

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

FACULDADE DE FARMÁCIA

Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados

Luciana Aquino Ferreira Pinheiro

**DETECÇÃO DE FRAUDE NO LEITE COM ÁGUA PELA CAPACIDADE TÉRMICA
VOLUMÉTRICA**

Juiz de Fora - MG

2015

Luciana Aquino Ferreira Pinheiro

**DETECÇÃO DE FRAUDE NO LEITE COM ÁGUA PELA CAPACIDADE TÉRMICA
VOLUMÉTRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria José Valenzuela Bell

Juiz de Fora - MG
2015

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Aquino Ferreira Pinheiro , Luciana .
Detecção de Fraude no Leite com Água pela Capacidade Térmica Volumétrica / Luciana Aquino Ferreira Pinheiro . -- 2015.

57 p. : il.

Orientadora: Maria José Valenzuela Bell
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2015.

1. Laticínios. 2. Adulteração. 3. Adição de Água. 4. Saúde .
5. Capacidade Térmica Volumétrica. I. Bell , Maria José Valenzuela, orient. II. Título.

Detecção de Fraude no Leite com Água pela Capacidade Térmica Volumétrica

Luciana Aquino Ferreira Pinheiro

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Maria José Valenzuela Bell

Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Aprovada em 31 / 08 / 2015

Dr. Humberto de Mello Brandão
Embrapa Gado de Leite

Prof. Dr. Luiz Carlos Gonçalves Costa Junior
Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG)

Prof^a. Dr^a. Maria José Valenzuela Bell
Universidade Federal de Juiz de Fora

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado forças para enfrentar todos os obstáculos e ter chegado até aqui.

Ao meu marido, Alexandre, que foi fundamental para que essa dissertação se tornasse realidade, dedicando muito do seu tempo para esse trabalho, incluindo também, toda motivação e incentivo aos meus estudos.

A minha querida mãe, pelo seu amor e por incentivar os meus estudos.

Ao meu querido pai, que mesmo não estando mais entre nós, sei que sempre torce por mim.

Aos meus queridos irmãos, Marcos e Vitor, pelo seu carinho e por compreender a minha ausência.

A minha orientadora prof^a Dr^a Maria José, por ter me recebido em seu grupo de estudos e aberto as portas de seu laboratório para que eu pudesse realizar essa etapa tão importante de minha vida.

Ao prof. Dr. Virgílio, que gentilmente, cedeu seu laboratório para que as análises pudessem ser realizadas.

Aos colegas de sala do mestrado, os quais passamos juntos por momentos de muita alegria e companheirismo.

Aos professores do mestrado, por todo o aprendizado.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

RESUMO

O leite é considerado um alimento importante para uma alimentação saudável, por ser fonte de vários nutrientes como: carboidrato, proteínas, vitaminas e minerais, os quais estão envolvidos no processo de nutrição e prevenção de doenças de diversas faixas etárias e estados fisiológicos. Faz parte do hábito alimentar do brasileiro e também muito sujeito a fraudes. Portanto, devido este alimento estar presente diariamente na vida das pessoas, é de grande importância o desenvolvimento de novas técnicas para detectar fraudes envolvendo o leite. Uma das adulterações mais frequentes é a adição de água, que é um método muito antigo e utilizado para aumentar o seu rendimento, sendo economicamente viável para o produtor. Porém, esse tipo de alteração, além de lesar o consumidor, coloca em risco a saúde do mesmo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um novo método de análise do leite para verificar a fraude por aguagem, utilizando a técnica da capacidade térmica volumétrica e também avaliar a sua eficácia em comparação aos métodos de referência, como: crioscopia e densidade. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Espectroscopia de Materiais do Departamento de Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora. O leite utilizado nos testes foi fornecido pelo Instituto de Laticínios Cândido Tostes da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. Os testes foram realizados simulando adulterações do leite, de forma a obter-se dez amostras: sendo a amostra 1 o controle, ou seja, leite cru integral refrigerado, e as demais com a substituição parcial do volume do leite por água, nas seguintes porcentagens: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 e 40% da massa da amostra de leite em água. Na avaliação das amostras utilizou-se três repetições. O resultado da amostra controle foi comparado com valores encontrados na literatura. A partir das análises realizadas foi possível concluir que, a técnica se mostrou eficiente na detecção de fraudes por aguagem até a adulteração de 10%, mas se mostrando capaz de ser mais precisa por melhoramento da montagem experimental.

Palavras-chaves: laticínios; adulteração; adição de água; saúde; capacidade térmica volumétrica.

ABSTRACT

Milk is considered an important food for a healthy diet, being source of various nutrients such as carbohydrate, protein, vitamins and minerals, which are involved in the process of nutrition and prevention of diseases of different ages and physiological states. It's part of Brazilian alimentary habit and also very prone to fraud. Therefore, because this food is present every day in people's lives, is of great importance the development of new techniques to detect fraud involving milk. One of the most frequent adulteration is the addition of water, which is a very old method and used to increase your income and is economically viable for the producer. However, this type of change, and harm consumers, endangers the health of it. This study aimed to develop a new milk analysis method to check fraud by aguagem, using the specific heat capacity technique and also evaluate their effectiveness compared to reference methods, such as freezing point and density. The study was conducted at the Laboratory of Spectroscopy of Materials Physics Department of the Universidade Federal de Juiz de Fora. The milk used in the tests was provided by the Instituto de Laticínios Cândido Tostes the Agricultural Research Company of Minas Gerais – EPAMIG. The tests were performed simulating the milk adulteration, so as to obtain ten samples: Sample 1 the control, ie, full-cooled raw milk, and the other with the partial replacement of milk by volume water in the following percentages 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 and 40% of the mass of water in the sample milk. In the evaluation of the samples used were three replications. The result of the control sample was compared with values found in the literature. From the analyzes it was concluded that the technique was efficient in detecting fraud by aguagem to the adulteration of 10%, but proving to be able to be more precise by improving the experimental setup.

Keywords: Dairy; Adulteration; adding water; health, specific heat capacity.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Estrutura da α e β lactose

Figura 2: (a) Placa circular de teflon, folha de alumínio e anel O'Ring com a amostra de leite. (b) Suporte fechado para realização da medida da capacidade térmica volumétrica.

Figura 3: Câmara da técnica pc utilizada para encontrar a capacidade térmica volumétrica da amostra.

Figura 4: Porta amostra preso no suporte possibilitando a incidência do feixe de luz laser aquecer a amostra.

Figura 5: Esquema da montagem experimental para medida da capacidade térmica volumétrica das amostras do leite.

Figura 6: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru.

Figura 7: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 1% de água.

Figura 8: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 2% de água.

Figura 9: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 4% de água.

Figura 10: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 6% de água.

Figura 11: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 8% de água.

Figura 12: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 10% de água.

Figura 13: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 20% de água.

Figura 14: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 30% de água.

Figura 15: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 40% de água.

Figura 16: Resultado da capacidade térmica volumétrica para todas as amostras estudadas.

Figura 17: Ajuste linear dos dados experimentais obtidos para a capacidade térmica volumétrica das amostras de leite.

Lista de tabelas

Tabela 1: Composição quantitativa do leite de vaca

Tabela 2: Proteínas do leite bovino

Tabela 3: Tipos de leite e seu teor de gordura

Tabela 4: Tipos de leite longa vida e característica principal

Tabela 5: Requisitos físico-químicos determinados para o leite cru refrigerado

Tabela 6: Resultados físico-químicos determinados para a amostra de leite cru utilizada na técnica da capacidade térmica volumétrica.

Lista de siglas e abreviaturas

UHT	Termicamente por ultra alta temperatura
UAT	Termicamente por ultra alta temperatura
RNA	Ácido ribonucleico
OMS	Organização Mundial da Saúde
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
PTH	Paratormônio
PA	Pressão arterial
DRI	Ingestão Dietética de Referência
RDA	Ingestão diária recomendada
pc	Capacidade térmica volumétrica
DASH	Dietary Approaches to Stop Hypertension - Métodos para Combater a Hipertensão através da Dieta.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 LEITE	13
2.2 LEITE E SEUS CONSTITUINTES	14
2.2.1 ÁGUA	14
2.2.2 CARBOIDRATO	15
2.2.3 PROTEÍNAS	16
2.2.4 LIPÍDIOS	18
2.2.5 CÁLCIO	18
2.2.6 VITAMINA A.....	19
2.2.7 VITAMINA D.....	20
2.2.8 VITAMINA B2 (RIBOFLAVINA)	20
2.3 A IMPORTÂNCIA DO CONSUMO DO LEITE NA SAÚDE HUMANA	21
2.4 ADULTERAÇÃO DO LEITE	23
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISE	24
2.5.1 CRIOSCOPIA	25
2.5.2 DENSIDADE	25
2.6 PREJUÍZOS PARA A SAÚDE DO CONSUMIDOR EM CONSEQUENCIA DA ADULTERAÇÃO DO LEITE POR ADIÇÃO DE ÁGUA	26
2.6.1 IDOSOS	27
2.6.2 GESTAÇÃO.....	27
2.6.3 ADOLESCÊNCIA	28
2.6.4 INFÂNCIA.....	28
2.6.5 ADULTOS	29
2.7 SUBSTÂNCIAS ADICIONADAS DE MANEIRA IRREGULAR:	30
2.7.1 ÁGUA	30
2.7.2 SAL	30
2.7.3 AÇÚCAR.....	31
2.8 TÉCNICA pc	31
3 OBJETIVOS	36
3.1 OBJETIVO GERAL:	36
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	36
4 MATERIAIS E MÉTODOS:	37
4.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO:	38

5.1 MEDIDA DO ρ_c PARA ÁGUA DESTILADA.....	38
5.2 MEDIDA DO ρ_c PARA AS AMOSTRAS DE LEITE	38
5.2.1 LEITE CRU.....	39
5.2.2 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 1% DE ÁGUA.....	40
5.2.3 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 2% DE ÁGUA.....	40
5.2.4 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 4% DE ÁGUA.....	41
5.2.5 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 6% DE ÁGUA.....	41
5.2.6 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 8% DE ÁGUA.....	42
5.2.7 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 10% DE ÁGUA.....	42
5.2.8 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 20% DE ÁGUA.....	43
5.2.9 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 30% DE ÁGUA.....	43
5.2.10 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 40% DE ÁGUA.....	44
5.2.11 RESULTADOS GERAIS	44
6 CONCLUSÃO	47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

O leite é um o produto obtido da secreção láctea de uma ou mais vacas sadias e bem alimentadas. Sua apresentação é sob a forma de um líquido branco e opaco, mais viscoso e denso que a água, obtendo sabor pouco acentuado (BRASIL, 2008). É considerado um dos alimentos mais completo. Fonte de proteína de alto valor biológico, carboidrato (lactose), lipídios, fósforo, vitamina A, vitamina D, riboflavina (B2), biotina e é a principal fonte de cálcio. Essencial, sob o aspecto nutricional, para diversas faixas etárias e condições fisiológicas, estando envolvido na formação óssea, como: gestação, infância, adolescência entre outros e também na prevenção de doenças ósseas (osteoporose).

Atualmente, o leite, é um dos principais alimentos consumidos em todo o mundo, aceito praticamente por todos. Seu consumo, e de seus derivados, cresce em todo mundo, até mesmo no Brasil, tendo por isso impacto na economia mundial (PEDRAS, 2007). Portanto, tem sido alvo de diversas fraudes. Uma das mais frequentes é a adição de água, que tem como principal objetivo o aumento do volume do leite produzido, visando maior lucratividade, e essa adição vem acompanhada de outras substâncias para mascarar a diluição. Essas substâncias normalmente são: sal e açúcar. Esse tipo de fraude, além de causar prejuízos econômicos tanto para o consumidor quanto para os laticínios, também expõe os consumidores a riscos à saúde e prejuízos nutricionais. A legislação brasileira considera fraudado, adulterado ou falsificado o leite com adição de água; subtração de um dos componentes; adição de substâncias conservadoras ou de substâncias não permitidas (BRASIL, 2008).

O controle diário do leite recebido pela indústria deve contemplar, de acordo com a legislação vigente, a realização das seguintes análises: temperatura, teste do álcool ou alizarol 72% v/v, acidez titulável, índice crioscópico, densidade relativa a 15°C, teor de gordura, determinação do teor de sólidos totais e de sólidos não gordurosos (BRASIL, 2011). Apesar da legislação determinar essas pesquisas diárias, a avaliação do leite pelas indústrias geralmente é realizada apenas por análises físico-químicas genéricas como densidade e crioscopia (SILVA, 2013).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo verificar a fraude do leite com água por meio da medida da grandeza física, capacidade térmica volumétrica, originada de outras duas grandezas, a densidade e o calor específico, que são alterados na diluição. Com esta grandeza, espera-se quantificar o percentual de aguagem de amostras de leite cru que simulam a fraude no leite.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 LEITE

O leite é um sistema de grande complexidade, produto da secreção das glândulas mamárias, um fluido viscoso constituído de uma fase líquida e de partículas em suspensão, formando uma emulsão natural, estável em condições normais de temperatura ou de refrigeração (SGARBIERI, 1996; ANTUNES, 2003).

Por ser de origem biológica, pode apresentar variação nos seus componentes. Sua composição aproximada varia em razão da estação do ano e reflete diferenças entre raças, estágios de lactação, idade e o sistema de alimentação, conforme a tabela 1. Os valores médios normalmente apresentados pela literatura variam, como: 87,4% de água e 12,6% de sólidos totais. Os sólidos totais são divididos em aproximadamente 3,9% a 4,0% de gordura e 8,5% a 9,2% de extrato seco desengordurado. Este último compreende a 3,2% a 3,5% de proteína, 4,6% a 4,8% de lactose e 0,7% a 0,9% de sais minerais e outros sólidos (ANTUNES, 2003; BRITO e BRITO, 2004).

Tabela 1: Composição quantitativa do leite de vaca

Componente	Limites de variação (%)	Valor médio (%)
Água	85,5 - 89,5	87,5
Sólidos totais	10,5 – 14,5	13,0
Gordura	2,5 – 6,0	3,9
Proteínas	2,9 – 5,0	3,4
Lactose	3,6 – 5,5	4,8
Minerais	0,6 – 0,9	0,8

Fonte: BRASIL, 2011.

É um alimento de grande importância na alimentação humana, devido ao seu elevado valor nutritivo. Fonte de proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais, tornando-se também um excelente meio para o crescimento de vários grupos de microrganismos desejáveis e indesejáveis (SOUZA *et al.*, 1995).

Na literatura, o termo leite é usado para indicar leite cru (in natura), produzido por vacas leiteiras (CARVALHO *et al.*, 2007).

Neste trabalho, em específico, será dado ênfase ao leite integral, o qual será utilizado nas pesquisas, e também por ser o tipo mais consumido pela população em geral.

Em resumo, leite integral contém, aproximadamente, 87% de água e 13% de sólidos. Destes 13%, a gordura representa 30%, a lactose 37%, as proteínas 27% e as cinzas e minerais 6% (ANTUNES, 2003).

2.2 LEITE E SEUS CONSTITUINTES

O leite, sob o aspecto nutricional, é considerado um dos alimentos mais equilibrado e completo. É consumido em todas as partes do mundo, tanto na sua forma líquida como na forma de seus mais diversos derivados, proporcionando a adequação de grande parte de nossas necessidades diárias (CARDOSO, 2006). Constituído por água, proteínas de alto valor biológico, lipídios e carboidratos (lactose) e também por nutrientes essenciais como: cálcio, fósforo, vitamina A, D, riboflavina (B2) e biotina, apresenta –se deficiente em vitamina C e demais vitaminas do complexo B. Portanto, por ser fonte importante dos macronutrientes e micronutrientes citados acima, é um alimento que deve fazer parte diariamente de uma dieta equilibrada e saudável (DUKER *et al.*, 2008).

2.2.1 ÁGUA

A água constitui, em volume, o principal componente do leite, influenciando sensivelmente na densidade do leite. Como causa da variação da percentagem de água na composição do leite salientam-se os seguintes fatores: a raça do gado, tempo de lactação e a alimentação (BEHMER, 1999).

A água no leite se encontra como água livre, que atua como solvente e como água ligada, que está fortemente aderida às substâncias insolúveis e não atua como solvente (ERFCL, 1981).

A água ligada, que constitui menos de 4% do total da água, não é fixa em proporção e está em equilíbrio com a água livre. No leite recém ordenhado aumenta lentamente, afetando a densidade, fenômeno que se denomina efeito Recknagel. A retenção da água ligada se dá em 50% pela caseína e 15% pelos fosfolipídeos da membrana dos glóbulos de gordura. Os fosfolipídeos podem reter até 600% de seu peso em água e a caseína, aproximadamente 50% do seu peso (BECCHI, 2003).

No caso da água livre, a fase hídrica é formada por um conjunto de substâncias dissolvidas. Entre estas se encontram em torno de 6% de proteína, sais dissolvidos

(principalmente fosfatos), cloretos, sulfatos e bicarbonatos de cálcio, magnésio, sódio, potássio e a lactose (ERFCL, 1981).

2.2.2 CARBOIDRATO

Os carboidratos simples compreendem os monossacarídeos hexoses (glicose, galactose e frutose) e os dissacarídeos: maltose (glicose-glicose), sacarose (glicose-frutose) e lactose (glicose-galactose) (KEIM *et al.*, 2009).

O principal carboidrato do leite é a lactose, o qual é composto por glicose e galactose (FERREIRA *et al.*, 2001). Sua produção ocorre exclusivamente nas glândulas mamárias da maioria dos animais lactantes. É classificada como um dissacarídeo constituído por um radical β -D-galactose e um radical D-glicose ligados através da ligação glicosídica β -1,4, ou seja, 4'-(β -D-galactopiranosídeo)-D-glicopiranosose (TAYLOR e HEFLE, 2009).

A lactose apresenta dois isômeros que são $1/3\alpha$ e $2/3\beta$, sendo o β -lactose mais solúvel e o α -lactose menos solúvel (FOX e McSWEENEY, 1998). A estrutura química da α -lactose e β -lactose pode ser observada na (figura 1).

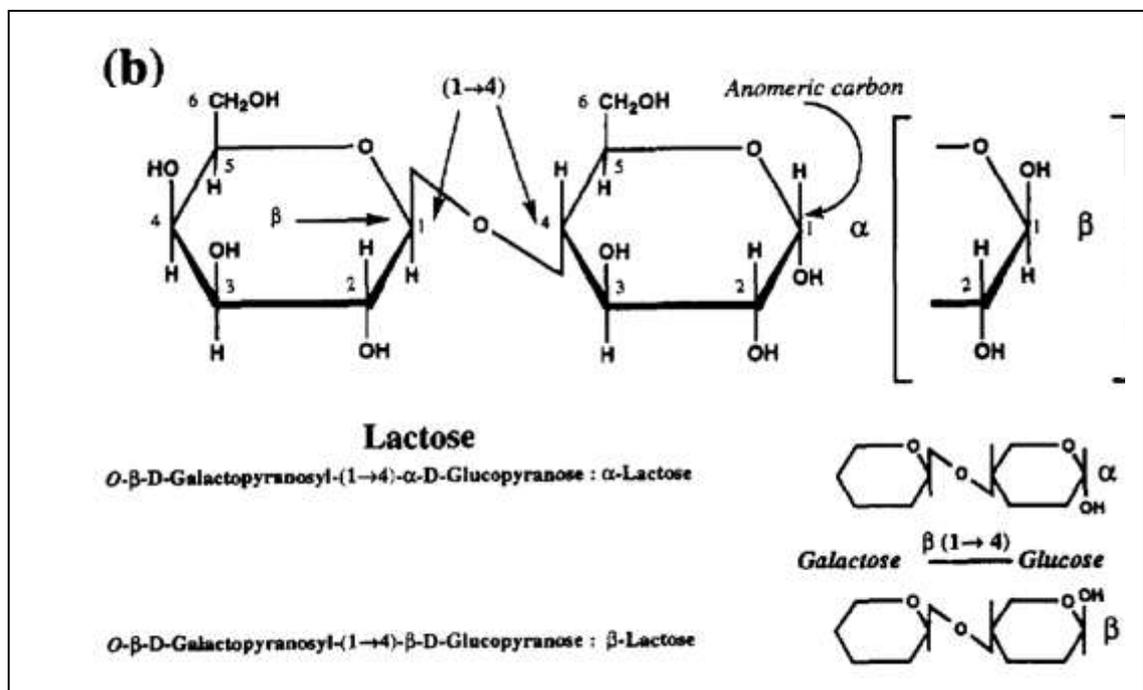


Figura 1 – Estrutura da α - e β -lactose (FOX e McSWEENEY, 1998).

Os dissacarídeos são uma fonte importante de carboidratos na dieta (HERTZLER *et al.*, 2009).

A lactose (O- β -D-galactopiranosil – (1 \rightarrow 4)- β -glicopiranosose) é o principal carboidrato do leite humano, o qual contém cerca de 7% de lactose, uma das mais altas concentrações naturalmente existentes entre os mamíferos

(HERTZLER *et al.*, 2009).

Quando comparada a outros açúcares, a lactose apresenta baixa solubilidade em água e baixo poder adoçante. E quando comparada a sacarose é cerca de dez vezes menos solúvel e apresenta um poder edulcorante seis vezes inferior. A título de comparação do poder de doçura relativa, a frutose tem o índice 130, a sacarose 100 (padrão), a glicose 75, a galactose 32 e a lactose apenas 17, tendo assim cerca de um sexto da doçura da glicose (BACK, 2011).

No entanto, a lactose não tem efeitos cancerígenos, não forma placa dentária e, no caso dos diabéticos, os níveis de glicemia são a metade alcançados em relação ao consumo de glicose. Por isso, o uso de lactose é permitido, no caso dos diabéticos, em torno de 35g/dia a 50g/dia (KLEIN, 2010).

Contudo, este açúcar (lactose) não pode ser absorvido prontamente pelo organismo e precisa ser hidrolisado em seus monossacarídeos que são: galactose e glicose pela ação da β -galactosidase (KLEIN, 2010).

Possui diversas funções importantes no organismo humano, como: formação dos tecidos nervosos e cerebrosídeos em crianças, estimula a absorção de cálcio, magnésio e fosfato e fornece energia. Entretanto, alguns indivíduos possuem a incapacidade de hidrolisar este carboidrato e sua ingestão provoca cólica, diarreia, desconforto intestinal e a flatulência. Neste sentido, o leite com baixo teor de lactose, leites fermentados e alguns tipos de queijos são produtos alternativos para pessoas com deficiência na produção da enzima lactase (beta-galactosidase) ou também denominadas intolerantes à lactose. (FERREIRA *et al.*, 2001).

2.2.3 PROTEÍNAS

No leite podem ser encontrados, basicamente, dois grupos de proteínas: as caseínas e as soroproteínas, e são caracterizadas em três grandes classes (ANTUNES, 2003):

- Caseínas;
- Soroproteínas, incluindo proteínas presentes em quantidades muito pequenas e enzimas;
- Proteínas associadas com a fase gordurosa ou lipídica, sendo identificadas como componentes da membrana do glóbulo de gordura do leite;

As proteínas têm como unidade formadora, os aminoácidos. Do ponto de vista nutricional há dois tipos de aminoácidos: os não-essenciais, que podem ser sintetizados pelo organismo sadio a partir de alimentos consumidos diariamente e os essenciais (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina), que dada a incapacidade do organismo em sintetizá-los, devem ser obtidos mediante a dieta. A histidina é um aminoácido essencial para crianças, não tendo ainda sido demonstrada a sua essencialidade para adultos. As principais funções biológicas das proteínas incluem: reparação celular, construção e reparação dos músculos e ossos, prover energia e regular uma série de importantes processos metabólicos do corpo (ANTUNES, 2003).

Portanto, as proteínas do leite constituem ingredientes dos mais valorizados pelas suas excelentes propriedades nutritivas, tecnológicas e funcionais. Suas propriedades nutritivas e tecnológicas derivam da composição dos aminoácidos que atendem a maioria das exigências fisiológicas do ser humano (HUFFMAN, 1996; SGARBIERI, 2005).

As caseínas compreendem uma grande família de fosfoproteínas. Apresentam em sua composição, quantidades relativamente altas de fósforo (0,85%) e do aminoácido prolina e representam cerca de 80% das proteínas totais do leite, sendo encontradas, no leite, em concentrações que variam de 2,5% a 3,5%. Já as soroproteínas representam 20% das proteínas totais do leite (ANTUNES, 2003). A tabela 2, a seguir, indica a concentração das variedades de proteínas presente no leite bovino.

Tabela 2: Proteínas do leite bovino

Componentes	% Total	% Caseína	% Soro
Caseínas	80		
Caseína α_1	36	45	
Caseína α_2	9	11	
β -Caseína	21	26	
κ – Caseína	12	15	
γ – Caseína	4	5	
Soroproteínas	20		
B-Lactoglobulina	10		50
α -Lactoalbumina	4		20
Imunoglobulinas	2		10

Fonte: ANTUNES, 2003.

As soroproteínas podem ser consideradas de alta qualidade nutricional e com excepcionais propriedades funcionais. Nos últimos 40 anos tem sido enorme o esforço dos pesquisadores em encontrar novas aplicações para os produtos do soro (ANTUNES, 2003).

2.2.4 LIPÍDIOS

A gordura do leite é formada na maior parte de triacilglicéris (97 a 98%), alguns esteróis, ácidos graxos livres e fosfolipídios, que contribuem para melhorar a palatabilidade e também são responsáveis por um grande número de ácidos graxos essenciais e pelo valor calórico do leite (1g de gordura fornece 9 kcalorias). Além disso, a gordura do leite é o veículo das vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), as quais estão presentes na gordura e tem grande valor nutricional no organismo humano (TRONCO, 2008; DOMINGO *et al.*, 2013).

2.2.5 CÁLCIO

É o mineral mais abundante no organismo humano. Representa aproximadamente 1% a 2% do peso corpóreo e 39% dos minerais totais. A maioria está presente nos tecidos duros, como ossos e dentes, o restante está no sangue, nos fluídos extracelulares e dentro das células de tecidos moles, onde regula diversas funções metabólicas importantes (DUKER *et al.*,2008).

O cálcio tem como funções principais: construir e manter ossos e dentes, participar da atividade de certas enzimas (trifosfatase de adenosina – contração muscular); participar da formação de coágulo no processo de coagulação sanguínea; afetar a função de transporte das membranas celulares, atuando como estabilizador de membrana; auxiliar a transmissão de íons por meio das membranas celulares; auxiliar a liberação de neurotransmissores nas junções sinápticas; auxiliar a síntese, secreção e os efeitos metabólicos dos hormônios proteicos e a liberação ou ativação de enzimas intra e extracelulares; participar da transmissão nervosa e da regulação dos batimentos cardíacos; e, ainda, o balanço adequado de íons de cálcio, sódio, potássio e magnésio que mantém o tônus muscular (DUKER *et al.*,2008).

O cálcio intercambiável faz parte da porção depositada mais recentemente na superfície óssea, que, juntamente com o cálcio da dieta, auxilia a manter as concentrações plasmáticas dentro de uma faixa de variação definida. Pode ser considerado como uma reserva que pode ser formada quando a dieta fornece uma ingestão adequada de cálcio. Esta reserva pode ser utilizada para fornecer cálcio ao organismo se as necessidades estiverem aumentadas e se não

houver disponibilização adequada de cálcio na dieta. Se não houver reservas, o cálcio é retirado da substância óssea se a deficiência for prolongada (DUKER *et al.*,2008).

O cálcio nos ossos está em equilíbrio com o cálcio no sangue. Quando as concentrações estão baixas, há uma transferência de cálcio intercambiável dos ossos para o sangue, acontece também uma reabsorção de cálcio que normalmente seria excretado na urina e há uma maior absorção no intestino. Por outro lado, se as concentrações estão altas, há uma inibição da utilização óssea e continuam os processos de excreção renal e fecal (DUKER *et al.*,2008).

Dietas altamente proteicas podem prejudicar a capacidade de o rim reabsorver cálcio, e a excreção excessiva de cálcio na urina pode levar ao desenvolvimento de cálculos renais. Portanto, o consumo elevado de proteínas pode aumentar a excreção de cálcio, ou seja, para cada grama de proteína metabolizada ocorre um aumento dos níveis de cálcio urinário em aproximadamente 1,75mg (DUKER *et al.*,2008).

A maioria do cálcio ingerido é eliminado pelas fezes e pela urina, mas no geral, 20% a 30% do cálcio ingerido é absorvido (DUKER *et al.*,2008).

Alguns fatores que podem estar em desequilíbrio na dieta influenciam na quantidade real do cálcio retido no duodeno, ou seja, na absorção do cálcio, diminuindo-a, como: excesso de gorduras na dieta, excesso de fibras, o uso de drogas diuréticas, o consumo de proteínas em excesso, conforme citado anteriormente (DUKER *et al.*,2008).

2.2.6 VITAMINA A

A vitamina A foi a primeira vitamina lipossolúvel reconhecida e denominada retinol, devido a sua função específica na retina do olho. O ácido retinóico também é uma forma metabolicamente ativa. É muito estável ao calor e a luz, porém muitos processamentos e a cocção podem causar pequenas perdas. Suas principais funções são: visão, crescimento e desenvolvimento ósseo, desenvolvimento e manutenção do tecido epitelial, imunidade, reprodução, função anticancerígena (DUKER *et al.*,2008).

O betacaroteno presente no leite de vaca é precursor da vitamina A e no corpo humano atua como antioxidante e na síntese de ácido ribonucleico (RNA), proteínas, enzimas, globulinas, glicoproteínas, queratina, permeabilidade celular e metabolismo da hemoglobina e do zinco (DOMINGO *et al.*, 2013).

Pelo fato de ser uma vitamina lipossolúvel, a sua absorção dependerá da ingestão concomitante de lipídios para que seja adequadamente absorvida. Uma vez que leite e produtos

lácteos são fontes de retinol, sua absorção será boa desde que o leite seja integral ou enriquecido com vitamina A (DUKER *et al.*,2008).

Os alimentos do grupo do leite, queijo e iogurte são importantes fontes de vitamina A. A deficiência é um dos maiores problemas de Nutrição e Saúde Pública de diversos países, afetando milhões de indivíduos no mundo. A deficiência de vitamina A é a única e mais comum causa de cegueira em crianças e que pode ser prevenida (DUKER *et al.*,2008).

2.2.7 VITAMINA D

A vitamina D foi confundida por muito tempo com a vitamina A. Em 1930, a vitamina D foi isolada e denominada calciferol, em 1936, foi aprovado que o 7-deidrocolesterol (um pré-hormônio natural encontrado na pele) se transformava em vitamina D com a irradiação ultravioleta. Em 1968, conclui-se que a forma metabolicamente ativa era na verdade o 1,25-diidroxicolecalciferol e desde então outros metabólitos tem sido encontrados (DUKER *et al.*,2008).

A forma ativa é essencial para o crescimento e desenvolvimento normais e importantes na formação de dentes e ossos (DUKER *et al.*,2008).

A vitamina D pode ser adquirida pré-formada pela ingestão e pela exposição ao sol. É formada no organismo pela ação da luz solar (raios ultravioletas) sobre o 7-deidrocolesterol na pele, seria mais correto chama-la de pró-hormônio, já que seu metabólito ativo é um hormônio. Seu armazenamento ocorre no fígado, na pele, no cérebro e nos ossos (DUKER *et al.*,2008).

As principais fontes dietéticas de vitamina D são os alimentos do grupo do leite, queijo e iogurte. A deficiência pode ser observada em indivíduos que tenham muito pouca exposição ao sol, que apresentam alterações no metabolismo lipídico e que consomem poucos alimentos fonte. Em idosos, o estado nutricional deficiente de vitamina D pode ser responsável pela menor absorção de cálcio e conseqüente efeito no desenvolvimento de osteoporose na pós-menopausa. Em crianças, a deficiência causa o raquitismo (DUKER *et al.*,2008).

2.2.8 VITAMINA B2 (RIBOFLAVINA)

A vitamina B2 recebeu este nome em 1935 quando foi sintetizada. Pertence ao grupo de pigmentos fluorescentes amarelos denominados flavina (DUKER *et al.*,2008).

Durante a cocção e no processamento de alimentos perde-se pouca vitamina B2. Leite em recipientes transparentes perdem riboflavina pela exposição à luz solar (DUKER *et al.*,2008).

O leite e produtos lácteos apresentam quantidades de riboflavina livre relacionada a ligadores proteicos específicos, que é uma forma facilmente hidrolisada, portanto tem uma boa digestibilidade (DUKER *et al.*,2008).

A deficiência de B2 é relativamente comum, embora não haja uma doença específica que possa ser atribuída a ela. A deficiência de B2, algumas vezes, pode estar associada à anemia hipocrômica microcítica. Na deficiência de B2 pode haver também alterações no metabolismo do triptofano (DUKER *et al.*,2008).

2.3 A IMPORTÂNCIA DO CONSUMO DO LEITE NA SAÚDE HUMANA

Hoje em dia, muito se discute sobre os benefícios que o leite traz para a saúde e há diversas opiniões a respeito desse assunto. No entanto, o leite é um alimento que contém muitas vitaminas e sais minerais necessários para manter a saúde em dia. Nutricionalmente, representa um dos alimentos mais completos existentes.

O papel do leite na prevenção de algumas doenças crônicas tem sido frequentemente apresentado na literatura. Em 2003, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou a *Technical Report Series n.916:Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases* (WHO, FAO, 2003), estabelecendo recomendações dietéticas para a prevenção de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT). A publicação estabeleceu a relação de evidências sobre o papel do grupo do leite na epidemiologia de DCNT como obesidade, hipertensão arterial, câncer de cólon e osteoporose (DUKER *et al.*, 2008).

Durante a lactação, um bebê a termo possui aproximadamente de 26g a 30g de cálcio. No final do primeiro ano de vida, o cálcio corporal total aumenta para cerca de 80g. A taxa de reposição de cálcio em relação ao tamanho do corpo é mais alta do que em qualquer outro período da vida (WEAVER e HEANEY, 2009). Na fase da infância e da adolescência o acréscimo de cálcio continua durante toda a infância. A velocidade de crescimento diminui entre 2 e 8 anos de idade. Entre os 9 e 17 anos de idade, uma quantidade de aproximadamente 45% do esqueleto adulto é adquirida (BAILEY *et al.*, 1999). A ingestão média necessária para a retenção máxima de cálcio em adolescentes do sexo feminino e do sexo masculino é de 1300mg/dia (JACKMAN, *et al.*, 1997).

A mulher adulta tem de 920mg a 1000mg de cálcio corporal, enquanto o homem adulto tem aproximadamente 1200mg de cálcio corporal. O coeficiente de variação da população em relação a essas médias gira em torno de 15%. A massa óssea corporal total permanece relativamente constante ao longo dos anos reprodutivos. A seguir, ocorre perda óssea relacionada à idade, a qual varia individualmente, no entanto, é mais rápida durante os três primeiros anos após a menopausa em mulheres (WEAVER e HEANEY, 2009).

Na gestação, o acréscimo de cálcio esquelético fetal não é extenso até o terceiro trimestre. Durante o terceiro trimestre, aproximadamente 200mg/dia de cálcio são necessários para o crescimento fetal. A absorção de cálcio da mãe aumenta no início do segundo trimestre para suprir às demandas fetais e armazenar cálcio para o escoamento lactacional trimestre, e a absorção fracional de cálcio aumenta de 60% a 70% (RITCHIE *et al.*, 1998). Sob baixas ingestões de cálcio, o esqueleto da mãe fica comprometido para satisfazer as demandas de cálcio do feto, e o esqueleto do feto é protegido, exceto em ingestões excepcionalmente baixas de cálcio (NAYLOR *et al.*, 2000).

Existe uma relação inversa entre a ingestão de alimentos do grupo do leite (incluindo: queijos, iogurtes) e níveis de pressão arterial (PA) que foi sugerida inicialmente por vários estudos epidemiológicos no começo dos anos de 1980, os quais revelaram uma baixa ingestão de cálcio em populações com prevalência aumentada de hipertensão (MILLER *et al.*, 2000).

Estudos metabólicos sugerem que o cálcio possa ter um papel importante na regulação da pressão arterial (PA). Alguns estudos epidemiológicos apontam que pessoas com uma alta ingestão de cálcio tendem a ter PA mais baixa (DICKINSON *et al.*, 2006) e, ainda, estudos em animais, observacionais e clínico, tem concluído que o consumo de alimentos do grupo do leite pode ajudar a reduzir o risco de hipertensão (HUTH *et al.*, 2006). Também há a hipótese de que altas ingestões de potássio, cálcio e magnésio, reduzem o risco de doenças cardiovasculares (ISO *et al.*, 1999). O leite tem baixo conteúdo de sódio, o que conforme a dieta DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension), que significa: Métodos para Combater a Hipertensão através da Dieta, também traz benefícios na redução da PA.

Segundo Huth *et al.* (2006), o consumo das quantidades recomendadas de alimentos do grupo do leite (três porções ao dia) pode contribuir para PA mais baixa em indivíduos de pressão arterial elevada, e há indicação de que peptídeos específicos associados com a caseína podem diminuir significativamente a pressão sanguínea. E também, várias evidências coletadas, demonstram que a ingestão adequada de cálcio e outros nutrientes do grupo do leite reduzem o risco de osteoporose, aumentando a aquisição de osso durante o crescimento, reduzindo as perdas ósseas da idade e o risco de fraturas por osteoporose. Na fase de crescimento da infância,

Black *et al.* (2002) descobriram que a ingestão inadequada de leite estava associada a crianças de baixa estatura e saúde óssea deficiente. Infante e Tormo (2000) também perceberam que pacientes com doenças que envolvem uma supressão parcial ou total do grupo do leite são grupos de risco em potencial para mineralização óssea deficiente.

2.4 ADULTERAÇÃO DO LEITE

A qualidade do leite consumido no país é uma constante preocupação de técnicos e autoridades ligadas à área da saúde e laticínios, pois é um dos alimentos mais frequentemente envolvidos em adulterações. As diversas fraudes envolvendo o leite causam prejuízos econômicos e riscos à saúde dos consumidores e problemas para as indústrias, como diminuição do rendimento industrial (EGITO *et al.*, 2006).

O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) considera fraudado o leite que: for adicionado de água, substâncias conservadoras ou quaisquer elementos estranhos à sua composição; sofrer subtração de qualquer dos seus componentes; ou seja, considera-se o leite fraudado aquele que não corresponde aos valores determinados pelas legislações vigentes. Somente é permitido a inclusão de aditivos previstos pela legislação para leite UHT e em pó (BRASIL, 1997)

No Brasil, em 2007, foi descoberto um esquema de adulteração do leite em indústrias de Minas Gerais. Uma fórmula calculada por químicos contendo substâncias conservantes, neutralizantes e reconstituintes, soro de queijo e água era adicionada ao leite (SPIGLIATTI, 2007). Sendo assim, as fraudes mais praticadas no leite são o aumento de volume, a adição de reconstituintes da densidade (soro em pó, maltodextrina, amido entre outros), neutralizantes da acidez e substâncias conservantes (KARTHEEK *et al.*, 2011; TRONCO, 2008).

Embora seja pouco sofisticada, a principal fraude detectada no leite continua sendo a adição de água, que é uma fraude econômica, e tem como objetivo aumentar seu volume (FIRMINO *et al.*, 2010; GIOMBELLI *et al.*, 2011; MENDES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2011). Essa fraude dificilmente é realizada de forma isolada, já que pode ser rapidamente detectada por provas de rotina como densidade e crioscopia (TRONCO, 2008). Para mascarar a adição de água são utilizadas substâncias denominadas reconstituintes da densidade como sal, açúcar, amido de milho (TRONCO, 2008).

A detecção da ocorrência das fraudes é de suma importância para assegurar a qualidade do leite que chega ao consumidor, como alimento saudável e nutritivo, e para garantir as boas condições dos produtos derivados (ROBIM, 2011).

O então chefe do SELEI (MAPA) em 2003 admitiu que apesar de todo empenho das unidades fiscalizadoras com a utilização de metodologias analíticas modernas, as adulterações do leite ainda ocorrem porque, quem fraudar, se especializa em burlar a fiscalização por meio de formulações que dificilmente serão detectadas pelas análises físico-químicas oficiais (AQUINO, 2013).

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISE

Entre as técnicas mais utilizadas, destacam-se a determinação do ponto de congelamento do leite (índice crioscópico), da densidade relativa a 15°C, acidez titulável, determinação da composição do leite, verificação do teor de sólidos totais e sólidos não gordurosos e pesquisa de substâncias ilegalmente adicionadas, tais como agentes antimicrobianos, reconstituintes de densidade, neutralizantes de acidez e outras substâncias utilizadas em fraudes específicas. Os parâmetros determinados para essas análises são exibidos na tabela 5. (BRASIL, 2006; BRASIL, 2011a).

Fraudes por adição de água podem ser detectadas por análises rotineiras de crioscopia e densidade, porém, dependendo da proporção entre água e sólidos reconstituintes, os padrões analisados podem estar dentro dos limites estabelecidos pela legislação, não sendo possível detectar a fraude (CRUZ e SANTOS, 2008).

Tabela 5 – Requisitos físico-químicos determinados para o leite cru refrigerado.

Requisitos	Limites
Matéria Gorda, g/100g	Teor Original, com o mínimo de 3,0 ¹
Densidade relativa a 15°C g/mL	1,028 a 1,034
Acidez titulável, g ácido láctico/100mL	0,14 a 0,18
Extrato seco desengordurado, g/100mL	mín. 8,4
Índice Crioscópico	-0,530°H a -0,550°H (equivalentes a -0,512°C a -0,531°C)
Proteínas, g/100g	mín. 2,9

¹É proibida a realização de padronização ou desnate na propriedade rural. ²Dispensada a realização quando o ESD for determinado eletronicamente.

Fonte: BRASIL, 2011a.

2.5.1 CRIOSCOPIA

O índice crioscópico é a medida do ponto de congelamento do leite em relação ao da água. É uma prova utilizada principalmente para se detectar fraude por adição de água ao leite. A temperatura de congelamento do leite é mais baixa do que a da água devido ao efeito das substâncias que nele estão dissolvidas. A adição de água altera o índice crioscópico, fazendo com que o mesmo se aproxime de zero (ponto de congelamento da água), porque se diluem as concentrações dos componentes que estão em solução, principalmente a lactose e sais minerais, ou seja, resumindo, o leite apresenta uma série de substâncias dissolvidas, seu ponto de congelamento é inferior a 0°C, ficando na faixa de - 0,512°C e, desta maneira, a adição de água eleva este valor para próximo de 0°C (LANAGRO, 2011).

O ponto de congelamento do leite é praticamente constante, embora a concentração dos constituintes solúveis possa variar substancialmente. Pode apresentar pequenas variações de acordo com: período de lactação, estação do ano, clima, alimentação, raça, doenças dos animais e processamento do leite (LANAGRO, 2011).

É um método simples e utilizado na rotina das indústrias e dos laticínios (ROBIM, 2011). Portanto, o índice crioscópico representa um importante atributo qualitativo do leite “in natura” e um determinador da autenticidade do leite de consumo, por ser indicador de fraude por aguagem (TRONCO, 1997).

Apesar da crioscopia se mostrar um método eficiente para detectar aguagem, mesmo em pequenas concentrações da fraude (1% de adição), esta técnica é falível em casos onde a água é adicionada misturada com outros componentes, como os presentes no soro de queijo, soro fisiológico e soro glicosado (CORTEZ *et al.*, 2010).

2.5.2 DENSIDADE

É a relação entre massa e volume. Assim, um litro de leite normal pesa de 1.028 a 1.034 gramas. Abaixo ou acima desse intervalo, o leite pode ter a sua qualidade comprometida e ser recusado pelas indústrias. Deve-se considerar que um leite com um alto teor de gordura, como por exemplo, acima de 4,5%, terá provavelmente uma densidade abaixo de 1.028 gramas. Para evitar fraudes por aguagem, a densidade do leite é medida, diariamente, na indústria (EMBRAPA, 2005).

A determinação da densidade serve como método de detecção de fraudes no leite no que se refere ao desnate ou a adição de água, apesar de não ser um teste conclusivo, pois leites com

alto teor de gordura apresentam-se com valores de densidade menor em virtude da baixa densidade das gorduras (TRONCO, 2008). O desnate do leite e a adição de amido são alterações que fazem a densidade aumentar (AGNESE *et al.*, 2002).

A adição de água reduz a densidade do leite e aumenta seu ponto de congelamento, enquanto a adição de reconstituintes produz o efeito inverso (SANTOS e FONSECA, 2007). No entanto, leites fraudados com quantidades equilibradas de água e reconstituintes podem não apresentar alterações nessas provas. Por isso, a legislação determina a pesquisa diária de reconstituintes da densidade no leite cru refrigerado, mas estas provas são laboriosas e demoradas e, às vezes, incompatíveis com a rotina de análises da indústria. Contudo, para o leite pasteurizado não existe essa exigência, o que dificulta a detecção de fraudes realizadas pela indústria (BRASIL, 2006; 2011a).

As metodologias que vem sendo utilizadas na detecção de fraudes em leite fluído necessitam de aperfeiçoamento, e os limites de detecção devem ser aprimorados (FUENTE e JUARÉZ, 2005). A maior dificuldade encontrada pela Inspeção Federal ligada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é atualizar as técnicas de detecção de fraudes tão rapidamente quanto o surgimento de diferentes tipos de adulterações (AQUINO, 2013).

2.6 PREJUÍZOS PARA A SAÚDE DO CONSUMIDOR EM CONSEQUENCIA DA ADULTERAÇÃO DO LEITE POR ADIÇÃO DE ÁGUA

Diversas fraudes têm sido reportadas na literatura, com destaque para a adição de água, que é adicionada ao leite com o principal intuito de aumentar o volume produzido, porém, além de lesar o consumidor economicamente, por fornecer um produto de qualidade inferior à declarada, a adulteração do leite, pode representar risco à saúde (SHARMA e PARADAKAR, 2010).

A fraude do leite, por adição de água, coloca em perigo a saúde do consumidor, pois a água que é adicionada muitas vezes não passa por nenhum tratamento e pode contaminar o produto com microrganismos patogênicos, como por exemplo: coliformes fecais (SOROA, 1980). Os microrganismos, uma vez introduzidos no leite, encontram um “habitat” ideal para o seu desenvolvimento (BECCHI, 2003). Sendo assim, a contaminação por meio de microrganismos presente em água não tratada, indica o nível de exposição ambiental, o qual o alimento foi submetido (MAIESKI, 2011). Em 2013, houve um caso de fraude de leite por adição de água não tratada no Rio Grande do Sul (G1, 2013).

O risco que um alimento, como o leite, contaminado com microrganismos patogênicos pode causar é grande, em se tratando de grupos populacionais vulneráveis como: pacientes imunossuprimidos, idosos, crianças e gestantes.

Portanto, de acordo com FRANCO E LANGRAF (2005), uma pasteurização efetiva elimina esses microrganismos, sendo que a presença destes, somente permanece em produtos tratados termicamente, se caso houver contaminação após o processo.

A adição de água no leite promove uma diluição de seus componentes, causando conseqüentemente uma redução no seu valor nutricional (BECCHI, 2003). Isso quer dizer que a adição de água faz com que os valores nutricionais de carboidratos (lactose), proteínas, lipídios, vitaminas e minerais não serão mais os mesmos na composição do leite ingerido na mesma proporção de antes da adulteração e isso interfere diretamente na saúde do consumidor.

2.6.1 IDOSOS

Segundo a DRI (2010), pessoas idosas necessitam de 1200mg de cálcio por dia, para que se mantenha a homeostase, é um elemento importante para a prevenção da osteoporose, conforme mencionado em textos acima. Com o envelhecimento, há uma redução da absorção de cálcio, e as mulheres de mais de 80 anos absorvem cerca de 26% do mineral ingerido. Em mulheres na menopausa, a recomendação de cálcio é aumentada, e, se o consumo for baixo, irá interferir na prevenção da desmineralização óssea. Essa recomendação acima é atingida com a ingestão de 4 copos de leite por dia (PFRIMER e FERRIOLLI, 2008). A ingestão inadequada de vitamina D pode aumentar a perda óssea e o risco de osteoporose, e também ser responsável pela menor absorção de cálcio (PFRIMER e FERRIOLLI, 2008). Portanto, paciente idoso com ingestão de leite fraudado com água, onde se tem a diluição principalmente desses dois micronutrientes fontes (cálcio e vitamina D), ficará em prejuízo nutricional diante de suas necessidades e alterações fisiológicas descritas acima.

2.6.2 GESTAÇÃO

Durante a gestação ocorre modificações hormonais que promovem ajustes no metabolismo do cálcio, incluindo aumento na taxa de utilização pelos ossos e aumento na absorção intestinal. Esses ajustes possibilitam aumentar o aproveitamento do cálcio ingerido durante esse período (COLE *et al*, 1987).

De acordo com a DRI (2010), a recomendação de cálcio para gestantes e lactantes na idade adulta (19 a 50 anos) é de 1000mg/dia. A quantidade de alimentos necessária para atingir essa quantidade de cálcio é em média: 2 copos de leite (597mg) + 01 fatia de queijo (129,26mg) + 01 pote de iogurte (241,4mg) = 967,66mg (VITOLLO, 2008).

Como o leite também é fonte de vitamina D, a deficiência ou insuficiência dessa vitamina durante a gestação reflete no ganho de peso insuficiente, além disso, evidências bioquímicas mostram distúrbio da homeostase óssea na criança (MANNION et al, 2006). Resumindo, diante da importância dos micronutrientes cálcio e vitamina D no processo fisiológico da gestação, onde a insuficiência da ingestão compromete a saúde mãe/filho, podemos observar de como o leite fraudado com água e conseqüentemente com diluição desses micronutrientes irá interferir de forma negativa nesse momento.

2.6.3 ADOLESCÊNCIA

Pode-se considerar que esta é a fase mais crítica para a ingestão de um leite fraudado com água, ou seja, com diluição de seus componentes, principalmente cálcio e vitamina D.

A ingestão de cálcio é uma das grandes preocupações de profissionais e estudiosos da saúde do adolescente. Esta se faz importante porque, durante essa fase, ocorre o aumento da retenção de cálcio para formação óssea (SCHAAFSMA, 1992).

De acordo com a DRI (2010), a RDA para adolescentes de idade entre 9 anos aos 18 anos é de 1300mg/dia, quantidade que para ser atingida necessita de fontes alimentares de cálcio e vitamina D confiáveis para que assim possa ter o nível máximo de absorção dos micronutrientes.

2.6.4 INFÂNCIA

Esta é outra fase a qual devemos nos atentar em relação a ingestão de leite de vaca fraudado com água, pois é desde a infância que a ingestão de cálcio é importante, devido aos ossos e dentes estarem sendo formados. Cerca de 100mg de cálcio são incorporados nos ossos diariamente em pré-escolares (1 a 6 anos) (JOHNSTON *et al*, 1992).

Cada copo de leite (200mL) contém cerca de 250mg de cálcio. A alta biodisponibilidade de cálcio dos produtos lácteos está relacionada com o conteúdo de vitamina D e com a presença de lactose, os quais aumentam a absorção intestinal de cálcio (EINHORN *et al*, 1990). Por isso,

é importante que os nutrientes estejam em sua concentração correta nos alimentos, ou seja, nem a mais e nem a menos, para que se possa suprir as necessidades nutricionais corretamente.

2.6.5 ADULTOS

De acordo com a DRI (2010) a necessidade de cálcio de adultos é 1000mg/dia. Essa quantidade é a necessária para que ocorra a homeostase. No entanto, se esta é a recomendação por dia, quando ingerimos os alimentos fontes, partimos do pressuposto que estamos atingindo a RDA proposta, porém, na ingestão de alimentos fraudados com água com diluição dos macronutrientes e micronutrientes, na verdade, não estaremos atingindo a RDA como acreditamos, o que a longo prazo interferirá em nossa saúde óssea.

Podemos observar nos textos acima, como a fraude de leite com adição de água prejudica a saúde do consumidor, considerando as diversas faixas etárias e condições fisiológicas. Com a diluição dos componentes do leite, devido a fraude, além do cálcio e da vitamina D, mais citados acima, ocorre também a diluição dos macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídios) e isto gera uma série de consequências, pois as crianças necessitam de proteínas de alto valor biológico e lipídios em quantidades adequadas nos alimentos, para garantir o crescimento e o desenvolvimento adequado. Indivíduos vegetarianos também necessitam de proteínas de alto valor biológico dentro dos padrões, assim também como as outras faixas etárias.

Em relação a diluição dos micronutrientes, foi dado ênfase acima, nos principais, que são cálcio e vitamina D, porém o leite também contém o fósforo, que é um micronutriente que também não deve estar diluído na alimentação de nenhuma faixa etária, pois sua deficiência pode levar à perda de massa óssea, à redução do crescimento, ao prejuízo dentário. Cerca de 85% do fósforo encontra-se nos ossos e nos dentes. (PHILIPPI, 2008). Os outros micronutrientes essenciais do leite que possam estar diluídos com a fraude por aguagem são: Vitamina A, Vitamina B2 e biotina. Lembrando que o consumo prolongado desse leite fraudado e conseqüentemente diluído, por parte dos lactentes, pode gerar desnutrição.

Além disso, algumas fraudes são empregadas para mascarar a má qualidade do leite, e neste caso, se adicionam vários tipos de substâncias, que podem causar diversos problemas nutricionais e problemas de saúde coletiva (ROBIM, 2011).

Existe uma relação entre o nível de sólidos (proteína, gordura, sais minerais e lactose) e água no leite. Um produto de qualidade tem, em média, 12% de sólidos e 88% de água. Pela legislação, o mínimo exigido é de 11,4% de sólidos (ZH Notícias, 2015).

O acréscimo de outras substâncias, como: açúcar, sal e amido de milho, serve justamente para mascarar essa diluição com água e equilibrar o nível de sólidos, para que o produto seja aprovado nos testes de qualidade da indústria. Porém, o leite nessas condições é considerado impróprio (ZH Notícias, 2015).

Sempre quando notificam sobre fraude, os consumidores já imaginam o prejuízo que está sendo causado em seu organismo, pois mesmo a fraude sendo com água sempre está associada a outras substâncias e é nesse ponto que inicia os perigos para a saúde.

2.7 SUBSTÂNCIAS ADICIONADAS DE MANEIRA IRREGULAR:

2.7.1 ÁGUA

Conforme foi dito anteriormente, a legislação prevê níveis mínimos de sólidos (proteína, gordura, sais minerais e lactose) na composição do leite: 11,4%. Quando se acrescenta água, esses elementos ficam mais diluídos e há perda de qualidade, causando todos os prejuízos nutricionais que vimos acima. Em geral, a adição de água vem acompanhada de outras substâncias para mascarar a diluição, as quais estão listadas abaixo (ZH Notícias, 2015).

2.7.2 SAL

A adição de sal serve para mascarar a adição de água, equilibrando o nível de sólidos. O problema é o excesso de sódio, que pode causar hipertensão arterial e prejudicar pacientes portadores de insuficiência renal crônica (ZH – Notícias, 2015). A hipertensão arterial comumente observada na população de insuficiência renal pode ser mais bem controlada se houver restrição de sódio na sua ingestão. Pacientes em hemodiálise, a restrição de sódio é indicada não só para o controle da pressão arterial, como também para o controle na ingestão de líquidos (CUPPARI *et al.*, 2005). No entanto, essa adição causa efeitos imediatos a saúde humana, principalmente em se tratando de criança, pois em bebês o controle de sal deve ser ainda maior (ZH – Economia, 2014).

Os brasileiros já ingerem o dobro de sódio recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 5g/dia e a média de ingestão no país chega a ser 12g/dia por pessoa (ZH – Economia, 2014).

Portanto, o problema da adição de sal na fraude do leite com adição de água é que tanto os pacientes hipertensos como os pacientes com insuficiência renal crônica perdem o controle da ingestão desse eletrólito, podendo ter resultados negativos na terapia nutricional, como é o caso dos portadores de Hipertensão Arterial Sistêmica, que precisam controlar toda a ingestão

de sódio para que não ocorra picos hipertensivos. Esses pacientes ficam extremamente vulneráveis a essas adulterações.

2.7.3 AÇÚCAR

É a substância mais comumente utilizada para mascarar a adição de água, por ser barato e por diluir facilmente no leite. Caracteriza a alteração de densidade do produto. Em excesso, pode oferecer risco para pessoas com diabetes, por exemplo (ZH - Notícias, 2015). Pacientes idosos e gestantes, por exemplo, tem sua necessidade de cálcio aumentada, e com isso ingerem um número de porções generosas de leite durante o dia, porém, se esses pacientes possuírem Diabetes Mellitus Gestacional, no caso das gestantes, e Diabetes Mellitus descompensado, no caso de idosos ou até mesmo adultos, a qualidade de vida desses pacientes diante dessa adulteração ficará bastante prejudicada, colocando a vida em risco, pois esses pacientes, em grande parte, fazem a contagem de carboidratos que podem consumir em um dia para posteriormente aplicar a insulina. O risco também é considerável para quem não tem a doença diagnosticada, devido a ingestão diária de várias porções com açúcar refinado adicionado, além de aumentar o valor calórico, predispõe o paciente a ser resistente à insulina.

A adição dessas substâncias citadas ao leite, assim como qualquer outra, é proibida pela legislação brasileira, devido ao fato do leite deixar de ser considerado um alimento puro, ou seja, isento da adição de qualquer outro ingrediente que não seja os previstos pela legislação (como no caso da inclusão de aditivos ao sistema UHT e leite em pó).

2.8 TÉCNICA ρc

Nesta seção, é descrita a técnica utilizada para medir a capacidade térmica volumétrica das amostras de leite, denominada de técnica ρc . Esta grandeza física é o valor da densidade multiplicado pelo valor do calor específico da substância. A unidade desta grandeza é: $J/cm^3 K$.

Esta técnica consiste em medir o aumento e diminuição da temperatura de um material onde o aquecimento é produzido por iluminação contínua (PINHEIRO, 2011; HATTA, 1978). A amostra de leite é colocada dentro de uma pequena câmara, que vamos chamar de porta amostra, e este é preso por um suporte isolante, adiabaticamente, dentro de uma câmara (Dewar) onde é feito vácuo com uma bomba de vácuo mecânica. Esta câmara possui uma janela óptica por onde passa um feixe de luz laser contínuo incidindo sobre a amostra para produzir o aquecimento. O porta amostra pode ser visto na figura (2 - a), este porta amostra é constituído por duas placas circulares de teflon (um material com baixa condução térmica) que fazem um sanduiche de

duas folhas finas de alumínio com um anel O´Ring entre elas, a amostra de leite é colocada dentro do anel. As placas de teflon circulares são colocadas em um suporte metálico, com um furo central (pode ser visto na figura 2 - b). O suporte metálico não está em contato com a folha de alumínio, portanto, a amostra fica isolada pelo teflon.

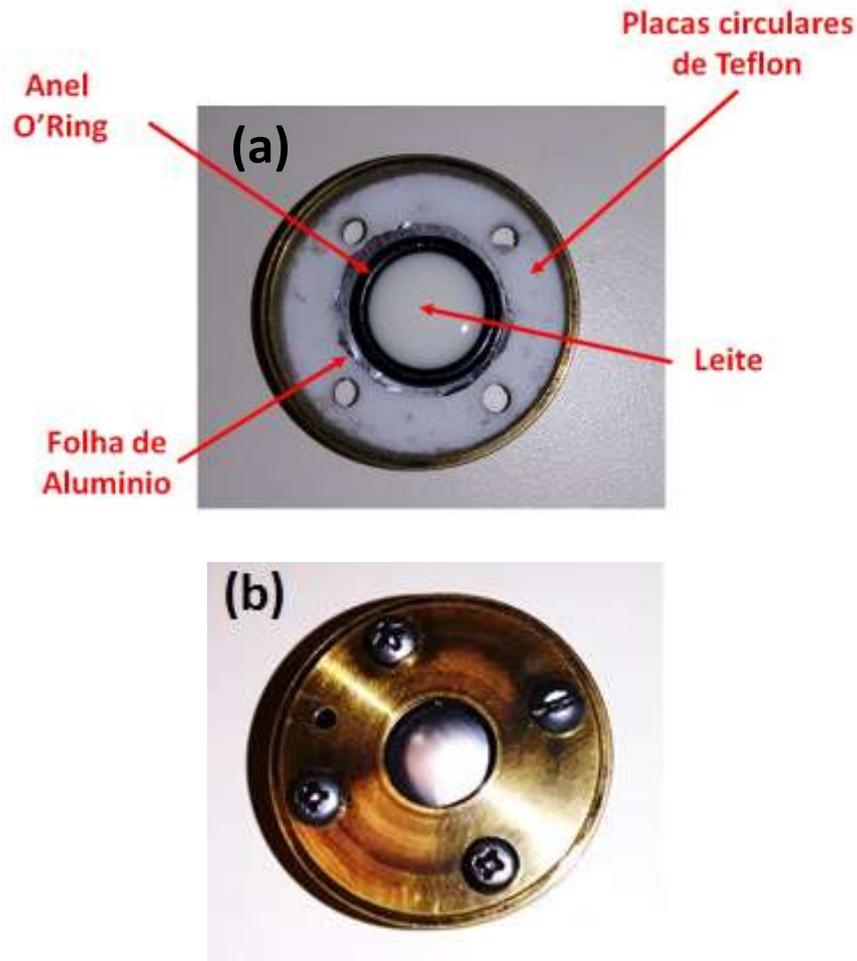


Figura 2: (a) Placa circular de teflon, folha de alumínio e anel O´Ring com a amostra de leite. (b) Suporte fechado para realização da medida da capacidade térmica volumétrica.

A câmara utilizada para ser feito o vácuo pode ser vista na figura (3), esta câmara é de aço inoxidável e a janela óptica de quartzo. O porta amostra dentro da câmara preso no suporte está mostrado na figura (4). A posição do porta amostra é na direção da janela óptica da câmara para dar condições da incidência da luz laser na amostra de leite.



Figura 3: Câmara da técnica pc utilizada para encontrar a capacidade térmica volumétrica da amostra.

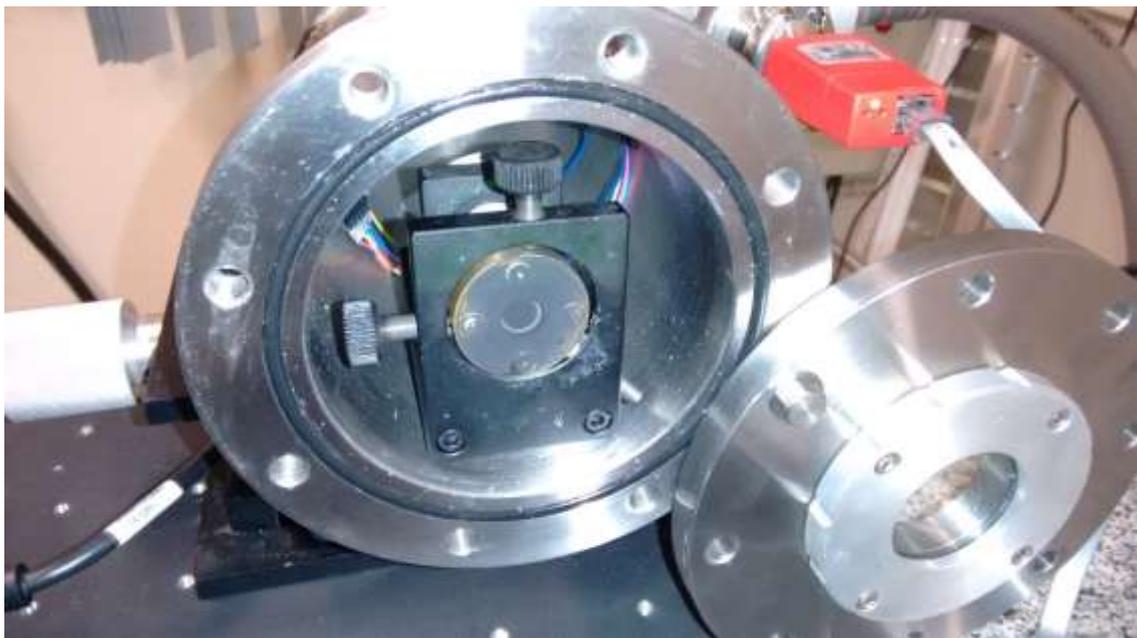


Figura 4: Porta amostra preso no suporte possibilitando a incidência do feixe de luz laser aquecer a amostra.

O vácuo produzido na câmara garante que qualquer troca de calor que possa ocorrer entre a amostra e o ambiente, será na forma de radiação térmica, a condução e convecção podem ser desprezados, resultando assim, em uma forma controlada de variar a temperatura do material. O aquecimento é produzido pela incidência da luz diretamente na face da amostra e para garantir uma boa absorção, o porta amostra é coberto com uma fina camada de fuligem, portanto, se

aproximando de um corpo negro (a fuligem no porta amostra pode ser observada também na figura (4) onde se vê o porta amostra escurecido). A cobertura de fuligem garante uma emissividade próxima de 1 ($\varepsilon = 1$). Quando a luz sobre a amostra for interrompida, sabe-se que o resfriamento será também por meio radiativo.

O laser utilizado para aquecer a amostra é o laser Sprout H 5W da Lighthouse Photonics onde foi utilizado o comprimento de onda $\lambda = 532 \text{ nm}$ (verde). A bomba de vácuo utilizada é da marca Symbol modelo E-12, esta bomba é ligada diretamente na câmara e gera uma pressão da ordem de 10^{-2} Torr que pode ser verificada por um leitor digital ligado a um sensor Pirani APG100XM - NW16, conectado na câmara.

O tempo em que a amostra será aquecida pela radiação, ou o tempo em que a radiação for interrompida possibilitando o resfriamento da amostra, é usado para calcular a capacidade térmica volumétrica. Deve-se monitorar a variação de temperatura tanto do aquecimento quanto do resfriamento, e para isso, usa-se um sensor de temperatura que detecta radiação infravermelha. Este sensor está bem próximo da amostra e do lado oposto a incidência do feixe. Utiliza-se a plataforma eletrônica Arduino para aquisição dos dados, o sensor é ligado diretamente na placa de arduino que está ligada a um computador onde um programa desenvolvido no laboratório controla toda a aquisição dos dados.

A equação (1) é utilizada para fazer o ajuste dos dados experimentais (PINHEIRO, 2011) possibilitando assim encontrar o valor da capacidade térmica volumétrica.

$$\Delta T = \left(\frac{T^4 - T_0^4}{4T_0^3} \right) \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \quad (1)$$

Nesta equação, T_0 é a temperatura inicial da amostra, T a temperatura final, após o aquecimento (ou resfriamento), t o tempo decorrido da variação da temperatura e τ é o parâmetro empregado de ajuste da equação com os dados experimentais, dado pela equação (2).

$$\tau = \frac{\rho c \ell}{8\sigma_{sb} T_0^3} \quad (2)$$

Na equação (2), ρc é a capacidade térmica volumétrica, grandeza que deseja-se determinar, onde ρ é a densidade e c o calor específico da amostra, σ_{sb} é a constante de Stefan-Boltzmann

$\left(\sigma_{sb} = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}\right)$ e ℓ_0 a espessura da amostra (câmara). Observamos na equação (1), que não é importante descobrir a intensidade da luz que chega na amostra para determinar o valor da capacidade térmica volumétrica, tornando o experimento mais fácil de ser controlado. A variação de temperatura do experimento deve ser pequena, não excedendo 3K ou 4K. Este valor é necessário devido a uma aproximação feita na fórmula geral que resulta a equação (1) (PINHEIRO, 2011; JUÁRES et al., 2008), tornando mais simples de ser feito os ajustes nos programas gráficos, como o Origin por exemplo.

O esquema da montagem experimental pode ser visto na figura (5).

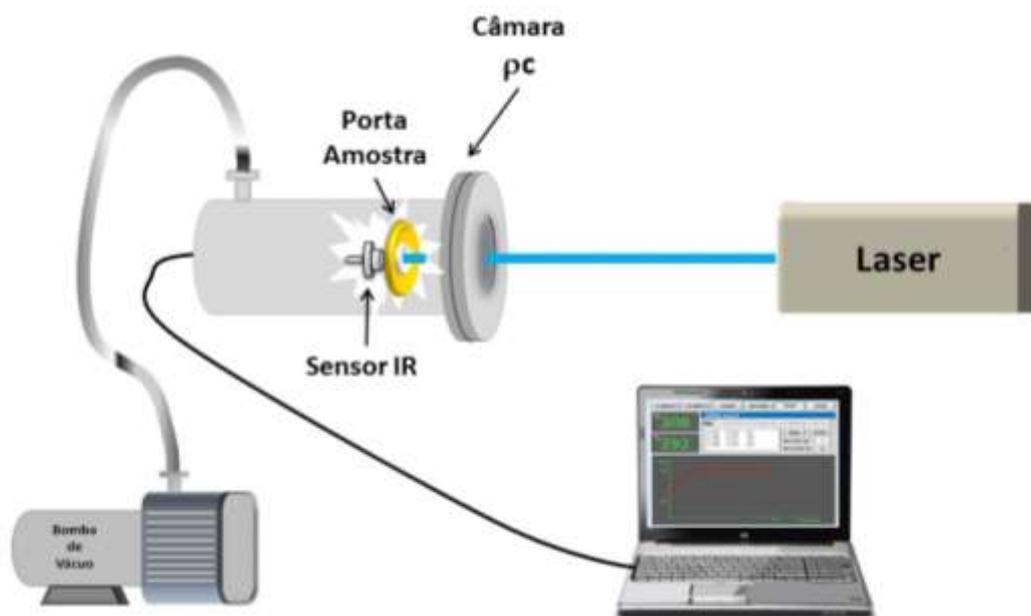


Figura 5: Esquema da montagem experimental para medição da capacidade térmica volumétrica das amostras de leite.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL:

Desenvolver um novo método de análise de fraude no leite através da grandeza física capacidade térmica volumétrica;

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Descrever a importância da ingestão do leite em diversas faixas etárias, como alimento essencial para as funções fisiológicas e prevenção de doenças;
- Descrever os prejuízos nutricionais causados a saúde dos indivíduos com a ingestão do leite adulterado com água;
- Adaptar a técnica da capacidade térmica volumétrica, originalmente desenvolvida para amostras sólidas, para medida de amostras líquidas;
- Aplicar a técnica para análise de fraude no leite através da grandeza física capacidade térmica volumétrica em amostras de leite cru e com simulações de fraude com água;
- Discutir sobre as vantagens desse novo método em relação aos métodos tradicionais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS:

4.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

A amostra de leite cru foi coletada no Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG/ILCT). Todas as medidas foram realizadas em triplicata, no mesmo dia da coleta do leite cru. Foram realizadas análises de acidez titulável, depressão do ponto de congelamento (crioscopia), percentual de gordura, pH; densidade a 15 °C. Para a determinação da acidez titulável (em graus Dornic) foram utilizados um acidímetro Dornic, tubos de ensaio e suporte para os tubos de ensaio, pipetas graduadas de 10 mL, solução Dornic (Hidróxido de Sódio 0,111 mol/L) e Fenolftaleína 1% (m/v) alcoólica neutralizada. Para determinação da Crioscopia foram utilizados um Crioscópio Eletrônico Microprocessado (ITR), tubos de ensaio específicos para o Crioscópio, estufa, suporte para os tubos, pipetas graduadas 10 mL e papel absorvente. As amostras foram previamente aquecidas em estufa. Para determinação do pH foram utilizados phmetro com eletrodo de vidro combinado, pipetas graduadas de 10 mL, bécker de 150mL, água destilada, Piseta e papel absorvente. Para determinar a densidade a 15 °C foram utilizados um termolactodensímetro e proveta de 250 mL.

As amostras utilizadas na técnica ρ_c foram mantidas refrigeradas durante todo o processo de análise. Foram preparadas dez amostras, sendo uma sem água, como fornecida pelo ILCT e nove amostras simulando a fraude com acréscimo de água nas seguintes porcentagens: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 e 40. A quantidade de água destilada foi determinada em relação a massa da amostra do leite em cada frasco, para isso, foi utilizado uma balança analítica de precisão. Após a preparação das amostras, estas foram mantidas refrigeradas sendo retiradas somente na preparação da câmara de medida. Foram realizadas três medidas para cada amostra.

A densidade do leite é comumente determinada pelo aparelho denominado termolactodensímetro. O aparelho é introduzido na amostra de leite, fazendo a leitura da densidade na cúspide do menisco. Porém, somente valores acima de 5% a 10% de água adicionada são indicados claramente. O calor específico também é um importante parâmetro que varia com a fraude do leite e de conhecimento essencial para controle dos aspectos de engenharia de processos e dimensionamento de equipamentos. Desta forma o estudo da capacidade térmica volumétrica com fraude é promissor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Iniciaremos agora a apresentação dos resultados da técnica ρc aplicada na detecção de fraude do leite com água. Começamos com os resultados da medida da capacidade térmica volumétrica da água destilada e posteriormente as medidas com leite cru e com a simulação de fraude do leite com água.

Os resultados encontrados para a densidade, pH, acidez Dornic, gorduras e índice crioscópio estão listados na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados físico-químicos determinados para a amostra de leite cru utilizada na técnica da capacidade térmica volumétrica.

Constituintes	Resultados
Gorduras, g/100g	3,1
Densidade relativa a 15°C g/mL	1,026
Acidez titulável, g ácido lático/100mL	0,17
pH	6,7
Índice Crioscópio (°H)	-0,535

5.1 MEDIDA DO ρc PARA ÁGUA DESTILADA

Inicialmente foi feito medidas para a água destilada. Este procedimento é padrão para verificar o perfeito funcionamento da técnica. A água possui o valor da capacidade térmica volumétrica conhecida, através dos valores da densidade ($\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$) e do calor específico ($c = 4,186 \frac{J}{kgK}$), o que resulta: $\rho c = 4,186 \frac{J}{cm^3K}$. Após este procedimento, iniciaram-se as medidas das amostras de leite.

5.2 MEDIDA DO ρc PARA AS AMOSTRAS DE LEITE

Os resultados das medidas de capacidade térmica volumétrica para a amostra de leite cru e para as amostras com simulação de fraude com água, estão descritos a seguir. O valor da densidade e do calor específico variam com a temperatura, desta forma, determina-se a

capacidade térmica volumétrica para todas as amostras a uma temperatura média de 20°C. Este valor foi escolhido pela temperatura final de equilíbrio térmico das medidas após o resfriamento da amostra dentro da câmara.

5.2.1 LEITE CRU

Os dados experimentais para a amostra de leite cru estão apresentados na figura (6). O gráfico é da temperatura em função do tempo. Os pontos marcados são do resfriamento da amostra, não usamos os resultados do aquecimento por não serem confiáveis para amostras líquidas. O ajuste teórico (curva em vermelho) foi o resultado da equação (1) inserida no programa Origin. Através do parâmetro de ajuste e da equação (2), encontra-se o valor de $(4,12 \pm 0,16) \text{ J/cm}^3 \text{ K}$ para a capacidade térmica volumétrica.

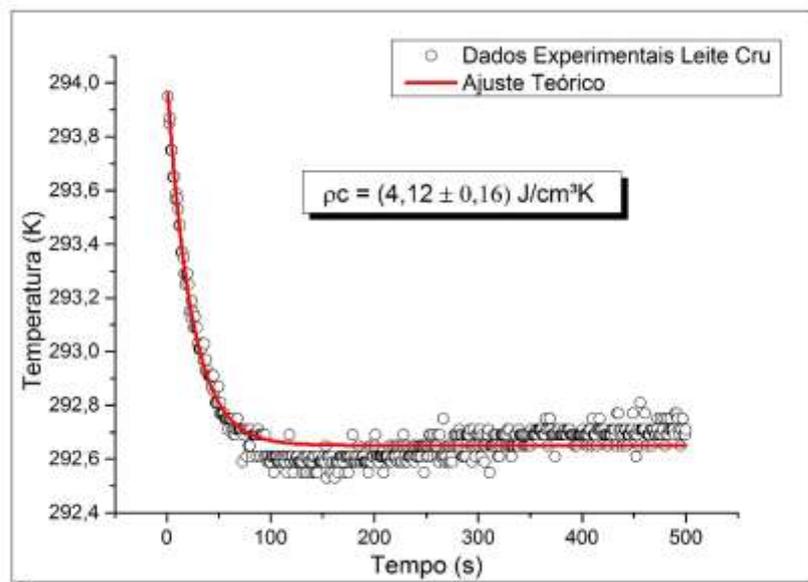


Figura 6: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru. $R^2 = 0,93$.

5.2.2 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 1% DE ÁGUA

Segue na figura (7), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 1% de água destilada.

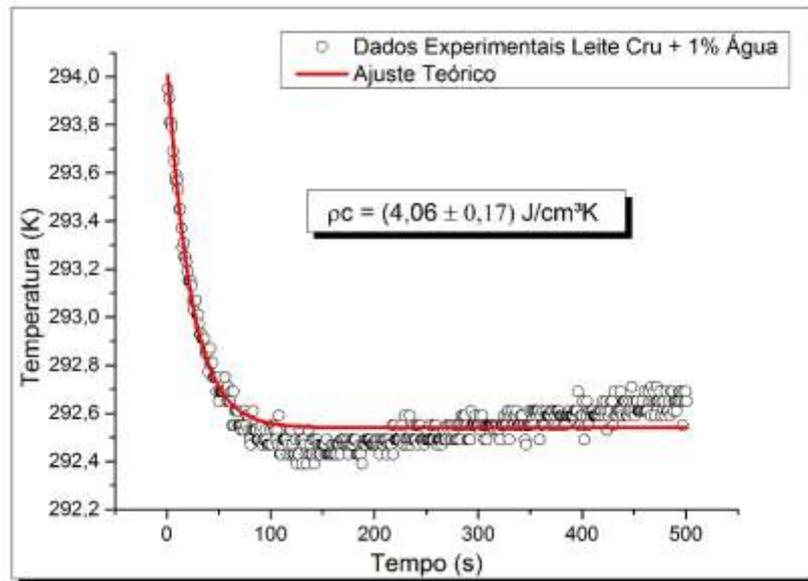


Figura 7: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 1% de água. $R^2 = 0,90$.

5.2.3 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 2% DE ÁGUA

Na figura (8), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 2% de água destilada.

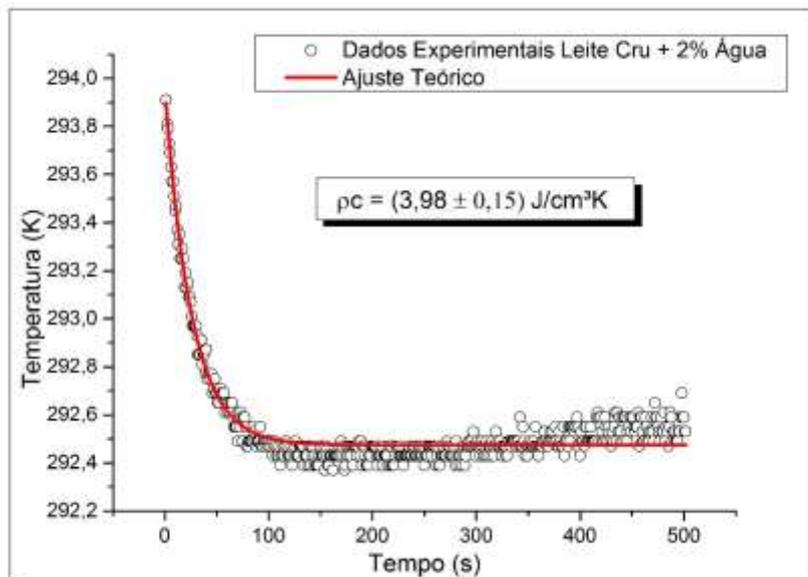


Figura 8: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 2% de água. $R^2 = 0,94$.

5.2.4 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 4% DE ÁGUA

Na figura (9), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 4% de água destilada.

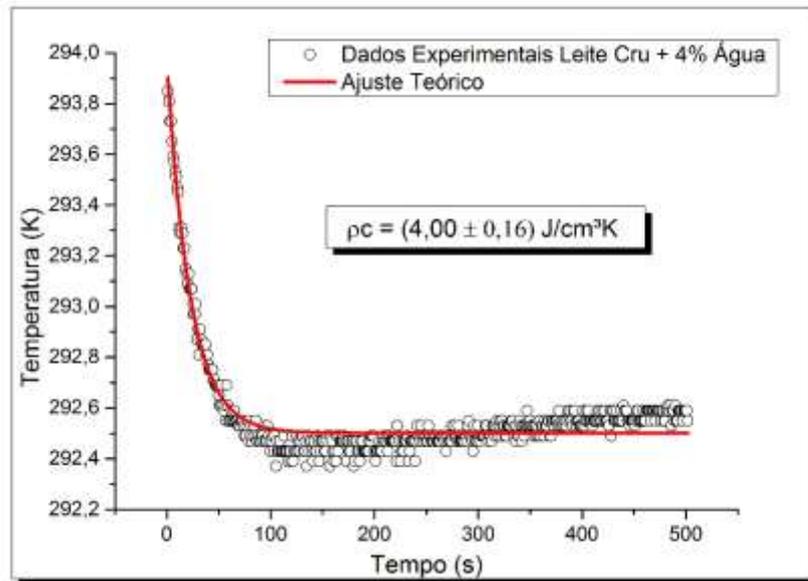


Figura 9: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 4% de água. $R^2 = 0,93$.

5.2.5 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 6% DE ÁGUA

Na figura (10), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 6% de água destilada.

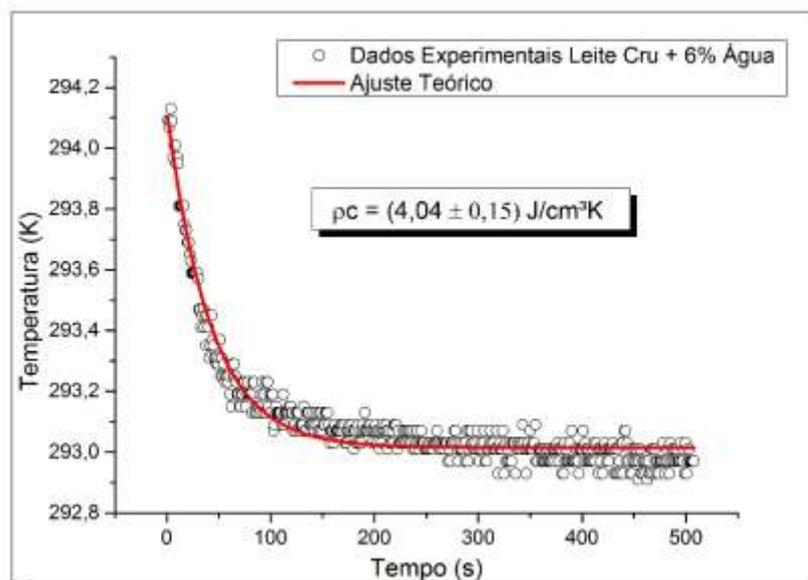


Figura 10: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 6% de água. $R^2 = 0,95$.

5.2.6 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 8% DE ÁGUA

Na figura (11), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 8% de água destilada.

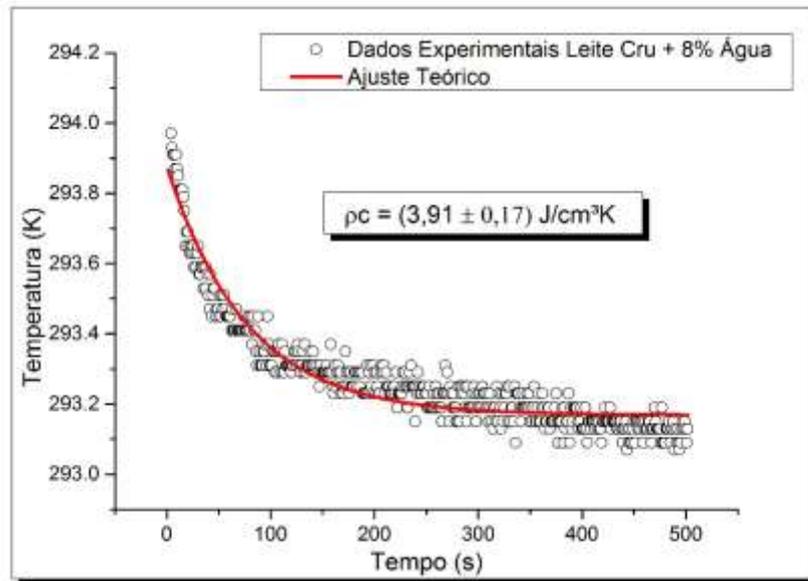


Figura 11: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 8% de água. $R^2 = 0,92$.

5.2.7 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 10% DE ÁGUA

Na figura (12), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 10% de água destilada.

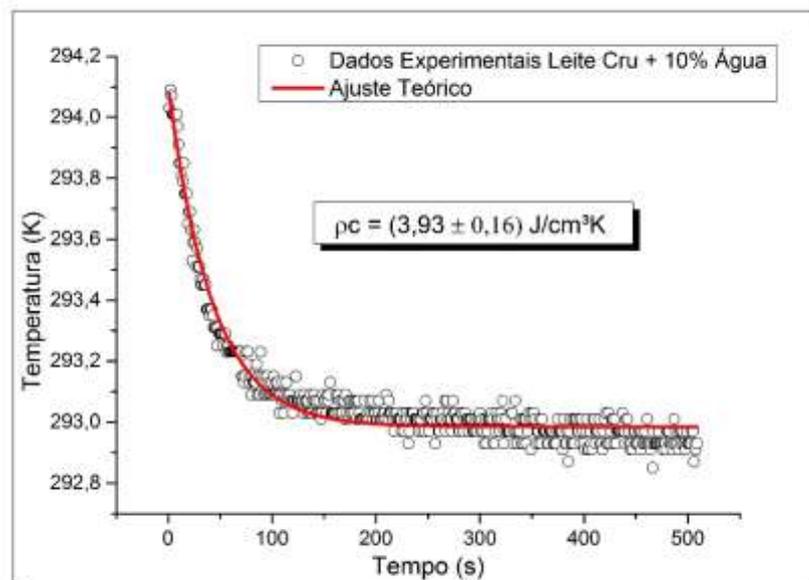


Figura 12: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 10% de água. $R^2 = 0,95$.

5.2.8 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 20% DE ÁGUA

Na figura (13), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 20% de água destilada.

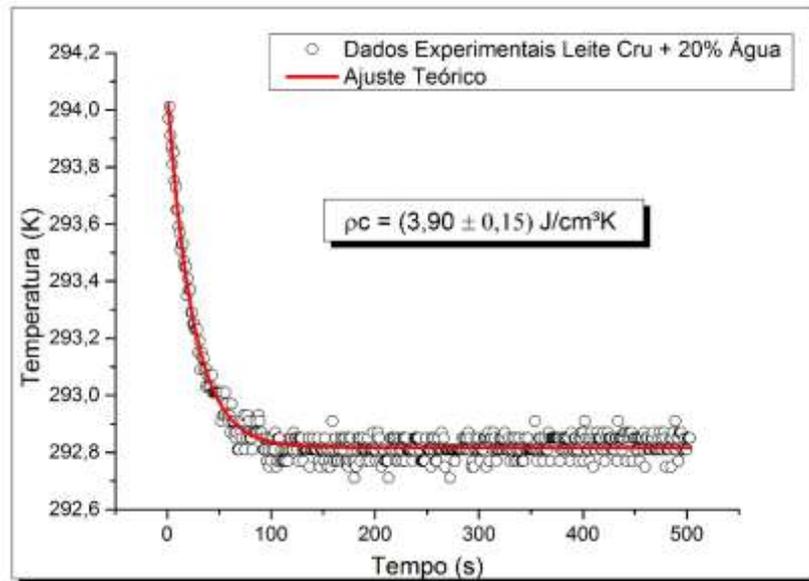


Figura 13: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 20% de água. $R^2 = 0,96$.

5.2.9 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 30% DE ÁGUA

Na figura (14), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 30% de água destilada.

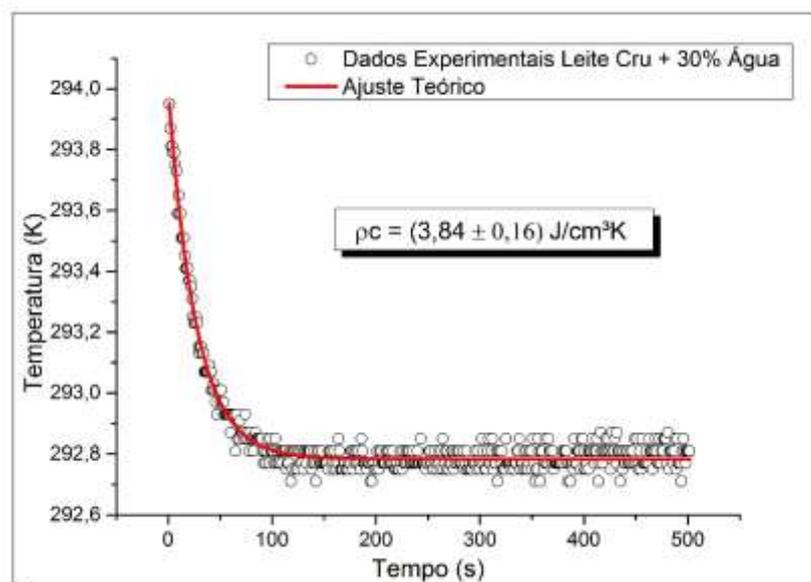


Figura 14: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 30% de água. $R^2 = 0,96$.

5.2.10 LEITE CRU COM ADIÇÃO DE 40% DE ÁGUA

Na figura (15), o resultado experimental para a amostra de leite cru com adição de 40% de água destilada.

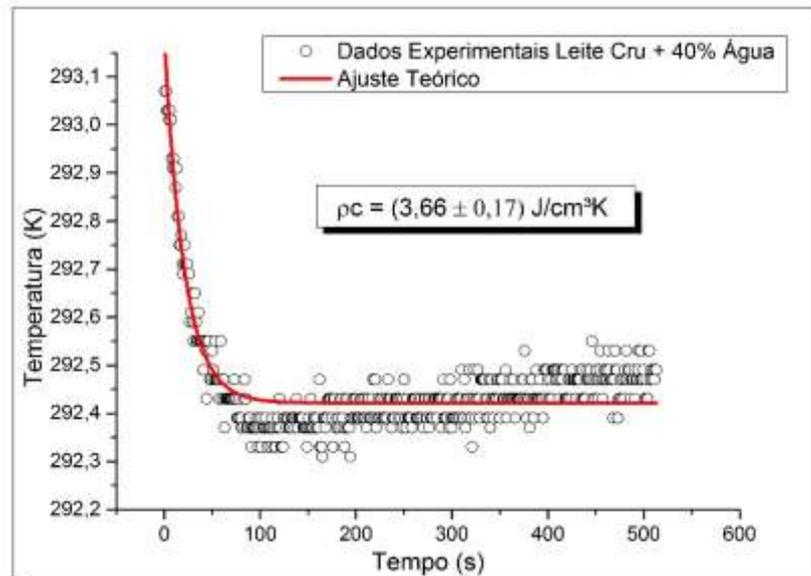


Figura 15: Dados experimentais e ajuste teórico da amostra de leite cru com simulação de fraude com 40% de água. $R^2 = 0,89$.

5.2.11 RESULTADOS GERAIS

Na figura (16), foram reunidos os resultados para a capacidade térmica volumétrica em função da porcentagem de água para todas as amostras estudadas. Encontrou-se valores para o leite cru compatíveis com a literatura (SILVA, 1997) que fornece o valor para a densidade do leite cru variando entre $1,023 \text{ g/cm}^3$ e $1,040 \text{ g/cm}^3$ a uma temperatura de 15°C e para o calor específico, também a 15°C , de $3,93 \text{ J/g.K}$. Estes valores resultam em um valor para a capacidade térmica volumétrica de $4,06 \text{ J/cm}^3 \text{ K}$. Encontrou-se para a amostra avaliada a capacidade térmica volumétrica de $(4,12 \pm 0,16) \text{ J/cm}^3\text{K}$.

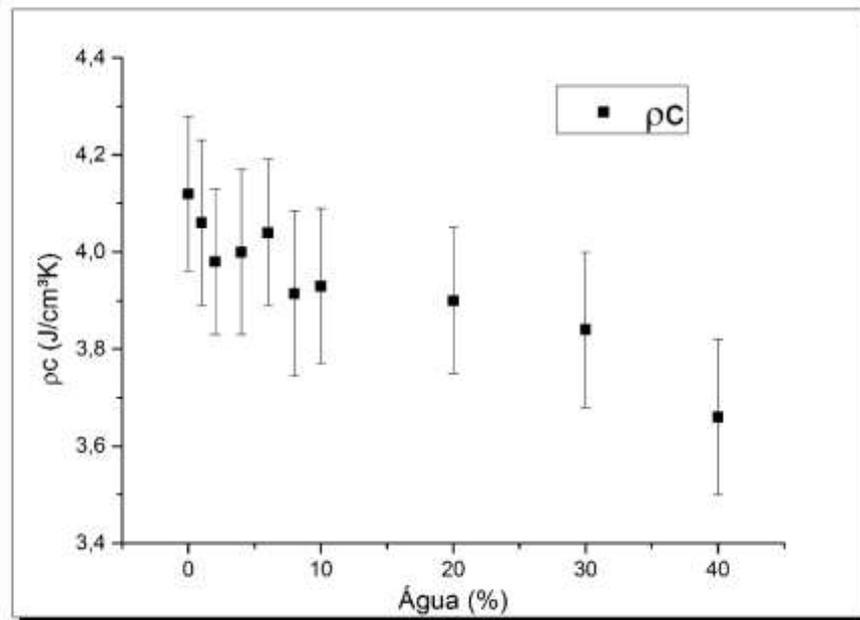


Figura 16: Resultado da capacidade térmica volumétrica para todas as amostras estudadas.

O aumento do ρc com a diminuição de porcentagem de água pode ser explicado pelo valor da densidade do leite ser maior que da água, desta forma, diminuindo a concentração de água, o valor da densidade converge para o valor do leite.

Pode-se observar na figura (17) que os dados experimentais se ajustam na forma de uma relação linear. Desta forma, propõe-se um modelo matemático para quantificar a porcentagem de água da fraude. Através da capacidade térmica volumétrica do leite cru (ρc_{leite}) e da capacidade térmica volumétrica encontrado na amostra em teste (ρc_{medido}), pode-se estimar o valor (x) da porcentagem de água utilizada na fraude. A relação linear do nosso modelo é dada pela equação (3).

$$\rho c_{medido} = \rho c_{leite} - 0,01x \quad (3)$$

Nesta equação, $\rho c_{leite} = (4,12 \pm 0,16) \text{ J/cm}^3\text{K}$ e o valor utilizado: $- 0,01$, é a inclinação da reta ajustada nos pontos experimentais mostrado no gráfico da figura (17).

Substituindo o resultado da medida da amostra teste na equação (4), pode-se estimar o valor da porcentagem de água utilizada na fraude através do valor encontrado para x .

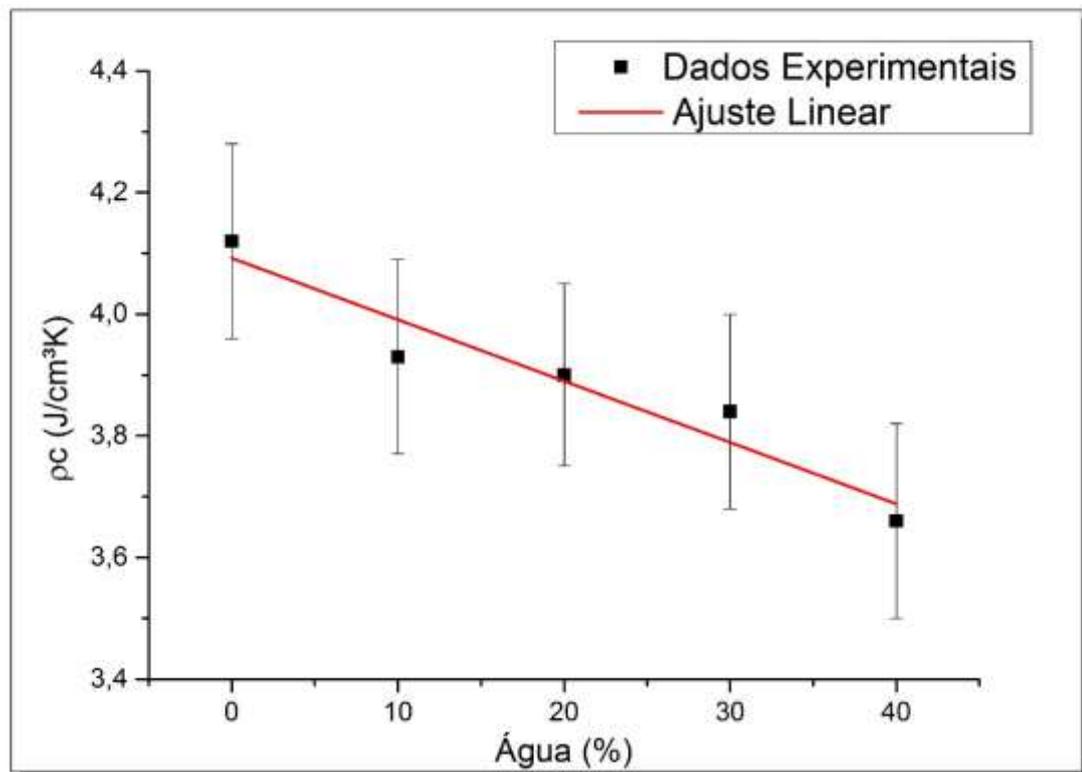


Figura 17: Ajuste linear dos dados experimentais obtidos para a capacidade térmica volumétrica das amostras de leite. $R^2 = 0,90$.

6 CONCLUSÃO

Os prejuízos nutricionais causados a saúde do consumidor que ingere um leite fraudado por adição de água juntamente com seus reconstituintes são de bastante relevância, ou seja, apresentam grande impacto nutricional e atinge diversas faixas etárias e condições fisiológicas.

A técnica ρc foi adaptada com sucesso para medir amostras líquidas e permitiu medir o valor da capacidade térmica volumétrica da amostra de água destilada, de leite cru e diferenciar o valor desta grandeza das amostras que simularam a fraude por aguagem nos valores de 10, 20, 30 e 40%. Em porcentagens inferiores a 10% de adição de água houve uma flutuação dos resultados não podendo quantificar a porcentagem de mistura de água que foi efetuado. Um motivo para a flutuação poderia ser a espessura do porta amostra, sendo necessário desenvolver outro porta amostra que possibilite obter um filme menos espesso de leite, estudos já foram realizados nesta técnica (PINHEIRO, 2011) que demonstrou que a espessura é um fator importante para determinação da capacidade térmica volumétrica.

Foi proposto um modelo matemático para determinar a porcentagem de água utilizada na fraude através da capacidade térmica volumétrica que foi adequado aos resultados.

A técnica de crioscopia consegue detectar fraudes de até 1% de água, mas não consegue detectar outras substancias adicionadas juntamente com a água, ou outros tipos de fraudes, a técnica ρc poderá ser melhorada para detectar fraudes com água com valores menores que 10% e, como mede a variação de duas grandezas físicas (densidade e calor específico), poderá ser utilizada também para detecção de outros tipos de fraudes, inclusive com a adição de outros componentes, além da água, os quais ajustam a densidade para mascarar as fraudes, mas não o calor específico, que é o outro parâmetro medido.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como perspectiva futura pretende-se modificar o porta amostra de forma a tornar a espessura da amostra líquida menor e com isso, aumentar a sensibilidade da técnica para detecção de fraudes com menores porcentagem de água que a apresentada atualmente, ou seja, menor que 10%. Será colocado em prova o modelo matemático proposto de forma a verificar sua validade e buscar possíveis ajustes na constante obtida. Será ampliada a aplicação desta técnica para outros tipos de fraudes, como por exemplo, fraudes com soro de queijo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLV – Associação Brasileira de Leite Longa Vida. Disponível em: < <http://www.ablv.org.br/fixedcontent.aspx?area=sob-tip>>. Acesso em: 19 out. 2014.
- AGNESE, A. P.; NASCIMENTO, A. M. D. do; VEIGA, F. H. A.; PEREIRA, B. M.; OLIVEIRA, V. M. de. Avaliação físico-química do leite cru comercializado informalmente no Município de Seropédica – RJ. **Revista Higiene Alimentar**, v.16, n. 94. p. 58-61, 2002
- ALFA-LAVAL. **Manual de Indústrias lácteas**. Segunda Edición. AMV Ediciones Mundi Prensa. 1990.
- ALMEIDA, C. C.; JÚNIOR, C. A. C.; SILVA, A. C. O.; ALVARES, T. S. Proteína do soro de leite: composição e suas propriedades funcionais. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 9, nº16, p. 1840-1854, 2013.
- ANTUNES, A. J. Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino. São Paulo: Manole, 2003.
- AQUINO, L. F. M. C. **Estudo da fraude com soro de queijo em leite através das metodologias de ácido siálico livre, eletroforese SDS- PAGE e análise sensorial**. 2013. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- BACK, D. **Desenvolvimento de queijo minas frescal probiótico com teor reduzido de lactose**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- BAILEY, D. A.; McKAY, H. A.; MIRALD, R. L.; **Journal of Bone and Mineral Research**, 1999, v.14, p. 1672-1679.
- BECCHI, C. S. “**Estudo do índice Crioscópico do Leite Tipo B “In Natura” Produzido na Bacia Leiteira do Vale do Taquari, RS**”. Dissertação. Ciências Veterinárias, na especialidade de Inspeção e Tecnologia de Produtos de Origem Animal. Porto Alegre – RS. 2003.
- BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do Leite**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1999. 320 p.
- BLACK, R. E.; WILLIAMS, S. M.; JONES, I. E.; GOULDING, A. Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.76, 2002, p.675-680.
- BORGES, K. A.; PINTO, A. T. Variações no índice crioscópico de amostras de leite recebidas na plataforma de um laticínio, no período de janeiro a agosto de 2007. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINARIA**, 35., 2008, Gramado. Trabalhos do 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 2008.

BORGES, K. A.; REICHERT, S.; ZANELA, M. B.; FISCHER, V. Avaliação da qualidade do leite de propriedades da região do Vale do Taquari no estado do Rio Grande do Sul. **Acta Scientiae Veterinariae** (UFRGS. Impresso), v. 37, p. 39-44, 2009.

BRASIL. Instrução Normativa n. 68, de 12 de dezembro de 2006. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, p.8, 14 dezembros de 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº16 de 23 de agosto de 2005. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebidas lácteas**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952. Alterado pelo decreto 2244 de 04 de junho de 1997. Altera o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – R.I.I.S.P.O.A. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, n. 105, p. 11555, 05 jun. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. Aprovado pelo Decreto nº. 30.691 de 29/03/1952, alterado pelos Decretos nº. 1.255 de 25/06/1962, nº. 1.236 de 02/09/1994, nº. 1.812 de 08/02/1996, nº. 2.244 de 04/06/1997 e nº. 6385 de 27/02/2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 fev. 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Aprova o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, n. 251, p.6, 30 dez. 2011a.

BRASIL. Portaria nº 370, de 04 de setembro de 1997. Aprova a **Inclusão de Citrato de Sódio no Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Leite U.H.T (U.A.T)**.

BRITO, J. R. F.; BRITO, M. A. V. P. Qualidade do leite brasileiro e os desafios para atendimento das exigências internacionais. In: ZOCCAL, R. et al. Leite: uma cadeia produtiva em transformação. Juiz de Fora: Embrapa Gado do Leite, 2004. P. 235-243.

CARDOSO, R. R. **Influência da microbiota psicrotrófica no rendimento de queijo Minas Frescal elaborado com leite estocado sobre refrigeração**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2006.

CARVALHO, B, M, A.; CARVALHO, L, M.; ALCÂNTRA, L, A, P.; BONOMO, R, C, F. Método de detecção de fraude em leite por adição de soro de queijo. REDVET – **Revista Electrónica de Veterinária**. Nº 6, Vol. VIII; Espanha; JUN de 2007.

CENTO INTEGRADO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DOS ALIMENTOS - C QUALI LEITE. Disponível em:

<<http://www.cquali.gov.br/data/Pages/MJ6368FB74ITEMID93F359BA4EAB4B37AB55378AF60C18E4PTBRIE.htm>>. Acesso em: 14 de Mar. 2015.

COLE, D.E.; GUNDBERG, C. M.; STIRK, L. J. Changing osteocalcin concentrations during pregnancy and lactation: implications for maternal mineral metabolism. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**. v. 65, p. 290, 1987.

COMMITTEE ON NUTRITION. American Academy of pediatrics – Calcium requirements in infancy and childhood. **Pediatrics**, v.62, p.826-830, 1978.

CORTEZ, M. A. S.; CORTEZ, N. M. S. Qualidade do leite: boas práticas agropecuárias e ordem higiênica. Niterói: **EDUFF**, p. 77. 2008.

CORTEZ, M. A. S.; DIAS, V. G; MAIA, R. G; COSTA, C. C. A. Características Físico-químicas e Análise Sensorial do Leite Pasteurizado adicionado de Água, Soro de Queijo, Soro Fisiológico e Soro Glicosado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.65 , n.376 , p. 18-25, 2010.

CRUZ, E. N.; SANTOS, E. P. Aguagem do leite: métodos básicos de identificação. **In: XI ENCONTRO DE INICIAÇÃO A DOCÊNCIA.**, Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias/Departamento de Tecnologia Rural/Monitoria. UFPB-PPG. 2008.

CUPPARI, L.; AVESANI, C. M.; MENDONÇA, C. O. G.; MARTINI, L. A.; MONTE, J. C. M.; **Guia de Nutrição: Nutrição Clínica no Adulto**. 2.ed. p. 474. Barueri – SP. Editora: Manole, 2005. Doenças Renais. p. 189-220.

DAHMER, A. M. **Avaliação da gestão da qualidade na indústria de leite do Estado de Mato Grosso do Sul**. p.218. Dissertação (Mestrado em Economia e Administração) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso. 2006.

DICKINSON, H. O.; NICOLSON, D. J.; COOK, J. V. Calcium supplementation for the management of primary hypertension in adults. **Cochrane Database Systematic Reviews**. 2006.

DOMINGO, E, C.; TIRELI, A, A.; NUNES, C, A.; PINTO, S. M. Melamina: Riscos de contaminação em produtos lácteos e a influência na saúde dos consumidores. REAS - **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, Lavras/MG, v. 5, p. 390-401, 2013.

DRACZ, S. **Desenvolvimento de um método imunoenzimático para análise de queijo em leite**. Dissertação. Viçosa – MG. 1996.

DRI – Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Institute of Medicine. Of The National Academies. November, 2010.

DUKER, K, L, L.; ALVARENGA, M.; MORIEL, P. Grupo do Leite, Queijo e Iogurte. In: PHILIPPI, S, T. **Pirâmide dos Alimentos. Fundamentos básicos da nutrição**. São Paulo: Manole, 2008. cap. 4, p. 101-161.

EGITO, A. S.; ROSINHA, G. M. S.; LAGUNA, L. E.; MICLO, L.; GIRARDET, J. M.; GAILLARD, J. L. **Método eletroforético rápido para detecção da adulteração do leite caprino com leite bovino**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 58, n.5, p. 932-939, 2006.

EMBRAPA – AMAZÔNIA ORIENTAL – DEZ, 2005. Criação de gado leiteiro na Zona Bragantina. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/qualidade.htm>>. Acesso em: 25 de març. 2015.

EINHORN, T. A.; LEVINE, B.; MICHEL, P. Nutrition and bone. **Orthopedic Clinics of North. America.** v. 21, n.1, p. 43-50, 1990.

ERFCL, Equipo Regional de Fomento Y Capacitación de Lecheria de la FAO. **Manual de Composición y propiedades de la leche.** Santiago de Chile. Fev. p. 2.6-2.7-4.5. 1981.

FELÍCIO, P. E. Adulteração do leite mostra que é hora de investir no Sistema de Inspeção Sanitária Federal. **Revista Associação Brasileira dos Criadores de Zebu**, Uberaba, n. 41, nov/dez., p. 77, 2007.

FERREIRA, C. L. L. F.; MALTA, H. L.; DIAS, A. S.; GUIMARÃES, A.; JACOB, F. E.; CUNHA, R. M. Verificação da qualidade físico-química e microbiológica de alguns iogurtes vendidos na região de Viçosa. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 56, n.321, p.152-158, 2001.

FIRMINO, F. C.; TALMA, S. V.; MARTINS, M. L; LEITE, M. O.; MARTINS, A. D. O. Detecção de fraudes em leite cru dos tanques de expansão da região de rio pomba, Minas Gerais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n.376, p.5-11, set. out., 2010.

FONSECA, L. M; SILVA, T. J. P; RODRIGUES, R; SAMPAIO, I. B. M; CERQUEIRA, M. M. O. P. Efeitos da pasteurização e da esterilização sobre o índice crioscópico do leite, medido nas escalas Hortvet e Celsius. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia.** V. 45, n. 5, 1993.

FOX, P. F; McSWEENEY, P.L.H. Dairy Chemistry And Biochemistry. **Blackie Academic e Professional.** Thomson Science, p.24, 1998.

FRANCO, B. D. G. M; LANDGRAF, M. Microbiologia dos Alimentos. São Paulo: **Editora Atheneu**, p.182, 2005.

FREIMAN, I.; PETTIFOR, J. M.; MOODLEY, G. M. Serum phosphorus in protein energy malnutrition. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, p. 547-550, 1982.

FUENTE, M. A.; JUAREZ, M. Authenticity Assessment of Dairy Products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.45, p.563–585, 2005.

FUKUDA, S. P. Correlation between acidic ninhydrin and HPLC methods to evaluate fraudulent addition of whey in milk. **INRA, EDP Sciences**, n.84, p.501–512, 2004.

G1 – Globo. Teste identificará qualidade de água adicionada ao leite em fraude no RS. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/05/teste-identificar-qualidade-de-agua-adicionada-ao-leite-em-fraude-no-rs.html>>. Acesso em: 12 de abr. de 2015.

GEORGE, P.; KASAPIS, S.; BANNIKOVA, A.; MANTRI, N.; PALMER, M.; MEURER, B.; LUNDIN, L. Effect of high hydrostatic pressure on the structural properties and bioactivity of immunoglobulins extracted from whey protein. **Food Hydrocolloids**. Ed. Elsevier, vol.32, 286-293, 2013.

GIOMBELLO, C. J.; TAMANINI, R.; BATAGLINI, A. P. P.; MAGNANI, D. F.; ÂNGELA, H. L.; BELOTI, V. Avaliação da qualidade microbiológica, físico – química e dos parâmetros enzimáticos de leite pasteurizado e leite tipo B, produzidos no Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.4, p. 1539-1546, out./dez. 2011.

GONZÁLEZ, C. P.; AYALA, A. R.; TOLENTINO, R. G.; FLORES, G. P.; LEÓN, S. V. Detección de suero de quesería en leches ultrapasteurizadas mexicanas mediante la cuarta derivada del espectro de absorción. **Veterinaria Mexico**, v.39, n.1, 2008.

GUINEE. T. P.; WILKINSON, M. G. Rennet coagulation and coagulants in cheese manufacture. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v.45, n.4, p.94-104, 1992.

HAMAOU, E.; HAMAOU, M. Nutritional assessment and support during pregnancy. **Gastroenterology Clinics North America**, v.27, n.1, p. 89-121, 1998.

HARAGUCHI F.K.; ABREU W.C.; PAULA H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista Brasileira de Nutrição**, Campinas, 2006, v.19, p.479-488, jul./ago.

HATTA, I. Heat capacity measurements by means of thermal relaxation method in medium temperature range. *Review of Scientific Instruments*. V. 50, p. 292 – 295, November 1978.

HERNÁNDEZ, L.B.; RECIO, I.; AMIGO, L. β -lactoglobulin as Source of Bioactive Peptides. **Journal Amino Acids**, v. 35, n.2, p. 257-265, 2008.

HERTZLER, S. R.; KIM, Y.; KHAN, R.; ASP, M.; SAVAIANO, D. Depleções Intestinais de Dissacaridase. In: SHILS, M. E.; SHIKE, M.; ROSS, A. C.; CAVALLERO, B.; COUSINS, R. **J. Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 10. ed. São Paulo: Manole, 2009. Parte V. D. n°74, p.1275 – 1286.

HUFFMAN, L.M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology Journal**, Feb, 1996.

HUTH, P. J.; DIRIENZO, D. B.; MILLER, G. D. Major scientific advances with dairy foods in nutrition and health. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, 2006, p. 1207 – 1221.

INFANTE, D.; TORMO, R. Risk of inadequate bone mineralization in diseases involving long-term suppression of dairy products. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, Nova York, v.30, 2000, p.310-313.

ISO, H.; STAMPEER, M. J.; MANSON, J. E. Prospective study of calcium, potassium, and magnesium intake and risk of stroke in women. **Dairy Nutrition**, Dallas, v.30, 1999. P. 1772 – 1779.

JACKMAN, L. A.; MILLANE, S. S.; MARTIN, B. R. **The American Journal Clinical Nutrition**, v.66, p. 327-333, 1997.

JAVAID, M. K.; HARVEY, N. C.; GALE, C. R. Maternal vitamin D during pregnancy and childhood bone mass at age 9 years: a longitudinal study. **The Lancet**, v. 367, p. 36-43, 2006.

JOHNSTON, C. C. Jr.; MILLER, J. Z.; SLEMENDA, C. W. Calcium supplementation and increases in bone mineral density in children. **The New England Journal of Medicine**. v. 327, n. 2, p. 82-87, 1992.

JUÁRES, G. G.; AVALOS, D. A.; MEDINA, R., LUNA, M. V. Metrological aspects of thermal relaxation technique by radiation loss for volumetric heat capacity measurements. *The European Physical Journal Special Topics*. V. 153, p. 171 – 173, 2008.

KARTHEEK, M.; SMITH, A. A.; KOTTAI MUTHU, A.; MANAVALAN, R. Determination of Adulterants in Food: A Review. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v.3, n.2, p. 629-636, 2011.

KEIM, N. L.; LEVIN, R. J.; HAVEL, P. J. Carboidratos. In: SHILS, M. E.; SHIKE, M.; ROSS, A. C.; CAVALLERO, B.; COUSINS, R. J. **Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 10. ed. São Paulo: Manole, 2009. Parte II. A. n°3, p. 67 - 89.

KLEIN, P.M. **Imobilização de β -galactosidase para obtenção de produtos lácteos com baixo teor de lactose**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KRISSANSEN, G.W. Emerging health properties of whey proteins and their clinical implications. **Journal of the American College of Nutrition**, vol. 26, n°. 6, p. 713–723, 2007.

LABORATÓRIO NACIONAL AGROPECUÁRIO – LANAGRO/ RS. Disponível em:<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Laborat%C3%B3rios/Metodos%20IQQA/POA/Leite%20e%20Produtos%20Lacteos/MET%20POA%2010%2001%20Crioscopia%20leite%20fluido.pdf>. Acesso em: 19 de març. 2015.

LEITNER, G.; KRIFUCKS, O.; MERIN, U.; LAVI, Y.; SILANIKOVE, N. Interactions between bacteria type, proteolysis of casein and physico-chemical properties of bovine milk. **International Dairy Journal**, v.16, p. 648–654, 2006.

- MAGALHÃES, M. A. **Determinação de fraude de leite com soro de leite pela análise de CMP e Pseudo-CMP por cromatografia líquida da alta eficiência em fase reversa com detecção espectrometria de massa.** Dissertação. Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Viçosa - MG. 2008.
- MAIESKI, L. M. **Os principais microrganismos patogênicos que afetam a qualidade do leite.** p. 35. Trabalho de conclusão de curso (Título de especialista em produção, tecnologia e higiene de alimentos de origem animal) – Univesidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.
- MANNION, C. A.; GRAY, D. K.; KOSKI, K. G. Association of low intake of milk and vitamin D during pregnancy eith decreased birth weight. **Canadian Medical Association Journal.** 2006.
- MASSEY, L. K. Dairy food consumption, blood pressure and stroke. **Journal of Nutrition.** Filadélfia, v.131, 2001, p.1875-1878.
- MENDES, C. G.; SAKAMOTO, S. M.; SILVA, J. B. A.; JÁCOME, C. G. M.; LEITE, A. I. Análises físico-químicas e pesquisa de fraude no leite informal comercializado no município de Mossoró, RN. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 349-356, abr./jun. 2010.
- MILLER, G.D.; DIRIENZO, D. D.; REUSSER, M. E.; McCARRON, D. A.; Benefits of dairy product consumption on blood pressure in humans: a summary of the biomedical literature. **The Journal of the American College of Nutrition**, Nova York, v.19, 2000, p. 147-164.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Serviço de Inspeção Federal. Anúario Estatístico. **Matérias primas de origem animal.** Brasília, DF, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1989. 328p.
- MURRAY. T. M. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Adisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. Calcium nutrition and osteoporosis. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, v.155, 1996, p.935-939.
- NAYLOR, K. E.; IGBAL, P.; FLEDELUIS, C. **Journal of Bone and Mineral Research**, 2000, v.15, p.129-137.
- OLIVEIRA D.F.; BRAVO C.E.C.; TONIAL I.B. Soro de leite: Um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.67, nº.385, p.64-71, Mar./Abr., 2012.
- OLIVEIRA M.N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais.** Livro: Ed. Atheneu. São Paulo, 2009.
- PEDRAS, M. M. **Avaliação de propriedades físico-químicas e funcionais de leite processado por tecnologia de homogeneização a ultra alta pressão.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. p. 153. 2007.
- PETERSON, C. A. **Journal of Bone and Mineral Research**, 1995, v.10, p. 81-95.
- PHILIPPI, S. T. Pirâmide dos alimentos – Fundamentos básicos da nutrição. Barueri, SP. **Editora: Manole.** p. 387. 2008

PINHEIRO, A. S. **Implatação das técnicas de fotoacústica e pc e aplicações em sistemas vítreos.**

Tese (Doutorado em Física) – Departamento de Física, universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

RECIO, I.; GARCÍA-RISCO, M. R.; LÓPEZ-FANDIÑO, R.; OLANO, A.; RAMOS, M. Detection of rennet whey solids in UAT milk by capillary electrophoresis. **International Dairy Journal**, n.10, p.333-338, 2000.

REDVET – **Revista Electrónica de Veterinária**. Nº 6, Vol. VIII. Espanha; JUN de 2007.

RENHE, I.R.T. O papel do leite na nutrição. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 63, nº363, p. 36-43, Jul./Ago., 2008.

RITCHIE, L. D.; FUNG, E. B.; HOLLORAN, B. P. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 1998, v.67, p.693-701.

ROBIM, S. M. **Avaliação de diferentes marcas de leite UAT comercializadas no estado do Rio de Janeiro e o efeito da fraude por aguagem na fabricação, composição e análise sensorial do iogurte.** p. 98. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. 2011.

RODRIGUES, L.R.M. **Valorização da fração proteica do soro de queijo.**

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Portugal, 2001.

SANTOS, M.J.; TEIXEIRA, J.A.; RODRIGUES, L.R. Fractionation and recovery of whey proteins by hydrophobic interaction chromatography. **Journal of Chromatography**, 2011.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite.** São Paulo: Manole. p. 314. 2007.

SCHAAFSMA, G. The scientific basis of recommended dietary allowances for calcium. **Journal of Internal Medicine**. v. 231, p. 187-194, 1992.

SGARBIERI, V, C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, 2008.

SGARBIERI, V, C. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações-modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517p.

SGARBIERI, V.C., Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, p. 43-56, jan./mar., 2005.

SHARMA, K.; PARADAKAR, M. The melamine adulteration scandal. **Food Security**, n.2, p. 97-107, 2010.

SILVA, A.C.O.; HOOD, C.; SILVA, F. E. R.; MÁRSICO, E. T.; BALTHAZAR, C. F. Detecção de fraudes em leite beneficiado e verificação dos métodos analíticos para análise de leite fluido. In: **Seminário de Iniciação Científica Prêmio UFF Vasconcellos Torres, XX**. 2010. Niterói: PROPPI UFF, CD-ROM. 2010.

SILVA, M. C. D.; SILVA, J. V. L.; RAMOS, A. C. S.; MELO, R. O.; OLIVEIRA, J. O. Caracterização microbiológica e físico-química de leite pasteurizado destinado ao programa do leite no Estado de Alagoas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.1, 2008.

SILVA, L. C. C. **Capacidade de detecção de adulterações e suficiências das provas oficiais para assegurar a qualidade do leite pasteurizado**. Tese (Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, p. 96. Londrina, 2013.

SILVA, P. H. F. Leite: Aspectos de Composição e Propriedades. *Química Nova na Escola*. v.6, Novembro 1997.

SOROA, J. M. *Indústrias Lácteas*. LITEXA: Lisboa. 5º ed. p. 376. 1980.

SOUSA, G.T.; LIRA, F.S.; ROSA J.C.; OLIVEIRA, E.P.; OYAMA, L.M.; SANTOS, R.V.; PIMENTEL, G.D. Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: a review. **Lipids in Health and Disease**, 2012.

SOUZA, M. R.; RODRIGUES, R., FONSECA, L. M.; CERQUEIRA, M. M. O. P. Pasteurização do leite. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária**. UFMG, n.13, p.85-93, 1995.

SOUZA, S. S.; CRUZ, A. G.; WALTER, E. H. M.; FARIA, J. A. F.; CELEGHINI, R. M. S.; FERREIRA, M. M. C.; GRANATO, D.; SANT'ANA, A. S. Monitoring the authenticity of Brazilian UHT milk: A chemometric approach. **Food Chemistry**, v. 124, p. 692-695, 2011.

SPIGLIATTI, S. PF prende 25 por fraude em leite longa vida. 2007. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,pf-prende-25-por-fraude-em-leite-longa-vida,6873>. Acesso em: 09 març. 2015.

STEIJNS J.M., HOOIJDONK A.C.M.V. Occurrence, structure, biochemical properties and technological characteristics of lactoferrin. **British Journal of Nutrition**, v.84, p. 11-17, 2000.

STONE, N. M. L. Nutrition during pregnancy and lactation. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT, S. S. (eds.) **Food, Nutrition, and Diet**, 9º ed. Filadélfia: W. B. Saunders, p. 181 – 212, 1996.

TAYLOR, S, L.; HEFLE, S, L. Alergias Alimentares e Intolerâncias. In: SHILS, M. E.; SHIKE, M.; ROSS, A. C.; CAVALLERO, B.; COUSINS, R. J. **Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 10. ed. São Paulo: Manole, 2009. Parte V. I. nº95, p.1622 – 1641.

TEEGARDEN, D.; PROULX, W, R.; MARTIN, B. R. **Journal of Bone and Mineral Research**,1995, v.10, p. 711-715.

TRONCO, V. M. Controle Físico-Químico do Leite. In: TRONCO, V. M. **Manual para Inspeção da Qualidade do Leite**. Santa Maria, RS: UFSM. Cap. V, p. 103 – 105. 1997.

TRONCO, V.M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. Santa Maria: Editora UFSM, 3º ed., p. 203. 2008.

WASTNEY, M. E. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, 2000, v.85, p. 4470-4475.

WEAVER, C, M.; HEANEY, R, P. Cálcio. In: SHILS, M. E.; SHIKE, M.; ROSS, A. C.; CAVALLERO, B.; COUSINS, R. J. **Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 10. ed. São Paulo: Manole, 2009. Parte II. B. nº9, p.210 – 227.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Genebra, 2003. **Report of the joint WHO/FAO expert consultation**. Technical Report Series, 916.

WORTHINGTON, R. B. S.; WILLIAMS, S. R. Nutrition in pregnancy and lactation. 6ª ed. **Madison: Brown and Benchmark Publishers**, p. 513, 1997.

YÜKSEL, Z.; ERDEM, Y.K. Detection of the milk proteins by RP-HPLC. **Research Araştırma**,v.3, 2009.

ZADOW, J. G. Modern dairy technology: advances in milk processing. London: **Elsevier**. vol. 2. 1997.

ZH – Notícias. Risco à saúde com fraude atual á baixo. Disponível em: <<<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/05/risco-a-saude-com-fraude-atual-e-baixo-4759850.html>>. Acesso em: 30 de Mai. 2015.

ZH – Economia. Leite adulterado com sal provoca efeitos imediatos à saúde humana. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/economia/noticia/2014/12/leite-adulterado-com-sal-provoca-efeitos-imediatos-a-saude-humana-4655956.html>>. Acesso em: 15 de Abr. 2015.