n.346/347, v.60, p. 71-78, 2005.

FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W., OLIVEIRA, E. A.; OLIVEIRA, R. V.; LEONEL, F. R. Composição em ácidos graxos e qualidade da carne de tourinhos Nelore e Canchim alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.2, p.328-337, set. 2009.

FERNANDES, S.A.A.; MATTOS, W.R.S.; MATARAZZO, TONHATI, H.; GAMA, M.A.S.; LANNA, D.P.D. Total fatty acids in Murrah buffaloes milk on commercial farms in Brazil. **Italian Journal of Animal Science**, Italian, v.6, n.2, p.1063-1066, 2007.

FERNANDES, S.A.A.; MATTOS, W.R.S.; MATARAZZO, S.V.; GAMA, M.A.S.; MALHADO, C.H.M.; ETCHEGARAY, M.A.L.; LIMA, C.G. Indices of atherogenicity and thrombogenicity in milk fat from Buffaloes raised under different feeding systems. **Revista Veterinária**, Viçosa, v.21, p.562-563, 2010.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

FRENCH, P.; O'RIORDAN, E. G.; MONAHAN, F. J.; MOLONEY, A. P.; LAWLESS, F. Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. **Livestock Production Science**, v.81, p.307-317, abr./set. 2003.

FURTADO, M.M. **Manual prático da mussarela (pizza cheese)**. Campinas: Master Graf, 1997, p.70.

GANGULI, N.C. Tecnología de la leche de búfala. **Revista Mundial de Zootecnia**, v.30, p.2-10, 1979.

GARCIA, G.A.C; PENNA, A.L.B. Queijo prato com teor reduzido de gordura adicionado de enzima proteolítica: características físicas e sensoriais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.69, n.3, p.346-357, 2010.

GARCÍA-PÉREZ, F.J.; LARIO, Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS, E.; PÉREZAL-VAREZ, J.A.; SENDRA, E. Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. **Industrial Applications**, v.30, n.6, p.457-463, mar./jun. 2005.

GOMES, M.A.B. **Ácidos graxos essenciais  $\Omega$ -3 – (AAL) ácido 18:3(n-3) ácido eicosapentaenoico 20:5(n-3) e (DHA) ácido docosaenoico 22:6(n-3)**.

Universidade Estadual de Maringá. Maringá, abr. 2008, p.1-10. Disponível em: <[http://www.mariboi.com.br/\\_assets/artigos/11\\_artigo.pdf](http://www.mariboi.com.br/_assets/artigos/11_artigo.pdf)>. Disponível em: 12 dez. 2012.

GONZALEZ,H.L.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M.E.R.; GOMES, J.F.; STUMPF JÚNIOR, W.; SILVA, M.A. Avaliação da qualidade do leite na bacia leiteira de pelotas, rs. efeito dos meses do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1531-1543, out./dez. 2004.

HU, F.B.; MANSON, J.E.; WILLETT, W.C. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. **Journal of the American College of Nutrition**, v.20, n.1, p.5-19, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal**. Efetivo dos rebanhos de grande porte segundo as grandes regiões e as unidades da federação. Rio de Janeiro, 2010. v.38, p.31. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2012.

Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes (DRIs) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Part 1. Washington (DC): National Academy Press, p.1-1345, 2002. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Energy/energy\\_full\\_report.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Energy/energy_full_report.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2013.

JACK, F.R.; PATERSON, A. Texture of hard cheeses. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.3, n.7, p.160-164, 1992.

JOSEPH, J. D. & ACKMAN, R. G. Capillary column gas-chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl-esters - Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, n.3, p.488-506, 1992.

KIARELLY, D; ARAUJO, G; GHELLERT, V.A. Aspectos morfológicos, celulares e moleculares da imunidade da glândula mamária de búfalas (*Bubalus bubalis*): revisão de literatura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.29, n.2, p.77-83, abr./jun. 2005.

KISS, J. **Perspectivas otimistas para a criação de búfalos no país**. Valor Econômico. Pilar do Sul, 2012. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/2586602/perspectivas-otimistas-para-criacao-de-bufalos-no-pais>>. Acesso em 28 mar. 2012.

KOLLING, G.J.; ZANELA, M.B.; NÖRNBERG, J.L.; RIBEIRO, M.E.R.; RODRIGUES, I.L.; NOVACCK, M.E. Perfil de ácidos graxos no leite de búfala da raça Murrah. In: 11º Congresso Internacional do Leite. 2012, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, p.1-3.

KRIS-ETHERTON, P.M. Monounsaturated Fatty Acids and Risk of Cardiovascular Disease. **Journal of the American Heart Association**, v.14, 1253-1258, set. 1999.

LIMA, L.S.; OLIVEIRA, R.L.; BAGALDO, A.R.; NETO, A.F.G.; RIBEIRO, C.V.D.M.; LANNA, D.P.D. Composition and fatty acid profile of milk from cows on pasture subjected to licuri oil supplement. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.12, p.2858-2865, mar./abr. 2011.

LOCCI, F.; GHIGLIETTI, R.; FRANCOLINO, S.; IEZZI, R.; OLIVIERO, V.; GAROFALO, A.; MUCCHETTI, G. Detection of cow milk in cooked buffalo mozzarella used as pizza topping. **Food Chemistry**, v.107, p.1337-1341, out. 2008.

LOTTENBERG, A.M.P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.53, n.5, 595-607, mai./jun. 2009.

LUDKE, M.C.M.M.; LÓPEZ, J. Colesterol e composição dos ácidos graxos nas dietas para humanos e na carcaça suína. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.181-187, mar./ago. 1999.

MAHMOOD, A.; USMAN, S. A comparative study on the physicochemical parameters of milk samples collected from buffalo, cow, goat and sheep of gujrat, Pakistan. **Pakistan Journal of Nutrition**, Gujrat, v. 9, n. 12, p. 1192-1197, 2010.

MARCHIORI, J.M.G. **Qualidade nutricional dos queijos mussarela orgânico e convencional elaborados com leite de búfala e de vaca**. 2006. 57 f. Dissertação (Mestre em Alimentos e Nutrição), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2006.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.6, p.761-770, nov./dez. 2006.

MÉNARD, O.; AHMAD, S.; ROUSSEAU, F.; BRIARD-BION, V.; GAUCHERON, F.; LOPEZ, C. Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential,

compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. **Food Chemistry**, v.120, p.544–551, set./out. 2010.

MIHAYLOVA G.; PEEVA, T. Trans fatty acids and conjugated linoleic acid in the buffalo milk. **Italian Journal of Animal Science**, Italian, v.6, n.1, p.1056-10599, 2007.

OLIVEIRA, S.G.; SIMAS, J.M.C.; SANTOS, F.A.P. Principais aspectos relacionados às alterações no perfil de ácidos graxos na gordura do leite de ruminantes. **Archives of Veterinary Science**, Paraná, v.9, n.1, p.73-80, jan./abr. 2004.

OLIVEIRA, A.L. Búfalos: produção, qualidade de carcaça e de carne. Alguns aspectos quantitativos, qualitativos e nutricionais para promoção do melhoramento genético. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.29, n.2, p.122-134, abril/jun. 2005.

OLIVEIRA, M.A.; REIS, R.B.; LADEIRA, M.M.; PEREIRA, I.G.; FRANCO, G.L.; SATURNINO, H.M.; COELHO, S.G.; ARTUNDUAGA, M.A.T.; FARIA, B.N.; SOUZA JÚNIOR, J.A. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.3, p.759-766, jul./abr. 2007.

OLIVEIRA, R.L.; LADEIRA, M.M.; BARBOSA, M.A.A.F.; MATSUSHITA, M.; SANTOS, G.T.; BAGALDO, A.R.; OLIVEIRA, R.L. Composição química e perfil de ácidos graxos do leite e muçarela de búfalas alimentadas com diferentes fontes de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.61, n.3, p.736-744, 2009.

OLIVIERI, D.A. **Avaliação da qualidade microbiológica de amostras de mercado de queijo mussarela, elaborado a partir de leite de búfala (*bubalus bubalis*)**. 2004. 71 f. Dissertação (Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PERRY, K.S.P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Revista Química Nova**, v.27, n.2, p.293-300, 2004.

PIZAIA, P.D.; SPADOTI, L.M.; NARIMATSU, A.; DORNELLAS, J.R.F.; ROIG, S.M. Composição, proteólise, capacidade de derretimento e formação de “blisters” do queijo mussarela obtido pelos métodos tradicional e de ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.485-491, set./dez. 2003.

PRIMO, W.M. **Entressafra no Brasil: Meio século de drama**. Indústria de Laticínios, v.1, n.2, p.12-14, 1996.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C.B.G.; COLLINS, C.H.; JARDIM, I.C.S.F.; MELO, L.F.C. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, v.27, n.5, p.771-780, dez./ago. 2004.

RIBEIRO JUNIOR, J.J. **Análises Estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

RIOUX, V.; LEMARCHAL, P.; LEGRAND, P. Myristic acid, unlike palmitic acid, is rapidly metabolized in cultured rat hepatocytes. **Journal Nutritional Biochemistry**, v.11, p.198–207, abr. 2000.

ROCHA, D. **Bubalinocultura: os búfalos no Brasil**. Rural News. São Paulo, 2007. Disponível em: <www.ruralnews.com.br>. Acesso em: 01 mar. 2012.

RODRIGUEZ, C.F.C.; IAPICHINI, J.E.C.B.; LISERRE, A.M.; DE SOUZA, K.B.; FACHINI, C.; REICHERT, R.H. Oportunidades e desafios da bubalinocultura familiar da região sudoeste paulista. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, p.100-109, dez. 2008.

ROMANO, R.; GIORDANO, A.; CHINAESE, L.; ADDEO, F.; MUSSO, S.S. Triacylglycerols, fatty acids and conjugated linoleic acids in Italian Mozzarella di Bufala Campana cheese. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, p.244-249, oct./dec. 2011.

ROSA, B.R.T.; FERREIRA, M.M.G.; AVANTE, M.L.; FILHO, D.Z.; MARTINS, I.S. Introdução de búfalos no Brasil e sua aptidão leiteira. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, Ano IV, n.8, p.1-6, jan. 2007.

ROSA, R.M.S.S. **Iogurte de leite de búfala adicionado de polpa de frutas da Amazônia: parâmetros de qualidade**. 2011. 86 f. Tese (Doutor em Medicina Veterinária), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

SALDENHA, T.; MAZALLI, M.R.; BRAGANOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.109-113, 2004.

SALDENHA, T.; SAWAYA, A.C.H.F.; EBERLIN, M.N.; BRAGANOLO, N. HPLC separation and determination of 12 cholesterol oxidation products in fish: comparative

studt of RI, UV and APCI-MS detectors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.54, p.4107-4113, 2006.

SAMEEN, A.; ANJUM, F.M.; HUMA, N.; NAWAZ. Quality evaluation of mozzarella cheese from different milk sources. **Pakistan Journal of Nutrition**, Pakistan, Gujrat, v. 7, n. 6, p. 753-756, 2008.

SAMEEN, A.; ANJUM, F. M.; HUMA, N.; NAWAZ, H. Chemical composition and sensory evaluation of mozzarella cheese: influence by milk sources, fat levels, starter cultures and ripening period. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Gujrat, v.47, n.1, p.26-31, 2010.

SANTOS, F.L.; LANA, R.P.; SILVA, M.T.C. Estratégia para elevação do ácido linoléico conjugado em leite de vacas. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.24, p.42-45, jan./fev. 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Resolução SAA nº 24 de 01 de agosto de 1994**. Dispõe sobre as normas técnicas de produção e classificação dos produtos de origem animal e as relativas às atividades de fiscalização e inspeção dos produtos de origem animal. Cap. 7, Artigo 134, 1994. Disponível em: <<http://www.cda.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=view&idleg=33>>. Acesso em: out. 2012.

SILVA, M.S.T.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; GONÇALVES, I.A.; MIRANDA, H.A.; ERCHSEN, R.; FONSECA, R.F.S.R.; MELO, J.A.; COSTA, J.M. PRONAF – **Programa de incentivo a criação de búfalos por pequenos produtores**. CPATU: Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2003. Disponível em: <[www.cpatu.embrapa.br](http://www.cpatu.embrapa.br)>. Acesso em 10 jul. 2012.

SIMIONATO, J.I.; GARCIA, J.C.; DOS SANTOS, G.T.; OLIVEIRA, C.C.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E. Validation of the Determination of Fatty Acids in Milk by Gas Chromatography. **Journal Brazilian Chemical Society**, v.21, p.520, 2010.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. **Experimental Biology and Medicine**, v. 233, n. 6, p. 674-688, 2008.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. **Composição de alimentos por 100 gramas de parte comestível: Centesimal, minerais, vitaminas e colesterol**. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2011. n.4, p.54. Disponível em:

< [http://www.unicamp.br/nepa/downloads/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](http://www.unicamp.br/nepa/downloads/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2012.

TEIXEIRA, L.V.; BASTINETTO, E.; OLIVEIRA, D.A.A. Leite de búfala na indústria de produtos lácteos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.29, n.2, p.96-100, abr./jun. 2005.

TONHATI, H. **Critérios de seleção para produção total de leite em bubalinos criados no Estado de São Paulo**. 2002. 68 f. Tese (Livre Docência), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

TONHATI, H.; CERÓN-MUÑOZ, M.F.; HURTADO-LUGO, N.A.; ASPILCUETA-BORQUIS, R.R.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L.G. Possibilidade de avaliação genética para bubalinos leiteiros na América do Sul. In: V Simpósio de Búfalos das Américas, IV Europe and America's Buffalo Symposium. 2009, Pedro Leopoldo. **Anais...** Minas Gerais: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA), p.83-87.

TONIAL, I.B.; OLIVEIRA, D.F.; BRAVO, C.E.C.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V. Caracterização físico-química e perfil lipídico do salmão (*Salmo salar L.*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.21, n.1, p.93-98, jan./mar. 2010.

TURAN, H.; SÖNMEZ, G.; KAYA, Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. **Journal Fish Science**, v.1, n.2, p.97-103, 2007.

ULBRICHT, T.L.V. SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: Seven dietary factors. **Lancet**, v.338, n.8773, p.985-103. 1991.

VALLE, J.L.E.; CAMPOS, S.D.S.; YOTSUYANAGI, K.; SOUZA, G. Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.669-673, out./dez. 2004.

VAN DENDER, A. G. F. **Utilização artesanal de leite de búfala**. Manual Técnico do Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL, Campinas. Manual Técnico nº 3, 1989, 60p.

VARRICCHIO, M.L; DI FRANCA, A.; MASCUCCI, F.; ROMANO, R.; PROTO, V. Fatty acid composition of Mediterranean buffalo milk fat. **Italian Journal of Animal Science**, Italian, v.6, n.1, p.509-511, 2007.

VELOSO, A.C.; TEIXEIRA, N.; FERREIRA, I.M.P.L.V.O.; FERREIRA, M.A.; Detecção de adulterações em produtos alimentares contendo leite e/ou proteínas lácteas. **Revista Química Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p.609-615, out. 2002.

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

VERRUMA, M.R.; SALGADO J.M. Análise química do leite de búfala em comparação ao leite de vaca. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51,p.131-137, jan./abr.1994.

VERRUMA-BERNARDI, M.R.; DAMÁSIO, M.H.; VALLE, J.L.E.; OLIVEIRA, A.J. Elaboração do queijo mozzarella de leite de búfala pelos métodos tradicional e da acidificação direta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.2, mai/ago. 2000.

VERRUMA-BERNARDI, M.R.; DAMÁSIO, M.H.; CAMPOS, S.D.; FERREIRA, V.L.P. Análise instrumental de textura e cor do queijo mozzarella de leite de búfala elaborado pelos métodos tradicional e da acidificação direta. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.62, n.355, p.3-6, mar./abr. 2007.

VIEIRA, M.C.; CAVICHIOLO, J.R.; FACHINI, C.; LISERRE, A.M.; DE SOUZA, K.B.; RODRIGUES, C.F.C.; VAN DENDER, A.G.F. Viabilidade econômica da implantação de uma unidade industrial para a produção de mozzarella e de massa coagulada, fermentada e congelada de leite de búfala. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.10, p.32-42, out. 2009.

VIEIRA, J.N.; TEIXEIRA, C.S.; KUABARA, M.Y.; DE OLIVEIRA, D.A.A. Bubalinocultura no Brasil: Short communication. **Revista PUBVET**, v.5, n.2, Ed. 149, 2011.

VISENTAINER, J. V. & FRANCO, M.R.B. **Ácidos Graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação**. São Paulo: Varela, 2006.

WALSTRA, P.; GEURTS, T.J.; NOOMEN, A.; JELLEMA; VAN BOEKEL, M.A.J.S. **Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos**. Zaragoza: Acribia, 2001.

WAITZBERG, D.L. **Ômega-3: o que existe de concreto?** Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). São Paulo, 2011. Disponível em: <

<http://www.nutritotal.com.br/publicacoes/files/644--MonografiaOmega3.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

CARUNCHIA WHETSTINE, M.E.; LUCK, P.J.; DRAKE, M.A.; FOEGEDING, E.A.; GERARD, P.D.; BARBANO, D.M. Characterization of flavor and texture development within large (291 kg) blocks of cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3091-3109, nov./mar. 2007.

YUNES, V.M.; BENEDET, H.D. Desenvolvimento experimental de queijo fresco de leite da espécie bubalina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 285-290, set./dez. 2000.