

FERNANDA ANDRADE PINTO

**Metodologia da espectroscopia no infravermelho para análise dos soros provenientes da fabricação de queijos Minas padrão e prato**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da UFMG, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal

Orientador: Leorges Moraes da Fonseca

Belo Horizonte

Escola de Veterinária da UFMG

2010

P659m Pinto, Fernanda Andrade, 1982-

Metodologia da espectroscopia no infravermelho para análise dos soros provenientes da fabricação de queijos Minas padrão e prato / Fernanda Andrade Pinto. – 2010.

45 p. : il.

Orientador: Leorges Moraes da Fonseca

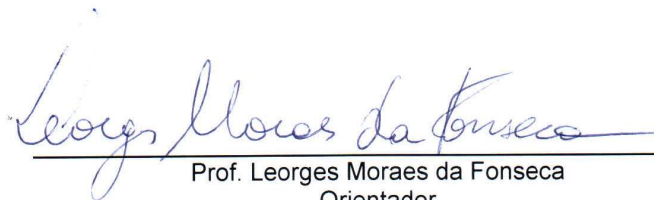
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

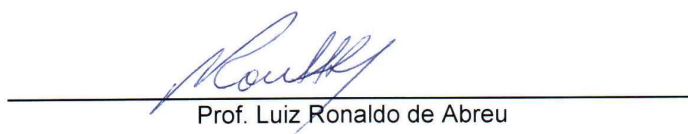
Inclui bibliografia

1. Queijo-de-minas – Análise – Teses. 2. Queijo prato – Análise – Teses. 3. Soro de leite – Análise – Teses. I. Moreira, Elvivo Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 637.3

Dissertação defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2010, pela Comissão Examinadora constituída por:

  
Prof. Leorges Moraes da Fonseca  
Orientador

  
Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

  
Prof. Marcelo Resende de Souza



*“A Adversidade é o primeiro caminho para a Verdade”.*  
George Byron

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida

Aos meus pais, Raimundo e Zélia, pelo carinho, apoio, incentivo e esforço durante todos meus anos de estudos. Sem eles, essa conquista não seria possível.

Ao Leo, meu amor, por estar sempre ao meu lado. Obrigada pelo auxílio durante todo o mestrado, pela paciência nos momentos difíceis e pelo carinho e incentivo.

Aos meus familiares, que sempre torceram por mim. Obrigada pelo carinho, apoio e participação.

Ao Professor Leorges Moraes da Fonseca pela orientação e por compartilhar seu vasto e reconhecido conhecimento. Obrigada pelo privilégio deste aprendizado, pela disponibilidade, amizade e confiança.

Ao Professor Luiz Ronaldo de Abreu que colaborou, de forma essencial, para a construção desse trabalho.

Ao Professor Marcelo de Souza Resende, exemplo de amor e dedicação à profissão, pelos ensinamentos e pela sua disponibilidade e atenção.

Aos professores do DTIPOA, pelos ensinamentos.

Aos funcionários do DTIPOA, em especial ao Marco Antônio e à Valéria, por estarem sempre dispostos a ajudar.

À equipe do Lab UFMG, em especial à Débora e Rose, que foram de grande importância no desenvolvimento desse trabalho. Obrigada pela ajuda e paciência.

À Letícia e Dalila, pela ajuda imprescindível.

Aos meus amigos pelos ótimos momentos vividos durante a realização desse trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução desse trabalho, meu MUITO OBRIGADA.

---

## SUMÁRIO

---

<b>RESUMO</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
2.1 PRODUÇÃO DE QUEIJOS NO BRASIL .....	11
2.2 QUEIJOS MINAS PADRÃO E PRATO.....	11
2.3 SORO DE LEITE .....	12
2.3.1 Composição físico-química do soro de leite .....	13
2.3.2 Importância das proteínas do soro.....	14
2.3.3 Soro como poluente ambiental.....	15
2.3.4 Utilização do soro de leite.....	16
2.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA POR MEIO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO.....	17
2.4.1 Histórico dos aparelhos baseados na espectroscopia no infravermelho.....	17
2.4.2 Analisadores baseados em infravermelho.....	19
2.4.3 Instrumentação utilizada nos analisadores por infravermelho .....	21
2.4.4 Espectroscopia por FTIR .....	22
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 COLETA DAS AMOSTRAS .....	24
3.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES .....	24
3.3 PREPARO DAS AMOSTRAS .....	24
3.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SORO PELOS MÉTODOS DE REFERÊNCIA .....	25
3.5 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SORO PELO MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO.....	25
3.6 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS.....	25
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
4.1 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SORO DE QUEIJO MINAS PADRÃO E PRATO PELOS MÉTODOS DE REFERÊNCIA .....	28
4.1.1 Gordura .....	28
4.1.2 Proteína.....	29
4.1.3 Sólidos totais/ umidade .....	29
4.1.4 Resíduo mineral fixo e cloreto de sódio.....	29
4.1.5 Índice crioscópico .....	29
4.2 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS.....	30
4.3 FATORES QUE INTERFEREM NA ANÁLISE DO SORO DE QUEIJO MINAS PADRÃO E PRATO PELO IV .....	30
4.3.1 Diferenças entre soro cru e soro pasteurizado.....	30
4.3.2 Água.....	31
4.3.3 Urucum .....	33
4.4 CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO BASEADO NA ESPECTROSCOPIA NO IV.....	33

<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
7.1	FLUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DO QUEIJO MINAS PADRÃO E PRATO .....	41
7.1.1	Queijo Minas padrão.....	41
7.1.2	Queijo prato .....	41
7.2	RESULTADOS DOS TEORES DE GORDURA E PROTEÍNA OBTIDOS PELO MÉTODO DA ESPECTROSCOPIA NO IV E PELA METODOLOGIA DE REFERÊNCIA.....	42
7.2.1	Soro de queijo Minas padrão .....	42
7.2.2	Soro de queijo prato.....	44

---

#### LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1.	Produtos do soro e suas propriedades funcionais.....	17
Tabela 2.	Estatística descritiva da análise da composição do soro de queijo Minas padrão .....	27
Tabela 3.	Estatística descritiva da análise da composição do soro de queijo prato.....	27
Tabela 4.	Análise estatística das contagens de células somáticas para os soros dos queijos Minas padrão e prato.....	30

---

#### LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1.	Composição típica do leite bovino e soro de leite.....	13
Quadro 2.	Conteúdo de aminoácidos essenciais de algumas proteínas (mg/g de proteína) .....	15

---

#### LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1.	Esquema ilustrativo para o interferômetro de Michelson.....	22
Figura 2.	Médias dos resultados de gordura, proteína e sólidos totais das amostras de soro de queijo Minas padrão.....	26
Figura 3.	Médias dos resultados de gordura, proteína e sólidos totais das amostras de soro de queijo prato .....	27
Figura 4.	Influência da aguagem na análise dos teores de gordura do leite pela espectroscopia no IV....	32
Figura 5.	Influência da aguagem na análise dos teores de lactose do leite pela espectroscopia no IV.....	32
Figura 6.	Teores de gordura obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV.....	42
Figura 7.	Teores de gordura obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência.....	42
Figura 8.	Teores de proteína obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV .....	43
Figura 9.	Teores de proteína obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência .....	43
Figura 10.	Teores de gordura obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV.....	44
Figura 11.	Teores de gordura obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência.....	44
Figura 12.	Teores de proteína obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV .....	45
Figura 13.	Teores de proteína obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência .....	45



## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho do equipamento de infravermelho para análise da composição dos soros de queijos Minas padrão e prato. Os resultados das análises dos teores de gordura, proteína e sólidos totais obtidos pelo método da espectroscopia no infravermelho baseado em filtros, e pela metodologia de referência foram comparados por meio do teste de Wilcoxon. Houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre os resultados obtidos pelas metodologias utilizadas. O padrão usado para calibração do equipamento de infravermelho consistia de soro cru. Os soros analisados eram pasteurizados. Compostos formados durante o aquecimento podem ter interferido nos pontos específicos de leitura no espectro infravermelho. Foi feita uma correção estatística dos resultados obtidos pela metodologia do infravermelho. Após essa correção, os resultados obtidos para o soro de queijo Minas padrão foram semelhantes aos dos métodos de referência. Com isso, conclui-se que é necessária a calibração do equipamento por dados não corrigidos, para se obter resultados precisos para o soro de queijo Minas padrão. No caso do soro de queijo prato, mesmo após a correção dos dados, a diferença se manteve. Neste soro, fatores como excesso de água e a presença de corante podem interferir na análise. Portanto, para o soro de queijo prato, nas condições avaliadas, esta metodologia não forneceu resultados precisos.

**Palavras-chave:** composição de soro de leite, espectroscopia no infravermelho, analisadores baseados em infravermelho

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the electronic equipment based on the infrared spectroscopy for measurement of whey composition from “Minas padrão” and “prato” cheeses. The results for fat, protein, and total solids using infrared instrument based on filters and using standard methods were compared by Wilcoxon test. The differences between values obtained from both analytical methods were significant ( $p \leq 0.05$ ). The standard samples used for infrared equipment calibration was whey made from raw milk; however, the whey analyzed was pasteurized. Compounds formed during heating may interfere with infrared spectrum readings. The results obtained by infrared methodology were corrected by statistical methods. After this correction, the differences between values generated by infrared and standard methods were not significant ( $p \geq 0.05$ ) for “Minas padrão” cheese whey. Thus, the equipment calibration by uncorrected data would give accurate results, although for “prato” cheese whey, even after the correction, the difference was significant. This whey had a water excess and a pigment that comes from the “prato” cheese production. The water and pigment can affect the absorption of infrared radiation by the whey constituents. Thus, for “prato” cheese whey, the infrared method based on filters did not provide accurate results in the experimental conditions.

**Key words:** cheese whey composition, infrared spectroscopy, infrared milk analyzers

## 1. INTRODUÇÃO

O soro de leite é a porção aquosa que se separa durante a fabricação de queijos ou caseína. O soro apresenta-se como um produto muito rico nutricionalmente, pois contém cerca de 50% dos sólidos totais do leite (Smithers *et al.*, 1996). Porém, durante muitos anos, o soro foi considerado como um resíduo da indústria de laticínios. Tal produto era descartado em cursos d'água, sem nenhum tratamento prévio. Isso gerou um grande problema ambiental, pois a grande quantidade de matéria orgânica presente no soro faz com que ele apresente um alto poder poluente.

A preocupação ambiental juntamente com o alto valor nutricional do soro estimularam a busca por alternativas para a utilização desse produto. Assim, o soro de leite passou a ser visto como um produto cujos constituintes podem ser aproveitados pelas indústrias de alimentos, farmacêuticas e químicas (Ponsano *et al.*, 1992).

No Brasil, há uma produção expressiva de queijos e, conseqüentemente, de soro. Em 2008, a produção brasileira de queijos foi de 630 mil toneladas (USDA, 2008). Considerando que, para cada tonelada de queijo, são produzidas nove toneladas de soro (Kosikowski, 1979), o Brasil produziu, apenas em 2008, quase 5,7 milhões de toneladas desse produto. Porém, grande parte do soro produzido no Brasil não é devidamente aproveitada.

Apesar de o aproveitamento do soro nacional ser limitado, ele está em ascensão. Laticínios e cooperativas estão percebendo que o aproveitamento do soro pode trazer grandes ganhos econômicos e, dessa forma, começam a investir nesse setor. O aumento da utilização do soro produzido no País pode, inclusive, diminuir os gastos com as importações desse produto. Apenas no ano de 2008, as importações de soro e derivados

chegaram a cerca de US\$ 43 milhões (Carvalho *et al.*, 2009).

O crescimento da utilização do soro produzido no Brasil levará, conseqüentemente, ao aumento da demanda por análises das características físico-químicas e microbiológicas desse produto. O conhecimento de tais características é de grande importância para que haja um melhor aproveitamento do soro, porém, no Brasil, há poucos estudos nesse setor.

Para atender a essa demanda por análises, será necessária a utilização de métodos analíticos que promovam resultados rápidos e precisos. Porém, metodologias de análise de referência exigem muito tempo para serem realizadas e necessitam de grande quantidade de mão-de-obra, além de apresentarem elevado custo.

No caso da análise da composição físico-química do soro, o uso de equipamentos eletrônicos baseados na espectroscopia no infravermelho mostra-se como uma alternativa interessante. Tal metodologia apresenta grandes vantagens em relação às metodologias de referência: rapidez e precisão, necessidade de pouca mão-de-obra e pouca ou nenhuma preparação da amostra para análise.

No Brasil, os laboratórios da Rede Brasileira de Laboratórios de Análise da Qualidade do Leite (RBQL), criada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, utilizam equipamentos que se baseiam nessa metodologia. Porém, tal método é utilizado para a análise de composição de leite. Para análise de composição de soro não foram encontrados relatos na literatura consultada sobre o assunto.

Para que essa técnica seja validada, é necessário verificar se os equipamentos baseados na espectroscopia no

infravermelho podem analisar as amostras de soros de leite produzidos no Brasil de forma a obter resultados precisos. O objetivo desse trabalho foi realizar essa verificação para os soros obtidos na produção de queijos Minas padrão e prato, pois são queijos amplamente produzidos e consumidos no Brasil. Além disso, esse trabalho fornecerá dados sobre as características físico-químicas desses tipos de soros, o que poderá contribuir para uma melhor utilização do soro produzido no País.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 PRODUÇÃO DE QUEIJOS NO BRASIL**

A cadeia agroindustrial do leite caracteriza-se como uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, tanto sob a ótica social quanto econômica. Os segmentos de produção, industrialização e comercialização de leite e derivados estão presentes em todo o território nacional, desempenhando um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (Serviço..., 2009c).

O setor de queijos tem um papel muito importante na cadeia de produtos lácteos do Brasil. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou do leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulado pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (Brasil, 1996).

Dados da Associação Leite Brasil apontam que foram destinadas, em 2007, cerca de 6,3 milhões de toneladas de leite para a produção de queijos (Chalita *et al.*, 2009). Em 2008, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a produção brasileira de queijos foi de 630 mil toneladas (USDA, 2008).

Em 2004, pela primeira vez, o Brasil obteve superávit na balança comercial relativa ao setor de produtos lácteos. Nos anos seguintes, exceto em 2006, o superávit comercial no setor de queijos se manteve, sendo que, em 2008, as exportações de queijos somaram oito mil toneladas contra cinco mil toneladas em importações. Isso demonstra que o país tem grande potencial de se tornar um importante participante nesse concorrido mercado (USDA, 2008; Serviço..., 2009d).

Os queijos mais produzidos e consumidos no Brasil são: mussarela, prato, requeijão, Minas frescal, Minas padrão, parmesão, queijo de coalho e petit suisse. A região sudeste é a maior produtora de queijos do Brasil, representando cerca de 42,5% da produção nacional. Nessa região está localizada a maioria das empresas de laticínios sob inspeção federal (Serviço..., 2009b; Serviço..., 2009e). O estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de queijos, com cerca de 200 mil t/ano, e responde pela metade do consumo nacional (Perry, 2004).

### **2.2 QUEIJOS MINAS PADRÃO E PRATO**

Segundo o MAPA, o queijo Minas padrão é o produto obtido de leite integral ou padronizado, pasteurizado, de massa crua, prensado mecanicamente e devidamente maturado durante vinte dias (Brasil, 1997b). O queijo Minas padrão é conhecido também pelas denominações Minas curado, Minas prensado ou Minas pasteurizado. Trata-se,

provavelmente, do mais antigo e original queijo brasileiro, tendo sua fabricação iniciada ainda no século XIX, sobretudo no Estado de Minas Gerais (Furtado e Lourenço Neto, 1994). No ano de 2004, a produção brasileira de queijo Minas padrão atingiu o valor de 6.020 toneladas (Empresa..., 2009b).

O sabor desse queijo é mais acentuado que o do Minas Frescal, sendo levemente ácido. O queijo Minas padrão apresenta coloração branco-creme em seu interior e casca fina, lisa e ligeiramente amarelada. Esse produto possui olhaduras pequenas e em pouca quantidade e consistência semi-dura. Apresenta cerca de 48% de umidade e 24% de gordura. Tem formato cilíndrico e peso entre 1 e 1,2 kg (Perry, 2004; Serviço..., 2009a).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entende-se por queijo prato, o queijo maturado que se obtém por coagulação do leite por meio do coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas (Brasil, 1997a).

O queijo prato é o segundo queijo mais produzido no Brasil, perdendo lugar apenas para o queijo mussarela. Em 2004, o país produziu 102.480 toneladas de queijo prato. Em 2005, esse queijo apresentou uma participação de 21% do mercado interno de queijos (Empresa..., 2009a; Serviço..., 2009e).

O queijo Prato é um queijo brasileiro, produzido inicialmente por imigrantes dinamarqueses e considerado um dos primeiros queijos produzidos no País (Serviço..., 2009a). Este produto popularizou-se no Brasil como uma modificação dos queijos Danbo (dinamarquês) e Gouda (holandês), sendo que alguns autores consideram-no como

derivado dos holandeses Gouda e Edam (Perry, 2004).

O queijo prato possui, em média, 27% de gordura e 43% de umidade em sua composição, sendo considerado um queijo gordo, de média umidade. Ele apresenta consistência semi-dura e textura compacta porém, pode apresentar algumas olhaduras pequenas e bem distribuídas. Seu sabor é suave, levemente adocicado e sua cor é amarelo-palha, devido à adição de uma pequena quantidade de corante durante sua fabricação. Pode ter formato cilíndrico, retangular ou esférico e não possui casca. Antes de ser consumido deve ser maturado por um período de 45 a 60 dias (Oliveira, 1986; Brasil, 1997a; Perry, 2004).

Há uma tendência cada vez maior para o consumo indireto do queijo prato, sobretudo em sanduíches. Trata-se de um queijo de massa semicozida e lavada, o que explica seu sabor suave. A fatiabilidade deve ser uma de suas características principais. Dentre as variedades do queijo prato estão os queijos lanche, estepe, bola e cobocó (Furtado e Lourenço Neto, 1994).

Com relação à consistência, o queijo prato se diferencia do queijo Minas devido ao cozimento da massa. Tal cozimento confere ao queijo prato uma característica mais elástica. Além disso, o fato de o tempo de cura ser mais prolongado faz com que o queijo prato apresente um sabor menos ácido e seja mais cremoso que o queijo Minas (Oliveira, 1986). No item 7.1, encontram-se os fluxogramas de fabricação dos queijos Minas padrão e prato.

### **2.3 SORO DE LEITE**

O soro de leite é um fluido amarelo-esverdeado que se separa do coágulo durante a fabricação do queijo ou da caseína (Smithers *et al.*, 1996). O soro constitui aproximadamente 85 a 90% do volume de

leite utilizado na fabricação de queijos e é rico em nutrientes tais como: proteínas do soro, lactose, minerais e vitaminas (Kosikowski, 1979).

A produção de soro é proporcional à quantidade de queijo produzido. Cada tonelada de queijo produz cerca de nove toneladas de soro (Kosikowski, 1979). Dessa forma, considerando que, em 2007, a produção mundial de queijos foi cerca de 17,1 milhões de toneladas (IDF, 2008), foram produzidas, apenas nesse ano, quase 154 milhões de toneladas de soro.

A indústria de laticínios considerou o soro, por muitos anos, como um subproduto de baixo valor, despejando-o em rios e lagos ou irrigando o solo (Vieira, 1999). Com o início da fabricação de queijos em larga escala, a disposição desse resíduo tornou-se um grande problema, uma vez que era descartado sem que fossem consideradas as consequências ambientais. Aos poucos, esse produto passou a ser utilizado para produção de lactose e na alimentação de animais. Atualmente, o soro é reconhecido pelo seu alto valor nutricional, o que faz com que sua utilização tenha grande importância econômica (Maganha, 2008).

### 2.3.1 Composição físico-química do soro de leite

A importância de se conhecer a composição do soro é devida aos vários aspectos que esse produto da indústria de laticínios apresenta: ele é uma fonte de proteínas ricas em aminoácidos essenciais e uma boa fonte de obtenção de lactose e gordura. Além disso, se descartado no ambiente, o soro apresenta-se como um problema de contaminação ou poluição ambiental (Wolfschoon e Furtado, 1977).

O soro contém, aproximadamente, 50% dos componentes sólidos do leite utilizado como matéria-prima na produção de queijos. A

análise da composição do soro (Quadro 1) demonstra a importância nutricional desse produto. O soro contém praticamente 100% da lactose e 20% do total de proteínas do leite (Smithers *et al.*, 1996).

Quadro 1. Composição típica do leite bovino e soro de leite

Componentes	Concentração no leite (% m/v)	Concentração no soro (% m/v)
Caseína	2,8	0,0
Proteínas do soro	0,7	0,7
Gordura	3,7	0,05
Cinzas	0,7	0,7
Lactose	4,9	4,9
Sólidos totais	12,8	6,35
Umidade	87,2	93,65

Fonte: Smithers *et al.*, 1996

O soro também apresenta quantidades consideráveis de cálcio, sódio, magnésio, potássio e fósforo, além de ser rico em vitaminas hidrossolúveis como a riboflavina, o ácido pantotênico, a tiamina, a piridoxina e o ácido ascórbico (Machado *et al.*, 2002).

A composição do soro varia em função dos processos tecnológicos empregados e do tipo de leite utilizado na produção de queijo ou caseína (Duarte, 1997). Os principais tipos de soro são: o soro doce e o soro ácido.

O soro doce é obtido a partir da coagulação do leite por enzimas, durante a fabricação de queijos. O soro ácido é resultado da fabricação de queijo ou caseína a partir da acidificação do leite em pH de no máximo 5,1 (Nielsen, 1974; Zall, 1984). A forma de coagulação faz com que o soro ácido apresente maior conteúdo de minerais e menor conteúdo de proteínas em relação ao soro doce (Oliveira, 2008). Os soros dos queijos prato e Minas padrão são exemplos de soro doce.

No Brasil, existem poucos estudos sobre as características físico-químicas do soro de leite produzido no país. Dentre esses

trabalhos, podem ser citados o realizado por Wolfschoon e Furtado (1977) e o de Teixeira *et al.* (2008) que analisaram a composição média de soros de queijos comumente produzidos no Brasil. Tais autores enfatizaram que esse tipo análise é de grande importância para fornecer dados para o melhor aproveitamento do soro.

### 2.3.2 Importância das proteínas do soro

As proteínas do soro são conhecidas pelo seu alto valor nutricional e pela importância de suas propriedades funcionais nos produtos alimentícios (Wit, 1998). As principais proteínas do soro são a  $\beta$ -lactoglobulina e a  $\alpha$ -lactalbumina. Tais proteínas são pequenas, globulares e representam, aproximadamente, 70 a 80% do total das proteínas presentes no soro. Os outros componentes protéicos do soro são representados pelos glicomacropéptidos, albumina, lactoferrina, imunoglobulinas, fosfolipoproteínas, fatores bioativos e enzimas (Smithers *et al.*, 1996).

A  $\beta$ -lactoglobulina representa aproximadamente 50% do teor total das proteínas do soro. Essa proteína possui vários pontos de ligação para minerais, vitaminas lipossolúveis e lipídeos. Esses pontos de ligação podem ser usados para incorporar compostos lipofílicos desejáveis como tocoferol e vitamina A em produtos com baixo teor de gordura (Ming, 2000). Além disso, as excelentes características de gelificação dessa proteína fazem com que a mesma apresente importante aplicação, como por exemplo, em produtos cárneos (Smithers *et al.*, 1996).

A  $\alpha$ -lactalbumina representa aproximadamente 25% do teor total das proteínas do soro (Ming, 2000). Ela é capaz de se ligar ao cálcio e apresenta alta afinidade por outros metais tais como: zinco, cobre e alumínio. A  $\alpha$ -lactalbumina

purificada é usada comercialmente em fórmulas infantis devido ao fato de sua estrutura e composição serem semelhantes à da proteína encontrada no leite humano (Reference..., 2004).

Além disso, a  $\alpha$ -lactalbumina e a  $\beta$ -lactoglobulina, juntamente com a albumina e as imunoglobulinas, podem ser utilizadas em formulações para dietas de controle de peso (Prudencio e Benedet, 1999) e em bebidas lácteas a base de frutas destinadas a praticantes de atividade física (Camargo *et al.*, 2000).

O alto valor nutricional das proteínas do soro pode ser comprovado pelos aminoácidos que as compõem. As proteínas do soro possuem, proporcionalmente, mais aminoácidos contendo enxofre (cisteína e metionina) do que a caseína, que é a proteína láctea que fica retida na massa do queijo (Quadro 2). Tal fato contribui para que as proteínas do soro apresentem maior razão de eficiência protéica (PER) que a caseína. A PER de uma fonte protéica se refere ao ganho de peso de animais jovens por grama de proteína ingerida em um determinado período (Reference..., 2004).

As proteínas do soro são ricas em aminoácidos essenciais, tais como: lisina, treonina, metionina e isoleucina (Quadro 2). Tais proteínas superam as recomendações estabelecidas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) com relação à gramas de cada aminoácido essencial por 100 gramas de proteínas. Dessa forma, elas podem atuar como suplementos efetivos para as proteínas vegetais, pois essas apresentam número limitado desses aminoácidos (Ming, 2000; Reference..., 2004).

Quadro 2. Conteúdo de aminoácidos essenciais de algumas proteínas (mg/g de proteína)

Aminoácido	Leite humano	Proteínas do soro	Caseína
Isoleucina	45	76	54
Leucina	89	118	95
Lisina	66	113	81
Metionina + cisteína	33	52	32
Fenilalanina + tirosina	71	70	111
Treonina	44	84	47
Triptofano	----	24	16
Valina	49	72	75
<b>Total</b>	----	<b>609</b>	<b>511</b>

Fonte: Adaptado de Reference..., 2004

As proteínas do soro podem trazer grandes benefícios à saúde humana (Boaglio *et al.*, 2006). Elas podem conferir uma ação imunomoduladora, antiviral (Wolber *et al.*, 2005), antioxidante, anti-hipertensiva, anti-tumoral e antibacteriana tanto *in vivo* quanto *in vitro* (kume *et al.*, 2006). Estudos em animais mostraram que as proteínas do soro têm ação contra tumores de cólon induzidos por carcinógenos, embora os mecanismos de como isso ocorre ainda não estejam totalmente esclarecidos (Belobrajdic *et al.*, 2003).

Wolber *et al.* (2005) verificaram que o concentrado de proteínas do soro (CPS) é capaz de diminuir a diarreia causada pelo rotavírus em camundongos. Além disso, o CPS contém ingredientes bioativos que podem ativar as células do sistema imunológico.

### 2.3.3 Soro como poluente ambiental

O soro pode atuar como um grande poluente ambiental. Isso se deve ao fato de o mesmo apresentar uma alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO5). A DBO5 se refere à quantidade de oxigênio necessária para que ocorra a degradação bioquímica do material orgânico presente em um determinado

produto. A DBO5 de um litro de soro varia entre 30.000 e 60.000 mg O<sub>2</sub> (Ponsano *et al.*, 1992; Machado *et al.*, 2002).

O soro apresenta altos valores de DBO5 por possuir significativa quantidade de matéria orgânica em sua composição, representada, principalmente, pela lactose e pelas proteínas. Assim, quando o soro é descartado como efluente industrial em um curso d'água, há um grande consumo do oxigênio presente na mesma, o que dificulta a respiração de organismos aeróbios e leva a um sério problema ambiental (Ponsano *et al.*, 1992; Rodrigues *et al.*, 2002).

O soro de leite constitui um dos maiores problemas para o sistema de tratamento de resíduos líquidos nos laticínios, apresentando um potencial poluidor cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico. Além disso, como foi apresentado anteriormente, a produção de soro pode chegar a nove vezes a quantidade de queijo produzido. Dessa forma, verifica-se que sua contribuição no efluente final é muito significativa, tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos (Ponsano *et al.*, 1992; Machado *et al.*, 2002; Maganha, 2008).

A legislação ambiental estabelece que é proibido descartar o soro, direta ou indiretamente, nos cursos d'água. Segundo a lei federal n. 9605 de 13 de fevereiro de 1998 (Brasil, 1998), que dispõe sobre as atividades lesivas ao meio ambiente, os laticínios devem, obrigatoriamente, tratar seus efluentes industriais antes do descarte final (Machado *et al.*, 2002; Siqueira *et al.*, 2002).

Porém, isso não é respeitado pela maioria das indústrias brasileiras. O estado de Minas Gerais, por exemplo, possui cerca de 1250 indústrias de laticínios, formalmente constituídas, que não promovem nenhum tipo de tratamento de seus efluentes líquidos. Tais efluentes são lançados diretamente nos cursos d'água (Machado *et al.*, 2002).

A instalação de uma planta de tratamento do soro, que atenda às especificações das leis ambientais, apresenta um custo elevado. Porém, o manejo do soro não deve se restringir à busca por métodos economicamente viáveis para o descarte adequado do mesmo. É de grande importância buscar alternativas que aumentem, cada vez mais, o retorno financeiro advindo da utilização dos componentes do soro (Smithers *et al.*, 1996). Como foi visto anteriormente, esse produto é muito rico nutricionalmente, e portanto, sua utilização é plenamente justificável. Assim, o soro pode deixar de ser um custo para a indústria e torna-se uma fonte de ganhos econômicos.

#### 2.3.4 Utilização do soro de leite

A atual preocupação com a proteção ambiental, o alto valor nutricional do soro e o alto custo para tratá-lo nas estações de tratamento de efluentes são determinantes na necessidade de se buscar formas alternativas para o seu aproveitamento (Silva *et al.*, 2003).

Desde a antiguidade, quando o homem começou a manufatura de queijos, já havia a preocupação de qual destino seria dado ao soro. Na idade média, o soro era utilizado em drogas farmacêuticas, em unguentos para queimaduras, como bálsamo para a pele ou como poção para restaurar os cabelos, mas, raramente, ele era utilizado na alimentação humana (Kosikowski, 1979). Porém, nos últimos anos, com o surgimento de novas tecnologias, o soro e suas frações se tornaram ingredientes alimentares muito versáteis e valorizados (Ming, 2000).

Segundo Vilela *et al.* (2001), a versatilidade do soro de leite permite que o mesmo seja utilizado em bebidas lácteas, alimentação infantil, indústria da margarina, panificação, conservas, embutidos, entre outros.

Normalmente, o uso industrial do soro é realizado com base na recuperação de constituintes de larga utilização, tais como proteínas e lactose. A instalação de planta de recuperação de partes do soro no laticínio é uma alternativa viável economicamente no caso de produção em larga escala, com grandes volumes de soro (Maganha, 2008). Dependendo do grau tecnológico de aproveitamento do soro, o valor dos produtos obtidos pode representar mais de 200% do valor econômico do leite fluido (Teixeira, 2005).

Uma série de técnicas, tais como, ultrafiltração, cristalização, precipitação e osmose reversa, são utilizadas para desenvolver produtos a partir do soro. Vários tipos de produtos podem ser desenvolvidos, com teores variáveis de proteína, minerais e lactose e com propriedades funcionais específicas, conforme a aplicação requerida (Ming, 2000).

O soro pode ser utilizado sob a forma líquida, concentrada, fracionada, dentre outras. Assim, pode-se obter produtos como concentrados protéicos de soro (CPS), isolados de proteínas do soro (IPS), soro em pó e lactose. Alguns produtos do soro e suas propriedades funcionais em alimentos estão listados na Tabela 1.



Tabela 1. Produtos do soro e suas propriedades funcionais

<b>Produtos de soro</b>	<b>Propriedades funcionais</b>
Soro em pó	Desenvolvimento de cor e sabor Adição de sólidos Dispersão
Concentrado protéico de soro (34% de proteína)	Alto valor nutricional Emulsificação Solubilidade Desenvolvimento de cor e sabor
Concentrado protéico de soro (80% de proteína)	Alto valor nutricional Emulsificação Retenção de gordura Solubilidade Gelificação Retenção de água
Lactose	Retenção de umidade Agente texturizante

Fonte: Adaptado de Reference..., 2004

No Brasil, não há processamento industrial significativo de soro de leite. Grande parte do soro é tratado como rejeito industrial ou destinado à alimentação de animais. Apenas uma pequena quantidade é empregada na produção de ricota ou bebidas lácteas (Silva *et al.*, 2003). Como não há aproveitamento do soro produzido no Brasil, as importações desse produto no país são bastante significativas. Apenas no ano de 2008, as importações de soro e derivados chegaram a cerca de US\$ 43 milhões (Carvalho *et al.*, 2009).

Apesar de o soro nacional ser subutilizado, seu aproveitamento no Brasil está em ascensão. No caso de Minas Gerais, várias indústrias e cooperativas, situadas na Zona da Mata e Alto Paranaíba, por exemplo, têm projetos para produzir soro em pó. No Sul de Minas, a produção de soro em pó é uma realidade desde 2007, quando uma indústria localizada em Itamonte começou a operar. A capacidade instalada da fábrica é de até 400 mil litros diários de soro para a produção de pó. Tal empresa tem, ainda, a intenção de formular produtos a base de soro (Aguiar, 2007).

Para que essa expansão aconteça é de grande importância o desenvolvimento de pesquisas voltadas para o conhecimento das características do soro nacional. A partir disso, é possível obter dados para o estabelecimento de critérios nacionais de inspeção do soro e seus derivados e para o desenvolvimento de formas de utilização desse produto da indústria de laticínios.

## 2.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA POR MEIO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

A seguir, serão apresentados os principais aspectos relacionados à metodologia de análise baseada na espectroscopia no infravermelho. Serão abordados aspectos relacionados à análise de leite, pois existem poucos estudos relacionados à análise da composição do soro por essa metodologia. Porém, os princípios básicos dessa metodologia são semelhantes para ambos os produtos.

### 2.4.1 Histórico dos aparelhos baseados na espectroscopia no infravermelho

Na década de sessenta do século passado, teve início o desenvolvimento de aparelhos para a análise de composição do leite baseados em métodos instrumentais utilizados em química analítica. O desenvolvimento desses aparelhos foi necessário para suprir a necessidade de metodologias de análise capazes de fornecer resultados de forma rápida e precisa. Desde o começo do seu desenvolvimento, a principal aplicação dos métodos instrumentais nos laboratórios tecnológicos foi a análise de amostras de leite cru para o pagamento por qualidade e controle leiteiro (Cimiano, 1978; Harding, 1995).

Estes aparelhos estão baseados, normalmente, na utilização de métodos indiretos de análises, fornecendo resultados percentuais dos constituintes do leite mediante a determinação de parâmetros, tais como a transmissão da luz ou a absorção infravermelha (Cimiano, 1974).

Os primeiros aparelhos desenvolvidos com êxito foram utilizados para a determinação da matéria gorda, pois este é um parâmetro de grande importância no controle da qualidade do leite. Neste sentido, destaca-se o aparelho Milko-Tester<sup>1</sup>, em sua versão MK II, que foi o pioneiro dos aparelhos instrumentais para a análise de leite. Seu enorme êxito foi base para a criação de outros aparelhos de maior rendimento e possibilidades analíticas, como os modelos MK III e automático MTA (Cimiano, 1978).

O aparelho Milko-Tester era baseado na turbidometria. Essa técnica baseia-se na turvação da água quando leite é adicionado à mesma. A gordura e micelas de caseína presentes no leite são as responsáveis por essa turvação. Com a solubilização da micela de caseína por um diluente, a turvação torna-se dependente apenas da gordura. Com isso, pode-se medir a porcentagem de lipídeos presentes no leite, pois ela é diretamente relacionada à turvação do meio (Harding, 1995).

O modelo MK II era utilizado apenas para a determinação da gordura do leite e necessitava de algumas operações manuais para o seu funcionamento. Ele podia realizar aproximadamente 80 análises por hora. O MK III era capaz de mensurar, além da gordura do leite, a gordura do creme, do iogurte, do queijo e de vários outros produtos. Nesse equipamento, as operações manuais diminuíram e a capacidade analítica aumentou para 120 amostras por hora. O modelo MTA era de ação totalmente automática e mensurava a gordura a uma

taxa de aproximadamente 240 amostras por hora (Cimiano, 1974; Harding, 1995).

Nos anos setenta do século passado, centenas de aparelhos semelhantes ao Milko-Tester foram responsáveis pelas análises de milhões de amostras de leite ao redor do mundo. A alta velocidade analítica e a significativa redução da mão-de-obra proporcionada por esse método favoreceram a sua rápida aceitação para a análise da gordura do leite (Richardson, 1981).

Além da gordura, outro componente de grande importância para a avaliação da qualidade do leite é a proteína. O interesse pela determinação do teor de proteínas no leite levou à criação de instrumentos de alto rendimento analítico baseados nas técnicas de colorimetria.

A colorimetria baseia-se no fato de que em baixo pH (2,4), a adição de corantes a uma alíquota de leite leva à formação de um complexo proteína-corante que é insolúvel. O complexo formado é removido por filtração ou centrifugação e a intensidade de coloração da solução remanescente é estimada pela mensuração da sua absorvância em um comprimento de onda entre 550 a 620 nm. A absorvância é inversamente proporcional ao conteúdo de proteína do leite (Harding, 1995).

Vários instrumentos para análise de proteína baseados nesse princípio foram desenvolvidos, tais como os aparelhos Pro-Milk<sup>2</sup> e Prot-O-Mat<sup>3</sup> das empresas Foss Electric e Funke-Gerber, respectivamente. O modelo Pro-Milk automático analisava 180 amostras por hora, e o modelo Prot-O-Mat III analisava 300 amostras por hora (Cimiano, 1974).

Um instrumento construído pela Foss Electric combinou a habilidade do Milko-

---

<sup>1</sup> Foss Electric, Dinamarca

<sup>2</sup> Foss Electric, Dinamarca

<sup>3</sup> Funke-Gerber, Alemanha

Tester MTA com a do Pro-Milk permitindo tanto a análise de gordura quanto a de proteína (Richardson, 1981). O equipamento Autoanalyzer II<sup>4</sup>, com fundamento de análise por colorimetria, foi utilizado para a dosagem simultânea de gordura, proteínas e lactose (Cimiano, 1974).

Os métodos de turbidometria e colorimetria, apesar de terem sido muito utilizados, foram sendo substituídos por equipamentos baseados na absorção de ondas eletromagnéticas na região do espectro infravermelho. Esses equipamentos são mais rápidos e não requerem reagentes. Além disso, eles são capazes de mensurar os teores de gordura, proteína e lactose, simultaneamente (Richardson, 1981; Harding, 1995).

#### **2.4.2 Analisadores baseados em infravermelho**

A análise de composição por meio de equipamentos de infravermelho (IV) é um método de exame prático e economicamente viável, com possibilidade de se analisar um grande número de amostras em um curto intervalo de tempo (Barbano e Clark, 1989). Porém, no Brasil, essa tecnologia ainda não é utilizada para a análise de composição de soro.

O princípio do uso da espectroscopia no infravermelho para a análise do leite foi proposto, primeiramente, por Goulden, do Instituto Nacional de pesquisas em Indústrias de Laticínios, localizado em Londres. Goulden desenvolveu um instrumento denominado IRMA (Infrared Milk Analyser) e, a partir de então, consideráveis melhorias têm sido realizadas nos analisadores de infravermelho para a análise de composição do leite (Harding, 1995).

---

<sup>4</sup> Technicon Instruments Corporated, Estados Unidos

A região do infravermelho é a faixa do espectro eletromagnético que apresenta comprimentos de onda entre 0,78 e 1000 $\mu$ m. Essa faixa é dividida em três áreas: 1) a região do infravermelho próximo ou NIR (*near infra-red*), que abrange a faixa de 0,78 a 2,5 $\mu$ m; 2) a região média, também chamada de MIR (*mid infra-red*), que vai de 2,5 a 50 $\mu$ m; e 3) a faixa que compreende a região de 50 a 1000 $\mu$ m, denominada de infravermelho alto ou FIR (*far infra-red*) (HSU, 1997).

A espectroscopia no infravermelho mensura a absorção de diferentes frequências nesta região por uma determinada amostra. Uma molécula é capaz de absorver a radiação infravermelha apenas quando ela apresentar a mesma frequência de vibração dessa radiação (Bouis, 1997). A medição dos espectros de emissão e absorção da radiação fornece informações sobre os grupos químicos presentes na amostra (Agnét & Moller, 1995). As vibrações fundamentais das moléculas ocorrem, principalmente, na região MIR (Wehling, 1994). Por esse motivo, tal região é a mais frequentemente utilizada nas análises eletrônicas.

A análise do leite por infravermelho baseia-se na absorção da radiação por alguns de seus componentes como gordura, proteína e lactose (Biggs *et al.*, 1987). A gordura apresenta os grupos carbonilas (C=O) das ligações éster dos triglicerídeos e os grupos carbono-hidrogênio (C-H) que absorvem radiação no comprimento de onda de 5,7 $\mu$ m e 3,5 $\mu$ m, respectivamente. Os grupos amida (CONH) das ligações peptídicas das proteínas absorvem radiação em 6,5 $\mu$ m e os grupos hidroxila (OH) da lactose em 9,6 $\mu$ m (IDF, 1996 apud Silveira, 2002). Os sólidos totais podem ser obtidos pela soma do conteúdo de gordura, proteína e lactose acrescidos de uma constante de minerais ou pela absorção da radiação no comprimento de onda 4,3 $\mu$ m dos grupos hidroxila (H-O-H) das moléculas de água. A relação entre a energia absorvida e a concentração de cada

componente é definida pela lei de Lambert Beer que estabelece que a absorvância é diretamente proporcional à concentração do soluto (Biggs *et al.*, 1987).

No caso das proteínas, as diferentes combinações de vibrações das ligações peptídicas resultam em bandas de absorção características desse componente, conhecidas como amida I e amida II. A primeira se encontra na faixa entre  $1600\text{ cm}^{-1}$  ( $6,3\ \mu\text{m}$ ) e  $1700\text{ cm}^{-1}$  ( $5,9\ \mu\text{m}$ ), enquanto a segunda se encontra na faixa entre  $1550\text{ cm}^{-1}$  ( $6,5\ \mu\text{m}$ ) e  $1570\text{ cm}^{-1}$  ( $6,4\ \mu\text{m}$ ) (Etzion *et al.*, 2004). Tais bandas são de grande importância para a análise de proteínas pelo método da espectroscopia no infravermelho.

Durante a análise do leite, a amostra, após ser aquecida a  $40^\circ\text{C}$ , é homogeneizada com a finalidade de reduzir o diâmetro dos glóbulos de gordura. Em seguida, ela recebe irradiação pelo feixe de luz infravermelha em uma cubeta. A diferença de energia absorvida entre a amostra a ser analisada e a amostra de referência é captada por um detector de infravermelho, quantificada e transformada automaticamente em teores de componentes, tendo como referência a curva de calibração (Bentley Instruments Inc.<sup>5</sup>, 1994; Fonseca, 2005).

O controle da calibração do equipamento é necessário para que os analisadores de infravermelho apresentem alta precisão e acurácia dos resultados. Uma calibração adequada garante que os equipamentos forneçam resultados semelhantes aos dos métodos de referência (Biggs *et al.*, 1987; Harding, 1995).

Para se obter uma calibração adequada, o analisador de infravermelho precisa ser controlado periodicamente para ajuste de zeros, repetibilidade, limpeza eficiente, linearização da curva de calibração e

homogeneização (Barbano e Clark, 1989). Além disso, fatores físico-químicos como a composição do leite (ou soro), a composição dos ácidos graxos da gordura do leite/soro e as condições físicas da gordura do leite também podem afetar a performance do equipamento (IDF, 1996 apud Silveira, 2002).

O processo de calibração deve ser realizado com amostras padrão que tenham a quantidade de seus constituintes definidos por métodos de referência. O intervalo e frequência das calibrações são estipulados pelo fabricante de cada equipamento. Para a análise da composição do soro, o equipamento deve ser calibrado com amostras padrão de soro.

Na calibração, as amostras padrão são introduzidas no instrumento, e a resposta instrumental é registrada. Normalmente, essa resposta é corrigida para o valor obtido com o branco do instrumento. Idealmente, o branco contém todos os componentes da amostra original, exceto o analito. Os dados resultantes são então colocados em um gráfico (curva de calibração) com a resposta do instrumento corrigida *versus* a concentração do analito (Skoog *et al.*, 2002).

Silveira *et al.* (2005) compararam os resultados de análises feitas por meio de metodologias de referência e analisadores de infravermelho e verificaram que não existe diferença entre os resultados das determinações de gordura, proteína, lactose e sólidos totais do leite bovino obtidos por métodos de referência ou por analisadores de infravermelho. Isso comprova que tais analisadores são capazes de fornecer resultados com precisão. No Brasil, não há estudo desse tipo relacionado à análise de composição de soro, o que enfatiza a importância do presente trabalho.

---

<sup>5</sup> Bentley Instruments Incorporated, Estados Unidos

### 2.4.3 Instrumentação utilizada nos analisadores por infravermelho

Os aparelhos para a análise de leite cru baseados na absorção no infravermelho são equipados de instrumentos denominados espectrômetros. Os espectrômetros possuem uma fonte de radiação infravermelha que emite um feixe de luz policromático. Com o auxílio de determinadas metodologias, explicadas mais detalhadamente a seguir, são produzidos feixes de luz monocromáticos a partir do feixe policromático emitido pela fonte. Os espectrômetros contêm, ainda, uma cubeta, onde a amostra é irradiada, e um detector. Existem três tipos de espectrômetros: os instrumentos dispersivos, os baseados em filtros e os baseados na transformação de Fourier (Lanher, 1996).

Os instrumentos dispersivos utilizam um monocromador que dispersa a radiação infravermelha em frequências individuais de radiação que, sequencialmente, atravessam a amostra. Dessa forma, a absorção de cada frequência pode ser mensurada. Um detector mensura a quantidade de energia absorvida durante a passagem de cada frequência pela amostra dando origem a um espectro de absorbância. Com os avanços da tecnologia, filtros ópticos (filtros interferenciais) passaram a ser utilizados com o objetivo de aumentar a velocidade de análise. Tais filtros restringem algumas frequências garantindo que apenas os comprimentos de onda desejados passem pela amostra (Wehling, 1994; Harding, 1995). Como mencionado anteriormente, os principais comprimentos de onda de interesse para a análise de leite nos instrumentos baseados em filtros são: 5,7 $\mu\text{m}$  e 3,5 $\mu\text{m}$  para a gordura, 6,5 $\mu\text{m}$  para proteína e 9,6 $\mu\text{m}$  para lactose.

Para a gordura, os filtros referentes aos comprimentos de onda 5,7 $\mu\text{m}$  e 3,5 $\mu\text{m}$  são denominados filtro A e filtro B,

respectivamente. O filtro A está relacionado aos grupos carbonilas (C=O) das ligações éster dos triglicerídeos. Como há apenas um grupo carbonila por ácido graxo, esse tipo de mensuração está relacionada ao número de moléculas de gordura, sem levar em consideração o comprimento da cadeia de carbonos. Em contrapartida, a análise feita com a utilização do filtro B, leva em consideração tanto o tamanho quanto o número de moléculas de gordura na amostra. Isso porque o número de ligações carbonohidrogênio (C-H) é diretamente proporcional ao peso molecular (Harding, 1995). No mercado, existem tanto equipamentos com filtros tipo A quanto tipo B.

Nos instrumentos baseados na espectroscopia no infravermelho por transformação de Fourier (FTIR), um interferômetro (interferômetro de Michelson) é utilizado e ao invés de se analisar cada frequência de radiação sequencialmente, todas as frequências são examinadas simultaneamente (Bouis, 1997).

O interferômetro de Michelson consiste basicamente de dois espelhos (um fixo e um móvel) e um divisor de feixe (*beam-splitter*) que transmite 50% da radiação incidente da fonte para o espelho móvel e reflete os outros 50% para o espelho fixo. Os espelhos, por sua vez, refletem os dois feixes para o divisor, onde se recombinam. Se os dois espelhos se encontram equidistantes do divisor, as amplitudes se combinam construtivamente. Se o espelho móvel se mover a determinadas distâncias do divisor, as amplitudes se combinam destrutivamente. O feixe resultante interage com a amostra e, em seguida, atinge um detector. Para a radiação no infravermelho (policromática), a soma de todas as interações construtivas e destrutivas para cada componente resulta em um sinal complexo denominado interferograma (Figura 1) (Bouis, 1997; Helfer *et al.*, 2006).

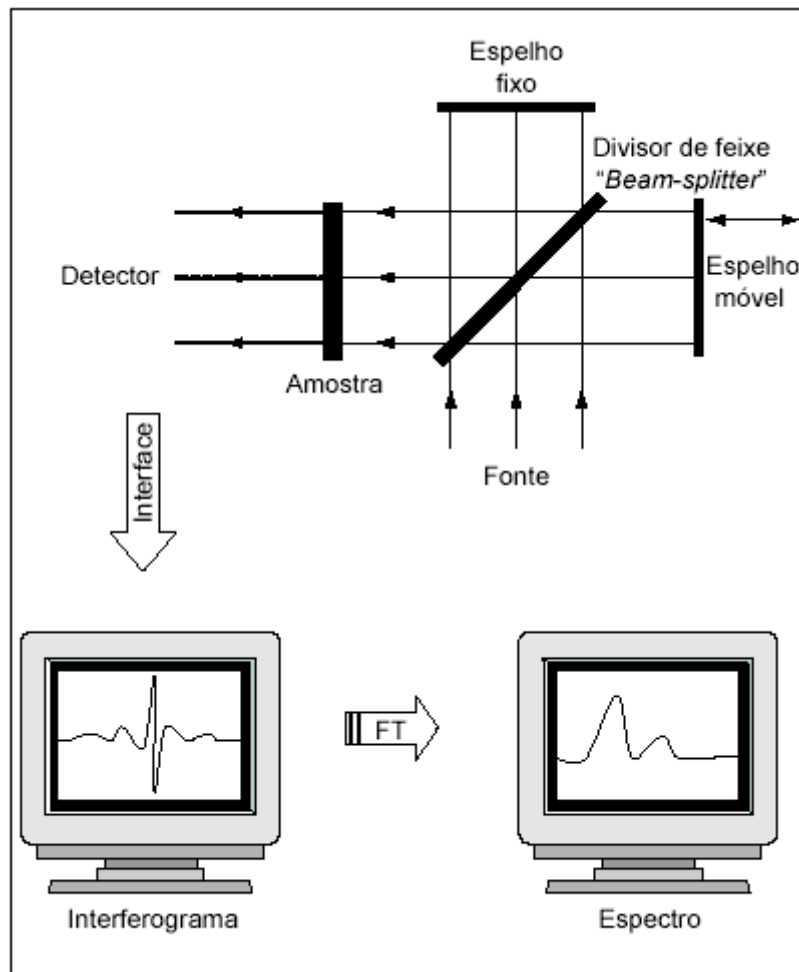


Figura 1. Esquema ilustrativo para o interferômetro de Michelson.  
 Fonte: Helfer *et al.* (2006)

A fim de se obter informações passíveis de serem interpretadas, o interferograma digital precisa ser convertido a um espectro de emitância por infravermelho convencional. Isso é feito utilizando o algoritmo de transformação de Fourier. Dessa forma, o valor da absorbância para cada comprimento de onda de todo o espectro infravermelho é obtido. Um computador, que execute essa operação, é um componente integral de todos os instrumentos FTIR (van de Voort, 1992b; Lanher, 1996).

#### 2.4.4 Espectroscopia por FTIR

Apesar de os instrumentos baseados em filtros serem rotineiramente utilizados para a mensuração de gordura, proteína e lactose, os espectrômetros baseados na transformação de Fourier, vêm, atualmente, substituindo esses instrumentos. Segundo Iñón *et al.* (2004), FTIR representa uma técnica de grande importância capaz de proporcionar a melhoria das análises baseadas em espectroscopia.

Os espectrômetros de FTIR fornecem uma ampla quantidade de informações

espectroscópicas sobre a amostra quando comparados aos instrumentos baseados em filtros. Como todos os sinais da fonte alcançam o detector simultaneamente, o completo espectro do infravermelho médio pode ser obtido em alta resolução em poucos segundos. Essa alta velocidade permite o escaneamento de um grande número de espectros em curto espaço de tempo a fim de atingir uma alta razão sinal/ruído. O aumento da razão sinal/ruído leva a uma maior precisão de análise (Bouis, 1997; Hewavitharana & Brakel, 1997).

Os equipamentos baseados na espectroscopia por FTIR são capazes de analisar uma amostra de leite em poucos segundos. Eles apresentam alta velocidade analítica mesmo quando é realizada a análise de vários componentes da amostra. A velocidade de análise dos instrumentos baseados em filtros depende do número de componentes que serão analisados. Isso ocorre porque, para esse tipo de análise, cada componente a ser mensurado necessita de um filtro que deve ser colocado entre a fonte de radiação infravermelha e a amostra. Dessa forma, quanto mais componentes forem analisados menor será a velocidade de análise dos equipamentos com filtros (van de Voort, 1992b).

Além disso, o equipamento FTIR proporciona maior exatidão dos comprimentos de onda devido ao uso de um laser interno que mantém a calibração dos comprimentos. Essa calibração assegura que manipulações de dados subseqüentes tais como, subtração ou adição de espectros, possam ser executadas corretamente. Operações semelhantes em instrumentos dispersivos computadorizados são limitadas pelas freqüências flutuantes ao longo do tempo (van de Voort, 1992b; Bouis, 1997).

van de Voort *et al.* (1992a), ao avaliarem a utilização da espectroscopia por transformação de Fourier na análise do leite, concluíram que tal metodologia é claramente

aplicável às análises desse produto, fornecendo resultados comparáveis aos obtidos com o uso dos métodos baseados em filtros.

O fato de a espectroscopia FTIR fazer melhor uso das informações contidas no espectro de absorção no infravermelho possibilita a análise de determinados componentes químicos que não poderiam ser analisados, diretamente, pelos métodos baseados em filtros. Entretanto, para a análise dessas informações, é necessário o uso de técnicas de análise multivariada, como a regressão de componentes principais (PCR) e a regressão por mínimos quadrados parciais (PLS). Essas técnicas são comumente utilizadas em FTIR para analisar o espectro completo de uma mistura e, automaticamente, determinar, via técnicas de correlação, qual porção do espectro está relacionada ao componente de interesse (Hewavitharana & Brakel, 1997).

Os instrumentos baseados em filtros utilizam métodos de análise univariável. Nesses métodos, somente a absorbância de uma freqüência é associada à concentração, enquanto que as técnicas de análise multivariada usam simultaneamente duas ou mais freqüências. A precisão dos métodos univariáveis é dependente da capacidade para identificar uma única banda isolada para cada componente. Os métodos multivariáveis, entretanto, podem ser utilizados igualmente quando estão sobrepostas informações espectrais de vários componentes em várias regiões espectrais selecionadas (Helfer *et al.* 2006).

Nesse contexto, Hewavitharana & Brakel (1997) investigaram a possibilidade de mensurar diretamente a caseína no leite por FTIR utilizando as técnicas de PLS e PCR. Os autores concluíram que a espectrometria por FTIR é perfeitamente capaz de mensurar, de forma direta, a caseína em leite cru. Segundo esses autores, a determinação da caseína nos instrumentos baseados em

filtros é feita, indiretamente, obtendo a diferença entre o conteúdo de proteína no leite antes e após a precipitação da caseína. Isso é necessário porque ainda não se conhece uma única região no infravermelho médio específica para esse constituinte do leite.

Paradkar & Irudayaraj (2002) utilizaram a espectroscopia por FTIR associada às técnicas PLS e PCR para a determinação de colesterol em leite fluido, leite em pó, iogurte, queijo e manteiga. O espectro do colesterol puro foi determinado e a região do infravermelho entre 2800 e 3200cm<sup>-1</sup> foi usada para a quantificação dessa substância. Os autores verificaram que a espectroscopia por FTIR tem o potencial de estimar o conteúdo de colesterol nesses produtos.

Hansen (1999) analisou a presença de acetona em leite e concluiu que ela pode ser determinada pela espectroscopia por FTIR associada à calibração multivariada. Como a presença de acetona em leite bovino funciona como um indicador para cetose, esse método pode ser utilizado para identificação de animais que apresentam esse distúrbio metabólico. Porém, o autor adverte que esse método pode apenas ser usado como triagem.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram coletadas 22 amostras de soro de queijo prato e 21 amostras de soro de queijo Minas padrão. As amostras foram obtidas de fábricas de queijo de médio porte, registradas no Serviço de Inspeção Federal (SIF), que processavam em torno de 20 a 50 mil litros de leite por dia. Estas fábricas estão localizadas em um raio de 50 Km do município de Lavras, Minas Gerais.

As amostras foram coletadas diretamente do tanque de produção de queijos, logo após o

corte da massa. O soro de queijo prato foi coletado antes da lavagem e semi-cozimento da massa. As amostras foram acondicionadas em recipiente plástico e transportadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável. O início das análises foi em um prazo máximo de um dia após a coleta do soro. O período de coleta foi de agosto a dezembro de 2009.

#### 3.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES

As análises da composição físico-química dos soros foram realizadas no Laboratório de Análise da Qualidade do Leite da Escola de Veterinária da UFMG (LabUFMG) e no Laboratório de Análises Físico-Químicas do Departamento de Tecnologia e Inspeção da Escola de Veterinária da UFMG.

#### 3.3 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras de soro foram divididas em duas alíquotas, uma para análise por métodos de referência e outra para análise de composição em analisador eletrônico, baseado na espectroscopia no infravermelho.

Para as análises pelos métodos de referência, as amostras foram aquecidas a 40°C, em seguida resfriadas a 20°C e homogeneizadas adequadamente antes do início de cada análise. Para as análises feitas pelo método instrumental em analisador eletrônico<sup>6</sup>, as amostras foram distribuídas em uma *rack* própria do aparelho, aquecidas a 40°C e homogeneizadas dez vezes por inversão, antes de serem colocadas no equipamento. Tal procedimento condiz com o estabelecido no manual de operações do equipamento (BENTLEY INSTRUMENTS, 1994).

---

<sup>6</sup> Bentley Instruments Incorporated, Estados Unidos



### **3.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SORO PELOS MÉTODOS DE REFERÊNCIA**

As análises físico-químicas do soro foram realizadas, em duplicata. Foram utilizadas técnicas e padrões existentes ou reconhecidos pelo Ministério da Agricultura para a análise de leite, pois não existem técnicas específicas para o soro. As análises foram realizadas pelos seguintes métodos: teores de umidade/sólidos totais (secagem em estufa; AOAC, 1997, método 990.20), gordura (método de Mojonnier; AOAC, 1997, método 989.05), cinzas (mufla, 550°C; AOAC, 1997, método 945.46), proteína total (micro-Kjeldahl; AOAC, 1997, método 991.20), cloreto de sódio (Brasil, 2006, método B: argentométrico) e crioscopia (crioscópio eletrônico Laktron<sup>7</sup> LK-7000; Brasil, 2006).

### **3.5 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SORO PELO MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO**

Os componentes do soro de leite, gordura, proteína e sólidos totais foram dosados no equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments). Tal equipamento utiliza a metodologia da espectroscopia no infravermelho baseada em filtros. No instrumento utilizado nesse trabalho, o filtro relacionado à gordura era do tipo B.

As análises foram feitas em duplicata. Antes da realização das análises, o aparelho foi calibrado utilizando-se dez amostras padrão de soro de leite com diferentes faixas de composição. Tais amostras são constituídas de soro cru. A calibração foi feita utilizando-se o programa de calibração do próprio equipamento. As amostras padrão foram fornecidas pelo laboratório DQCI

<sup>7</sup> Laktron, Brasil

SERVICES (Dairy Quality Control Inc<sup>8</sup>), credenciado pela Secretaria de Agricultura do Estado de Mineápolis dos Estados Unidos. Este laboratório é oficial e aprovado pela IDF (International Dairy Federation). As amostras padrão foram fornecidas juntamente com os laudos contendo os resultados das análises realizadas no laboratório de origem.

### **3.6 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS**

A contagem de células somáticas também foi realizada no equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments). Esse equipamento, além de determinar os teores de gordura, proteína e sólidos totais, funciona como um contador eletrônico automático, utilizando o método da citometria de fluxo.

### **3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados obtidos foram tabulados para análise estatística descritiva. Os resultados de composição de cada componente, obtidos pelas metodologias testadas, foram pareados e testados para diferença significativa ao nível de  $p \leq 0,05$ , por meio do teste de Wilcoxon para diferenças entre pares ordenadas. A normalidade das respostas obtidas também foi verificada (Sampaio, 2007). O programa estatístico usado foi o Minitab 15.0 para Windows (Minitab Inc, Filadélfia, EUA).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos não seguiram uma distribuição normal. Por essa razão, as respostas obtidas pelos métodos de referência e espectroscopia no infravermelho

<sup>8</sup> Dairy Quality Control Incorporated, Estados Unidos

foram testadas para diferença significativa ao nível de  $p < 0,05$ , por meio do teste de Wilcoxon. Tal método é utilizado para respostas não distribuídas normalmente. Além disso, segundo Sampaio (2007), o teste de Wilcoxon é estruturado para comparação de respostas provenientes do mesmo indivíduo, o que é o caso do presente trabalho.

Utilizando-se estudos estatísticos, pôde-se perceber que os resultados das análises dos

teores de gordura, proteína e sólidos totais obtidos pelos métodos de referência foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) dos obtidos pelo método da espectroscopia no infravermelho. Essa diferença ocorreu tanto para a análise do soro de queijo Minas padrão quanto para o soro de queijo prato (Figuras 2 e 3). A estatística descritiva dos resultados da composição físico-química das amostras analisadas está demonstrada nas Tabelas 2 e 3.

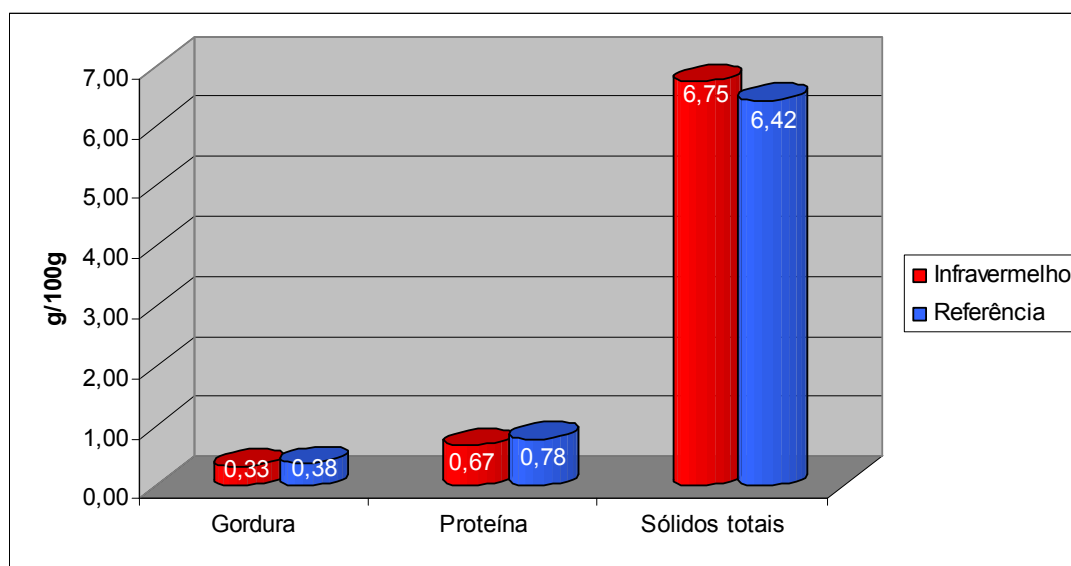


Figura 2. Médias dos resultados de gordura, proteína e sólidos totais das amostras de soro de queijo Minas padrão

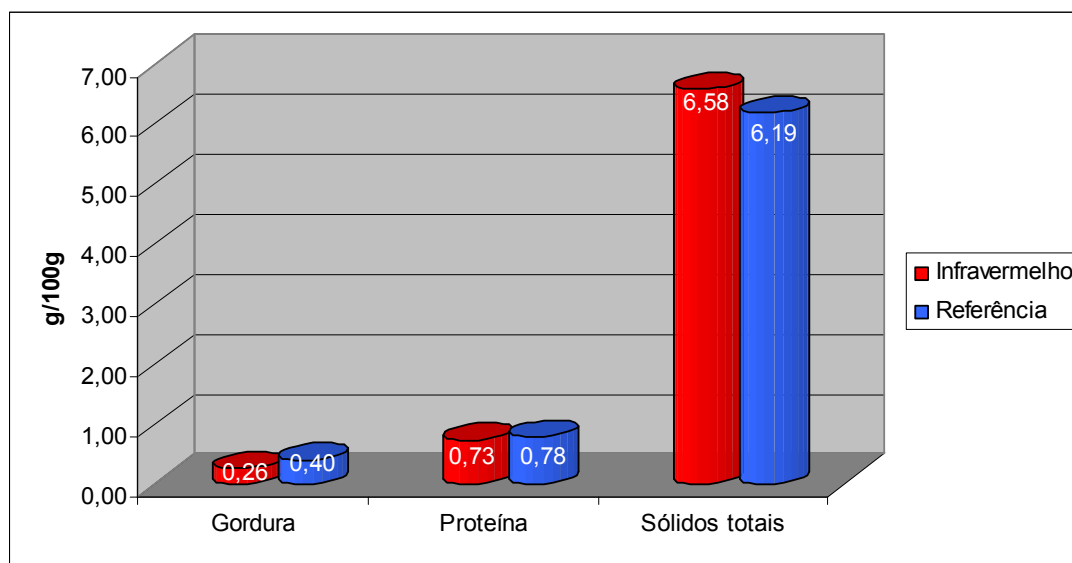


Figura 3. Médias dos resultados de gordura, proteína e sólidos totais das amostras de soro de queijo prato

Tabela 2. Estatística descritiva da análise da composição do soro de queijo Minas padrão

Componente	Método de análise	Média	Desvio Padrão (DP)	Mín.	Máx.
Gordura (g/100g)	Método de referência	0,38 <sup>a</sup>	0,12	0,20	0,62
	Método de infravermelho	0,33 <sup>b</sup>	0,12	0,23	0,67
Proteína (g/100g)	Método de referência	0,78 <sup>a</sup>	0,08	0,65	0,88
	Método de infravermelho	0,67 <sup>b</sup>	0,11	0,54	0,82
Sólidos totais (g/100g)	Método de referência	6,42 <sup>a</sup>	0,21	6,00	6,68
	Método de infravermelho	6,79 <sup>b</sup>	0,20	6,44	7,02
Umidade g/100g	Método de referência	93,58 <sup>a</sup>	0,21	93,32	94,01
	Método de infravermelho	93,21 <sup>b</sup>	0,21	92,98	93,57
Cinzas (g/100g)	Método de referência	0,49	0,03	0,45	0,54
Cloreto de sódio (g/100g)	Método de referência	0,20	0,01	0,18	0,21
Índice crioscópico (°H)	Método de referência	-0,525	0,01	-0,544	-0,510

Para cada componente, resultados com letras distintas, na mesma coluna, apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

Tabela 3. Estatística descritiva da análise da composição do soro de queijo prato

Componente	Método de análise	Média	Desvio Padrão (DP)	Mín.	Máx.
Gordura (g/100g)	Método de referência	0,40 <sup>a</sup>	0,08	0,27	0,63
	Método de infravermelho	0,26 <sup>b</sup>	0,15	0,04	0,67
Proteína (g/100g)	Método de referência	0,78 <sup>a</sup>	0,09	0,58	0,91
	Método de infravermelho	0,73 <sup>b</sup>	0,07	0,58	0,81
Sólidos totais (g/100g)	Método de referência	6,19 <sup>a</sup>	0,75	4,70	6,79
	Método de infravermelho	6,85 <sup>b</sup>	0,54	5,53	7,00
Umidade g/100g	Método de referência	93,81 <sup>a</sup>	0,75	93,21	95,31
	Método de infravermelho	93,15 <sup>b</sup>	0,55	93,00	94,48
Cinzas (g/100g)	Método de referência	0,48	0,05	0,40	0,55
Cloreto de sódio (g/100g)	Método de referência	0,19	0,02	0,15	0,21
Índice crioscópico (°H)	Método de referência	-0,509	0,05	-0,534	-0,414

Para cada componente, resultados com letras distintas, na mesma coluna, apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

#### 4.1 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SORO DE QUEIJO MINAS PADRÃO E PRATO PELOS MÉTODOS DE REFERÊNCIA

##### 4.1.1 Gordura

O teor médio de gordura obtido nas amostras analisadas pelo método de referência foi de  $0,38 \text{ g/100g} \pm 0,12$  para o soro de queijo Minas padrão. Esse valor difere do encontrado por Siqueira *et al.* (2002) e Teixeira *et al.* (2008). Esses autores, ao analisarem esse tipo de soro, encontraram teores médios de gordura de  $0,66 \text{ g/100g} \pm 0,37$  e  $0,68 \text{ g/100g} \pm 0,21$ , respectivamente. O teor médio de gordura obtido no presente trabalho para o soro de queijo prato foi de

$0,40 \text{ g/100g} \pm 0,08$ . Esse valor é inferior ao encontrado por Siqueira *et al.* (2002) que obtiveram um teor de gordura de  $0,8 \text{ g/100g} \pm 0,25$ .

Essas diferenças podem ser explicadas pelo fato de que o teor de gordura do soro depende do teor de gordura do leite utilizado como matéria prima para a produção do queijo e do processamento e rendimento desse queijo. Esses fatores podem apresentar grandes variações de acordo, por exemplo, com a região em que o queijo é produzido. Com isso, obtém-se significativas diferenças entre os teores de gordura do soro. Segundo Rosenthal (1991), o teor de gordura no soro doce pode variar de 0,2 a 0,8 g/100g.

#### 4.1.2 Proteína

Os teores de proteína obtidos para o soro de queijo Minas padrão (0,78 g/ 100g ± 0,08) pelo método de referência foram semelhantes aos obtidos por Wolfschoon *et al.* (1977) e por Teixeira *et al.* (2008). Tais autores obtiveram médias de 0,75 g/ 100g e 0,80 g/ 100g, respectivamente. Para o soro de queijo prato, a média encontrada no presente trabalho foi de 0,78 g/ 100g, variando entre 0,58 e 0,91 g/ 100g. Esse resultado foi próximo ao obtido por Wolfschoon *et al.* (1977) (0,73 g/ 100g).

Entretanto, as médias obtidas por Siqueira *et al.* (2002), tanto para o soro de queijo Minas padrão (1,28 g/ 100g ± 0,45) quanto para o soro de queijo prato (1,49 g/ 100g ± 0,47), foram superiores ao do presente trabalho. Essa discrepância pode ser atribuída à utilização de diferentes metodologias para análise dessa grandeza. Siqueira *et al.* (2002) utilizaram a metodologia de Pyne, enquanto no presente experimento foi utilizado o método de Kjeldahl. A metodologia de Pyne está em desuso devido à sua baixa precisão de análise. Essa metodologia baseia-se na reação das proteínas com formol, porém, fatores como o tamanho das proteínas, podem influenciar na análise. Em contrapartida, o método de Kjeldahl é um método de referência, reconhecido por fornecer resultados com precisão.

#### 4.1.3 Sólidos totais/ umidade

Os teores de sólidos totais para o soro de queijo Minas padrão variaram entre 6,00 e 6,68 g/ 100g com uma média de 6,42 g/ 100g. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Wolfschoon *et al.* (1977), Siqueira *et al.* (2002) e Teixeira *et al.* (2008). No caso do soro de queijo prato, os resultados variaram entre 4,70 e 6,79 g/ 100g, com uma média de 6,19 g/ 100g.

Esses valores são próximos aos obtidos por Wolfschoon *et al.* (1977), Furtado *et al.* (1988), Siqueira *et al.* (2002) e Teixeira *et al.* (2008).

A média dos resultados da análise de umidade foi de 93,58 g/ 100g e 93,81 g/ 100g para os soros dos queijos Minas padrão e prato, respectivamente. Tais resultados também condizem com os obtidos por Wolfschoon *et al.* (1977), Siqueira *et al.* (2002) e Teixeira *et al.* (2008).

#### 4.1.4 Resíduo mineral fixo e cloreto de sódio

Os teores de cinzas (resíduo mineral fixo) obtidos nesse trabalho foram de 0,49 g/ 100g ± 0,03 para o soro de queijo Minas padrão e 0,48 g/ 100g para o soro de queijo prato. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Wolfschoon *et al.* (1977) e Teixeira *et al.* (2008).

Os teores de cloreto de sódio obtidos para o soro de queijo Minas padrão foram semelhantes aos encontrados por Teixeira *et al.* (2008). Em contrapartida, tais teores foram diferentes dos obtidos por Siqueira (2000) que encontrou valores entre 0,40 e 1,00 g/ 100g para o soro de queijo Minas padrão e teores entre 0,50 e 1,15 g/ 100g para o soro de queijo prato. Esses resultados são superiores aos obtidos no presente trabalho, em que os teores no soro de queijo Minas padrão variaram entre 0,18 e 0,21 g/ 100g e os de soro de queijo prato variaram entre 0,15 e 0,21 g/ 100g.

#### 4.1.5 Índice crioscópico

A média dos valores de índice crioscópico obtida para o soro de queijo Minas padrão foi de -0,525°H. Esse resultado difere do obtido por Teixeira *et al.* (2008) e Siqueira *et al.* (2002) que encontraram médias de -0,555°H e -0,513°H, respectivamente. A

média obtida para o soro de queijo prato foi  $-0,509^{\circ}\text{H}$ . Esse valor também difere do obtido por Siqueira *et al* (2002) que foi de  $-0,670^{\circ}\text{H}$ .

Segundo Becchi (2003), o índice crioscópico está diretamente ligado ao extrato seco do leite, mais especificamente à maior ou menor quantidade de lactose e sais minerais. A adição de água ao leite altera os valores do índice crioscópico.

## 4.2 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS

A análise estatística das contagens de células somáticas (CCS), para os tipos de soro analisados, está apresentada na Tabela 4. Os valores obtidos, para ambos os soros, foram muito baixos quando comparados aos valores, geralmente, encontrados na análise do leite produzido no Brasil. Silveira *et al* (2005), ao analisarem leite proveniente de tanque de resfriamento, obtiveram uma média de 329.000 CCS/ml. Levando-se em consideração que o soro é derivado do leite, a baixa CCS dos soros analisados sugere que a maior parte das células somáticas presentes no leite fica retida na massa do queijo.

Tabela 4. Análise estatística das contagens de células somáticas para os soros dos queijos Minas padrão e prato.

Análise	Queijo Minas padrão		Queijo prato	
	CCS/ml	Log CCS/ml	CCS/ml	Log CCS/ml
Média	14000	4,15	18000	4,26
Desvio padrão	7000	3,85	6000	3,78
Mínimo	3000	3,48	12000	4,08
Máximo	25000	4,40	35000	4,54

## 4.3 FATORES QUE INTERFEREM NA ANÁLISE DO SORO DE QUEIJO MINAS PADRÃO E PRATO PELO IV

daquelas do soro cru. Segundo Silva (1975), o aquecimento provoca uma série de alterações na estrutura física do leite, em sua composição e nas propriedades de seus componentes bioquímicos.

### 4.3.1 Diferenças entre soro cru e soro pasteurizado

As alterações promovidas pela pasteurização nas moléculas dos componentes do soro podem afetar a frequência vibracional de tais moléculas. Essa frequência vibracional é a base da metodologia que utiliza a espectroscopia no infravermelho. Como foi visto anteriormente, essa metodologia é baseada na absorção da radiação infravermelha. Uma molécula é capaz de absorver tal radiação apenas quando ela apresentar a mesma frequência de vibração dessa radiação (Bouis, 1997). Assim, se a

As amostras padrão utilizadas na calibração do equipamento baseado na espectroscopia no infravermelho eram constituídas de soro cru. Em contrapartida, as amostras de soro de queijo Minas padrão e prato analisadas foram obtidas a partir de leite pasteurizado, obtendo-se, assim, um soro pasteurizado. Tal soro apresenta características diferentes

freqüência vibracional da molécula for alterada, a absorção da radiação por essa molécula também sofrerá alterações, o que poderá interferir nos resultados obtidos por essa metodologia.

O aumento da temperatura pode promover alterações nas bandas de absorção da radiação associadas aos grupos C-H dos lipídeos. Tais grupos são de grande importância para a determinação da gordura pelos instrumentos baseados em filtros do tipo B, como é o caso do presente trabalho. A absorção da radiação, por esses grupos, é muito sensível a variações na conformação da cadeia dos lipídeos (Karoui *et al.*, 2003). Como o aumento da temperatura pode causar alterações nessa conformação, tal aumento pode interferir na análise do teor de gordura.

As proteínas também podem apresentar alterações em sua conformação ou estado de agregação devido ao aquecimento. Em temperaturas superiores a 65°C ocorre desnaturação das proteínas do soro devido ao desdobramento de seus polipeptídeos. Esse desdobramento leva à exposição de grupos sulfidrilas e resíduos apolares. Com isso, tais proteínas interagem com as micelas de caseína ou ocorre agregação entre as próprias proteínas do soro (IDF, 1992). Tais alterações podem afetar as bandas de absorção da radiação pelas proteínas.

Além dessas alterações, o aumento da temperatura leva à diminuição progressiva da intensidade das pontes de hidrogênio das proteínas. As alterações na temperatura, dentre outros fatores, também podem levar à formação de pontes de hidrogênio intra e intermoleculares. Tal fato pode alterar a posição e magnitude das bandas amida que, como dito anteriormente, são de grande importância para a análise do teor de proteínas pelo método da espectroscopia no infravermelho (IDF, 1992; Etzion *et al.*, 2004).

A discrepância obtida para valores de sólidos totais foi gerada de forma indireta. No equipamento baseado na espectroscopia no infravermelho, utilizado nesse experimento, tais sólidos são obtidos pela soma do conteúdo de gordura, proteína e lactose acrescidos de uma constante de minerais. Como os resultados dos teores de proteína e gordura obtidos por essa metodologia foram diferentes dos obtidos pelos métodos de referência, houve, conseqüentemente, um acúmulo das diferenças de cada parcela gerando uma diferença no resultado dos teores de sólidos totais.

### 4.3.2 Água

A água representa cerca de 93 a 94% dos constituintes do soro (Rosenthal, 1991). Tal componente apresenta intensa banda de absorção da radiação infravermelha centrada no comprimento de onda de 1640  $\text{cm}^{-1}$  (6,1  $\mu\text{m}$ ). A intensidade da banda de absorção da água faz com que a mesma se sobreponha às bandas de absorção características das proteínas que, como já exposto, são denominadas amida I (5,9  $\mu\text{m}$  a 6,3  $\mu\text{m}$ ) e amida II (6,4  $\mu\text{m}$  a 6,5  $\mu\text{m}$ ) (Etzion *et al.*, 2004). Esse fato pode gerar resultados alterados para a análise de proteínas a partir da espectroscopia no infravermelho.

A água também é capaz de interferir nos teores de gordura e lactose. Isso pode ser comprovado por um experimento realizado durante o presente trabalho. Nesse experimento, amostras de leite, com diferentes teores de água, foram analisadas pela metodologia da espectroscopia no infravermelho. Os resultados obtidos estão apresentados nas Figuras 4 e 5. Pôde-se perceber que, à medida que os teores de água aumentavam, os resultados obtidos pela metodologia no infravermelho se distanciavam dos valores reais. Com a agugagem, os teores de gordura tenderam a

ser menores que os valores esperados. No caso da lactose ocorreu o inverso. Os teores

obtidos foram maiores que os esperados.

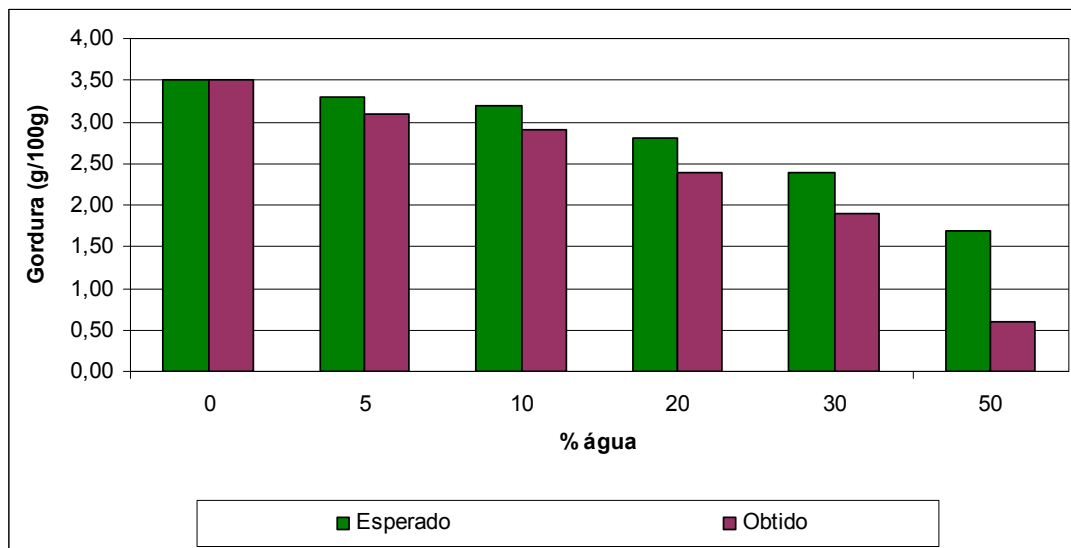


Figura 4. Influência da aguagem na análise dos teores de gordura do leite pela espectroscopia no IV

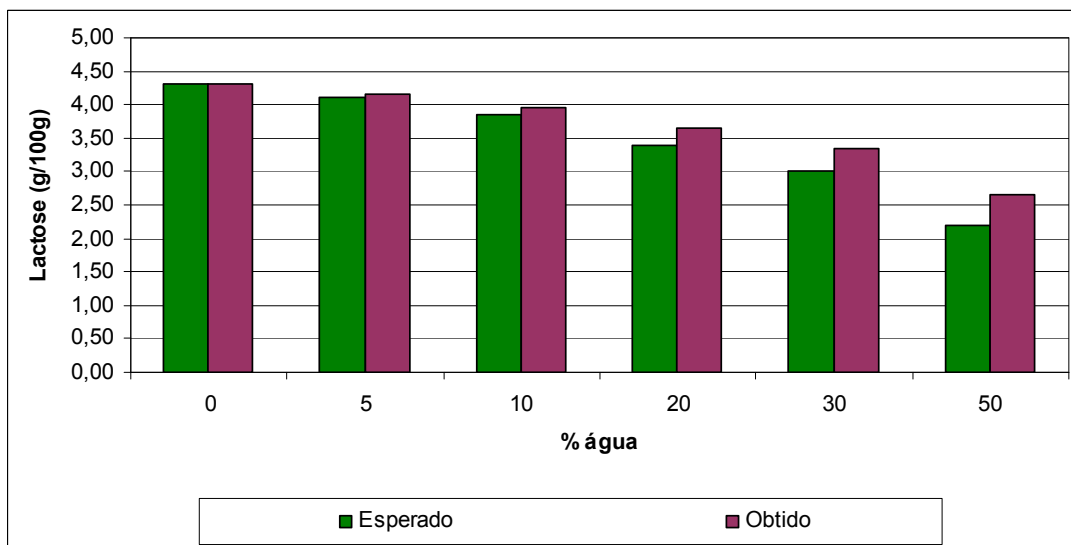


Figura 5. Influência da aguagem na análise dos teores de lactose do leite pela espectroscopia no IV

Para que esse problema seja evitado, pode-se fazer a subtração das bandas de absorção de água, o que evidenciará as bandas características das proteínas. Tal subtração pode ser feita com precisão nos equipamentos FTIR. Precisas subtrações das

bandas de absorção da água são possíveis graças à exatidão de frequência de onda proporcionada pela técnica de FTIR (Karoui *et al.*, 2003).



A exatidão obtida com o FTIR assegura que a subtração de espectros, como o da água, possa ser feita corretamente. Por outro lado, instrumentos baseados em filtros, como o utilizado nesse experimento, apresentam frequências flutuantes ao longo do tempo, dificultando a identificação do espectro (van de Voort, 1992b). Isso pode ter interferido na análise do soro de queijo prato, pois o mesmo continha uma grande quantidade de água revelada pelo seu alto índice crioscópico.

### 4.3.3 Urucum

Segundo Skoog *et al* (2002), o sucesso da calibração do equipamento baseado na espectroscopia no infravermelho é muito dependente de quão próxima a matriz dos padrões está da matriz das amostras a serem analisadas. Os efeitos da matriz levam a erros de interferência. No caso do soro de queijo prato, o corante usado na fabricação desse queijo pode ter agido como um interferente.

O corante comumente utilizado na produção do queijo prato é o urucum. O pigmento do urucum é extraído da camada externa das sementes de um arbusto tropical (*Bixa orellana*) sendo constituído, basicamente, de cis-bixina, um carotenóide que representa mais de 80% dos carotenóides totais ali presentes. Da bixina são obtidos os demais pigmentos do urucum, como a norbixina (Silva, 2007).

Souza (2000), ao realizar análises espectrais dos componentes químicos do urucum, verificou que no intervalo entre  $1750\text{ cm}^{-1}$  ( $5,7\ \mu\text{m}$ ) e  $1580\text{ cm}^{-1}$  ( $6,3\ \mu\text{m}$ ) e entre  $3600\text{ cm}^{-1}$  ( $2,8\ \mu\text{m}$ ) e  $2900\text{ cm}^{-1}$  ( $3,5\ \mu\text{m}$ ) há uma absorção forte da radiação infravermelha pelos grupos químicos da bixina e da norbixina.

No intervalo entre  $5,7\ \mu\text{m}$  e  $6,3\ \mu\text{m}$ , encontra-se a banda de absorção, amida I ( $5,9\ \mu\text{m}$  a  $6,3\ \mu\text{m}$ ), característica das

proteínas. Dessa forma, a absorção da radiação pelos grupos químicos da bixina e norbixina pode sobrepor a banda amida I.

Os grupos carbono-hidrogênio (C-H) da gordura absorvem a radiação infravermelha no comprimento de onda  $3,5\ \mu\text{m}$ . Como a absorção da radiação pelos grupos químicos da bixina e da norbixina acontece nesse mesmo comprimento de onda, pode ter havido interferência na absorção pela molécula de gordura.

A interferência do urucum, assim como no caso da água, pode ser minimizada com utilização dos instrumentos FTIR. Conforme já apresentado, tais instrumentos permitem que sejam feitas calibrações com grande precisão, sendo possível identificar o espectro de absorção da substância de interesse, separando-o dos interferentes.

## 4.4 CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO BASEADO NA ESPECTROSCOPIA NO IV

Conforme apresentado no item 2.4.2, a calibração de instrumentos baseados no infravermelho é de grande importância para se obter alta precisão e acurácia dos resultados. Existem dois tipos de calibração: por dados não corrigidos e por dados corrigidos.

A calibração por dados não corrigidos é realizada pelo fabricante do equipamento ou, em casos de reparos críticos do equipamento, por pessoal especializado. Trata-se de uma calibração inicial, não sendo realizada rotineiramente. A calibração por dados corrigidos é realizada pelo próprio operador do equipamento e deve ser feita rotineiramente para garantir a acurácia dos resultados. A calibração usada no presente trabalho foi a de dados corrigidos.

Foi realizada uma correção estatística dos resultados obtidos nesse experimento. Os resultados corrigidos, assim como os não corrigidos (resultados originais), foram submetidos à análise estatística (teste de Wilcoxon). Como dito anteriormente, os resultados não corrigidos foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) dos resultados obtidos pelo método de referência, para os dois tipos de soro analisados. Porém, no caso do soro de queijo Minas padrão, os resultados corrigidos foram considerados como estatisticamente semelhantes aos dos métodos de referência.

A necessidade da correção dos dados para que não houvesse diferença significativa entre os resultados das metodologias testadas, sugere a necessidade de uma calibração por dados não corrigidos específica para o soro pois, somente a calibração com dados corrigidos não foi capaz de garantir precisão de resultados.

Para o soro de queijo prato, a diferença se manteve, mesmo após a correção dos dados. No soro de queijo prato, a presença de corante e o excesso de água, não existentes no soro de queijo Minas padrão, podem ter contribuído para a manutenção dessa diferença. Dessa forma, uma alternativa para análise do soro de queijo prato seria a utilização do equipamento baseado em FTIR, pois tal equipamento apresenta maior flexibilidade analítica, sendo menos influenciado pela matriz das amostras. Porém, esse equipamento não foi testado nesse experimento, sendo necessários estudos para comprovar a eficiência do mesmo em analisar o soro de queijo em questão.

No item 7.2, encontram-se os resultados dos teores de gordura e proteína obtidos pelo método da espectroscopia no infravermelho, tanto os corrigidos quanto os não corrigidos, e os resultados obtidos pelos métodos de referência.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados dos teores de gordura, proteína, cinzas, cloretos e sólidos totais, assim como os de índice crioscópico, obtidos pela metodologia de referência foram semelhantes aos valores encontrados na literatura.

A espectroscopia no infravermelho, baseada em filtros, pode ser utilizada na análise da composição físico-química do soro de queijo Minas padrão, contanto que seja feita uma calibração com dados não corrigidos.

Os resultados obtidos evidenciam imprecisão na metodologia de espectroscopia no infravermelho baseada em filtros para a análise de soro de queijo prato. Para esse tipo de soro, a análise baseada no FTIR mostra-se como uma alternativa interessante. Porém, há a necessidade de estudos que comprovem a eficácia dessa metodologia para a análise de esse tipo de soro.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNET, Y., MOLLER, L. La interferometría por transformada de Fourier. Um nuevo concepto em el análisis de leche y productos lácteos. *Revista Española de Lechería*, v.63, p.14-15, 1995.
- AGUIAR, J. A. Mix ampliado. *Jornal Hoje em Dia*, 18 set. 2007. Disponível em: <http://www.laticinio.net/noticias.asp?cod=5057> Acesso em julho de 2009.
- AOAC ( ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). *Official methods of analysis*. 16 ed. Washington: AOAC, 1997.
- BARBANO, D. M.; CLARK, J.L. Symposium: Instrumental methods for measuring components of milk - Infrared milk analysis - challenges for the future. *Journal of Dairy Science*, v.72, p. 1627-1636, 1989.
- BECCHI, C. S. *Estudo do índice crioscópico do leite tipo B "in natura" produzido na bacia leiteira do Vale do Taquari*, RS. 2003. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BELOBRAJDIC, D. P. MCINTOSH, G. H.; OWENS, J. A. Whey proteins protect more than red meat against azoxymethane induced ACF in wistar rats. *Cancer Letters*, v. 198, n.1, p. 43-51, 2003.
- BENTLEY INSTRUMENTS, INC. *Bentley 2000. Operator's manual*. Minesota, 1994.
- BIGGS, D. A., JOHNSON, G.; SJAUNJA, L.O. Analysis of fat, protein, lactose and total solids by infra-red absorption. In: Monograph on rapid indirect methods for measurement of the major components of milk. *Bulletin of the International Dairy Federation*, n. 2008, p. 21-29, 1987.
- BOAGLIO, A.; BASSANI G.; PICÓ, G. *et al.* Features of the milk whey protein partitioning in polyethyleneglycol-sodium citrate aqueous two-phase systems with the goal of isolating human alpha-1 antitrypsin expressed in bovine milk. *Journal of Chromatography B*, v. 837, n. 1-2, p. 18–23, 2006.
- BOUIS, P. Qualitative optical spectroscopic methods. In: SETTLE, F. (Ed). *Handbook of Instrumental techniques for analytical chemistry*; 1997. p. 243-283.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n.146, de 7 de março de 1996. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade dos produtos lácteos. *Regulamento técnico de identidade e qualidade de queijos*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Secretaria de Inspeção de Produto Animal, 1996, 5p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n.358, de 4 de setembro de 1997. *Fixação de identidade e qualidade do queijo prato*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Secretaria de Inspeção de Produto Animal, 1997a, 3p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal*. Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria de Inspeção de Produto Animal, 1997b, 241p.
- BRASIL. Lei n. 9.605 – 13 fev. 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Brasília*, 12 fev. 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução

normativa n.68, de 12 de dezembro de 2006. *Métodos quantitativos*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Secretaria de Defesa Agropecuária.

CAMARGO, D. S.; ALVES, G.; GARCIA, S. *et al.* Bebida fermentada à base de soro de leite e isolado protéico de soja. *Semina: Ci. Agrárias*, v. 21, n. 1, p. 45-51, 2000.

CARVALHO, G.; CARNEIRO, A. Z.; CASTRO, R. P. *et al.* *Principais indicadores leite e derivados*. Boletim eletrônico mensal. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, v. 2, n. 13, 8 jul. 2009. Disponível em: [http://www.cileite.com.br/publicacoes/arquivos/2009\\_07\\_Indicadores\\_leite.pdf](http://www.cileite.com.br/publicacoes/arquivos/2009_07_Indicadores_leite.pdf). Acesso em julho de 2009.

CHALITA, M. A. N.; SILVA, R. O. P.; PETTI, R. H. V. *et al.* Algumas considerações sobre a fragilidade das concepções de qualidade no mercado de queijos no Brasil. *Informações Econômicas*, v. 39, n. 6, p. 77-88, 2009.

CIMIANO, P. C. Panorama geral dos métodos instrumentais para análise dos constituintes do leite. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.29, n.176, p. 16-22, 1974.

CIMIANO, P. C.; BLANCO, C. Os modernos métodos instrumentais para análise do leite. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.33, n.195, p.21-23, 1978.

DUARTE, M.; MÍDIO, A. F. Soro lácteo: características nutricionais e riscos na sua utilização. *Higiene Alimentar*, v. 11, n. 47, p. 23-26, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. *Produção brasileira de queijo*. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/nova/infor>

[macoes/estatisticas/industria/tabela0424.php](http://www.cnpqg.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/industria/tabela0424.php) Acesso em julho de 2009a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. *Produção brasileira de queijo artesanal especial*. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/industria/tabela0425.php> Acesso em julho de 2009b.

ETZION, Y.; LINKER, R.; COGAN, U. *et al.* Determination of protein concentration in raw milk by mid-infrared Fourier transform infrared / attenuated total reflectance spectroscopy. *Journal of dairy science*, v. 87, p. 2779-2788, 2004.

FONSECA, C.S.P. *Qualidade do leite cru de tanques refrigeradores de Minas Gerais*. 2005. 62f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FURTADO, M. M.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F.; VENTURA, R. F. Pasteurização do leite por ejetor de vapor: considerações sobre a diluição do leite e rendimento da fabricação do queijo prato. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 43, n. 256, p. 3-9, 1988.

FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. *Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos*. 1. ed. São Paulo: Dipemar, 1994. 118 p.

HARDING, F. *Milk quality*. New York: Blackie Academic & Professional, 1995. 165 p.

HANSEN, P. W. Screening of dairy cows for ketosis by use of infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 2005-2010, 1999.

- HELPER, G. A.; FERRÃO, M.F.; FERREIRA, C.V. *et al.* Aplicação de métodos de análise multivariada no controle qualitativo de essências alimentícias empregando espectroscopia no infravermelho médio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, p. 779-786, 2006.
- HEWAVITHARANA, A. K.; BRAKEL, B. Fourier Transform Infrared Spectrometric Method for the Rapid Determination of Casein in Raw Milk. *Analyst*, v. 122, p. 701-704, 1997.
- HSU, C P.S. Infrared spectroscopy. In: SETTLE, F. (Ed). *Handbook of Instrumental techniques for analytical chemistry*; 1997. Cap. 15, p. 243-283.
- IDF. Protein & fat globule modifications by heat treatment, homogenization & other technological means for high quality dairy products. In: *Proceedings of the IDF seminar held in Munich*. IDF, Brussels, 1992, 472 p.
- IDF. *Whole milk. Determination of milkfat, protein and lactose content. Guide for the operation of mid-infrared instruments*. Brussels: IDF, 1996. (International Dairy Federation Standards 141B).
- IDF. The world dairy situation 2008. *Bulletin of the International Dairy Federation*. Brussels: IDF, 2008.
- IÑÓN, F. A.; GARRIGUES, S.; GUARDIA, M. Nutritional parameters of commercially available milk samples by FTIR and chemometric techniques. *Analytica Chimica Acta*, v. 513, p. 401-412, 2004.
- KAROUI, R.; MAZEROLLES, G.; DUFOUR, E. Spectroscopic techniques coupled with chemometric tools for structure and texture determinations in dairy products. *International Dairy Journal*, v. 13, p. 607-620, 2003.
- KOSIKOWSKI, F. V. Whey utilization and whey products. *Journal of Dairy Science*, v. 62, n. 7, p. 1149-1160, 1979.
- KUME, H.; OKASAKI, K.; SASAKI, H. Hepatoprotective effects of whey on D-galactosamine- induced hepatitis and liver fibrosis in rats. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, v. 70, n. 5, p. 1281-1285, 2006.
- LANHER, B. S. Evaluation of Aegys MI 600 Fourier transform infrared milk analyzer for analysis of fat, protein, lactose, and solids nonfat: a compilation of eight independent studies. *Journal of AOAC International*, v. 79, p. 1388-1399, 1996.
- MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C. *et al.* *Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios*. Belo Horizonte: Segrac, 2002. 224p.
- MAGANHA, M. F. B. *Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos - Série P + L*. São Paulo: CETESB, 2008. 95p.
- MING, P. Descrição da indústria de produtos lácteos dos Estados Unidos. *Revista Leite e Derivados*, n. 52, p. 64-68, 2000.
- NIELSEN, V. H. What, exactly, is whey? *American Dairy Review*, v. 36, p. 68-72, 1974.
- OLIVEIRA, J. S. *Queijo: Fundamentos tecnológicos*. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1986. 146 p.
- OLIVEIRA, J. S. *Avaliação in vitro e in vivo do soro de leite fermentado pelo consórcio de bactérias Enterococcus faecium e Veilonella parvula na alimentação de ruminantes*. 2008. 67f. Tese (Doutorado em zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PARADKAR, M. M.; IRUDAYARAJ, J. Determination of cholesterol in dairy

products using infrared techniques: 1. FTIR spectroscopy. *International Journal of Dairy Technology*, v. 55, p. 127-132, 2002.

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

PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F.; CASTRO-GOMEZ, R. J. H. Soro de leite – obtenção, características e aproveitamento: revisão. *SEMINA: Revista Cultural e Científica da Universidade Estadual de Londrina*, v. 13, n. 1, p. 92-96, 1992.

PRUDENCIO, E. S.; BENEDET H. D. Aproveitamento do soro de queijo na obtenção do extrato hidrossolúvel de soja. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.19, n.1, 1999.

REFERENCE MANUAL FOR U. S WHEY AND LACTOSE PRODUCTS. Arlington: U. S. Dairy Export Council. 2004. Disponível em: <http://www.usdec.org/library/PublicationsInfo.cfm?ProductType=Whey&mnItemNumber=82207&snItemNumber=82218&tnItemNumber=82261&Category=Manuals> Acesso em julho de 2009.

RICHARDSON, G. H.; Automated testing of milk. *Journal of Dairy Science*, v. 64, p. 1087-1095, 1981.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de p&d. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 13, n. 3, p. 349-375, 2002.

ROSENTHAL, I. *Milk and dairy products*. New York: Weinheim: VHC, 1991. 217p

SAMPAIO, I. B. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em

Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007. 264p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. *Brasil consome tipos mais diversos de queijo*.

Disponível em: [http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=Brasil+consome+tipos+mais+diversos+de+queijo&btnG.x=16&btnG.y=12&btnG=Pesquisa+Google&sort=date%253AD%253AL%253Ad1&entsp=0&client=web\\_um&lr=lang\\_pt&entqr=3&filt=&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&getfields=&proxystylesheet=sebrae2&output=xml\\_no\\_dtd&site=web\\_all&filter=0#](http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=Brasil+consome+tipos+mais+diversos+de+queijo&btnG.x=16&btnG.y=12&btnG=Pesquisa+Google&sort=date%253AD%253AL%253Ad1&entsp=0&client=web_um&lr=lang_pt&entqr=3&filt=&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&getfields=&proxystylesheet=sebrae2&output=xml_no_dtd&site=web_all&filter=0#) Acesso em julho de 2009a.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. *Brasil tem regiões produtoras e queijos bastante conhecidos*. Disponível em:

[http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=Brasil+tem+regiões+produtoras+e+queijos+bastante+conhecidos&btnG.x=14&btnG.y=7&btnG=Pesquisa+Google&entsp=a&sort=date:D:L:d1&client=web\\_um&lr=lang\\_pt&entqr=3&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&getfields=&proxystylesheet=sebrae2&output=xml\\_no\\_dtd&y=7&x=41&site=web\\_all&filter=0](http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=Brasil+tem+regiões+produtoras+e+queijos+bastante+conhecidos&btnG.x=14&btnG.y=7&btnG=Pesquisa+Google&entsp=a&sort=date:D:L:d1&client=web_um&lr=lang_pt&entqr=3&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&getfields=&proxystylesheet=sebrae2&output=xml_no_dtd&y=7&x=41&site=web_all&filter=0) Acesso em julho de 2009b.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. *Cadeia agroindustrial do leite no Brasil*.

Disponível em: [http://www.busca.sebrae.com.br/search?client=web\\_um&site=web\\_all&output=xml\\_no\\_dtd&proxystylesheet=sebrae2&ie=UTF-8&oe=UTF-8&getfields=&as\\_q=leite+&as\\_epq=agroindustrial&as\\_oq=&as\\_eq=&x=41&y=7#](http://www.busca.sebrae.com.br/search?client=web_um&site=web_all&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=sebrae2&ie=UTF-8&oe=UTF-8&getfields=&as_q=leite+&as_epq=agroindustrial&as_oq=&as_eq=&x=41&y=7#) Acesso em julho de 2009c.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. *Exportação e importação de queijos*.

Disponível em: <http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=E>

[xportação+e+importação+de+queijos&btnG.x=30&btnG.y=2&btnG=Pesquisa+Google&sort=date%253AD%253AL%253Ad1&entsp=0&client=web\\_um&lr=lang\\_pt&entqr=3&filt=&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&getfields=&proxystyle](http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=queijo&btnG.x=30&btnG.y=2&btnG=Pesquisa+Google&sort=date%253AD%253AL%253Ad1&entsp=0&client=web_um&lr=lang_pt&entqr=3&filt=&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&getfields=&proxystyle) Acesso em julho de 2009d.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.

*Sudeste é o maior produtor de queijo no*

*Brasil, com 42,5%.* Disponível em:

[http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=queijo&btnG.x=0&btnG.y=0&btnG=Pesquisa%2BGoogle&entqr=3&getfields=&output=xml\\_no\\_dtd&sort=date%253AD%253AL%253Ad1&entsp=0&client=web\\_um&ud=1&oe=UTF-8&ie=UTF-8&proxystylesheet=sebrae2&site=web\\_all&filt#](http://www.busca.sebrae.com.br/search?q=queijo&btnG.x=0&btnG.y=0&btnG=Pesquisa%2BGoogle&entqr=3&getfields=&output=xml_no_dtd&sort=date%253AD%253AL%253Ad1&entsp=0&client=web_um&ud=1&oe=UTF-8&ie=UTF-8&proxystylesheet=sebrae2&site=web_all&filt#) Acesso em julho de 2009e.

SKOOG, D. A.; HOLER, F. J.; NIEMAN, T. A. *Princípios de análise instrumental*. Porto Alegre: Bookman, 2002. 836p.

SILVA, J. C. Efeitos do calor sobre o leite. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 30, p. 61-71, 1975.

SILVA, C. E. S.; CARVALHO, N. C.; GONÇALVES, T. C. C. O desenvolvimento do produto: soro de leite bovino no combate à desnutrição. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003. Ouro preto, MG.

SILVA, P. I. Métodos de extração e caracterização de bixina e norbixina em sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). 2007. 145f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVEIRA, T. M. L. *Comparação dos métodos de referência e de análise eletrônica na determinação da composição e da contagem de células somáticas do leite bovino*. 2002. 42f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de

Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVEIRA, T. M. L.; FONSECA, L. M.; LAGO, T. B. N. *et al.* Comparação entre o método de referência e a análise eletrônica na determinação da contagem de células somáticas do leite bovino. *Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, n. 1, p. 128-132, 2005.

SIQUEIRA, I. M. *Avaliação das qualidade físico-química e microbiológica de quatro tipos de soro de queijo*. 2000. 104f. Dissertação (Mestrado em ciências de alimentos) – Faculdade de farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SIQUEIRA, I. M. C.; CERQUEIRA, M. M. O.; SOUZA, M. R. *et al.* Caracterização físico-química de quatro tipos de soro de queijo. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 57, n. 327, p. 225-227, 2002.

SMITHERS, G. W.; BALLARD, F. J.; COPELAND, A. D. *et al.* New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, v. 79, p. 1454-1459, 1996.

SOUZA, E. C. Estudo químico e físico químico dos pigmentos do urucum (*Bixa orellana*) utilizando metodologia simplificada de extração. 2000. 45p. Dissertação (Mestrado em ciências dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TEIXEIRA, L. V. *Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica do soro de queijos Minas padrão e mussarela produzidos em quatro regiões de Minas Gerais*. 2005. 42f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TEIXEIRA, L. V.; FONSECA, L. M. Perfil físico-químico do soro de queijos mozzarella e minas-padrão produzidos em várias regiões do estado de Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, n. 1, p. 243-250, 2008.

USDA (United States Department of Agriculture). *Dairy: World markets and trade*. Disponível em: [http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2008/DairyCir\\_Final\\_Dec08\\_PSD.pdf](http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2008/DairyCir_Final_Dec08_PSD.pdf). Acesso em julho de 2009.

VAN DE VOORT, F. R.; SEDMAN, J.; EMO, G. *et al.* Assessment of Fourier transform infrared analysis of milk. *Journal of AOAC International*, v. 75, p. 780-785, 1992a.

VAN DE VOORT, F. R. Fourier transform infrared spectroscopy applied to food analysis. *Food Research International*, v. 25, p. 397-403, 1992b.

VIEIRA, P. Secagem: uma alternativa rentável. *Revista Leite e Derivados*, n. 49, p. 46-55, 1999.

VILELA, D.; BRESSAN, M.; CUNHA, A. S. *Cadeia de lácteos no Brasil: restrições ao seu desenvolvimento*. Juiz de Fora: Templo Gráfica e Editora, 483 p., 2001.

WEHLING, R. L. Introduction to the chemical analysis of foods. S. Suzanne Nielsen. 1994.

WOLBER, F. M.; BROOMFIELD, A. M.; FRAY, L. *et al.* Supplemental dietary whey protein concentrate reduces rotavirus-induced disease symptoms in suckling mice. *Journal of Nutrition*, v. 135, n. 6, p. 1470-1474, 2005.

WIT, J. N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p. 597-608, 1998.

WOLFSCHOON, A. F.; Furtado, M. M. Composição média dos soros de queijo prato e Minas. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, p. 21-23, 1977.

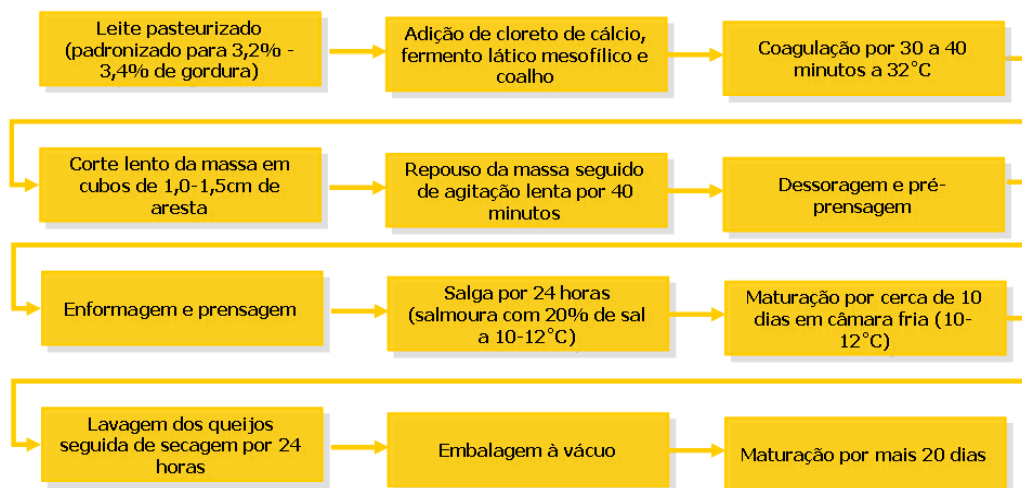
ZALL, R. R. Trends in whey fractionation and utilization, a global perspective. *Journal of Dairy Science*, v. 67, p. 2621-2629, 1984.



## 7. ANEXOS

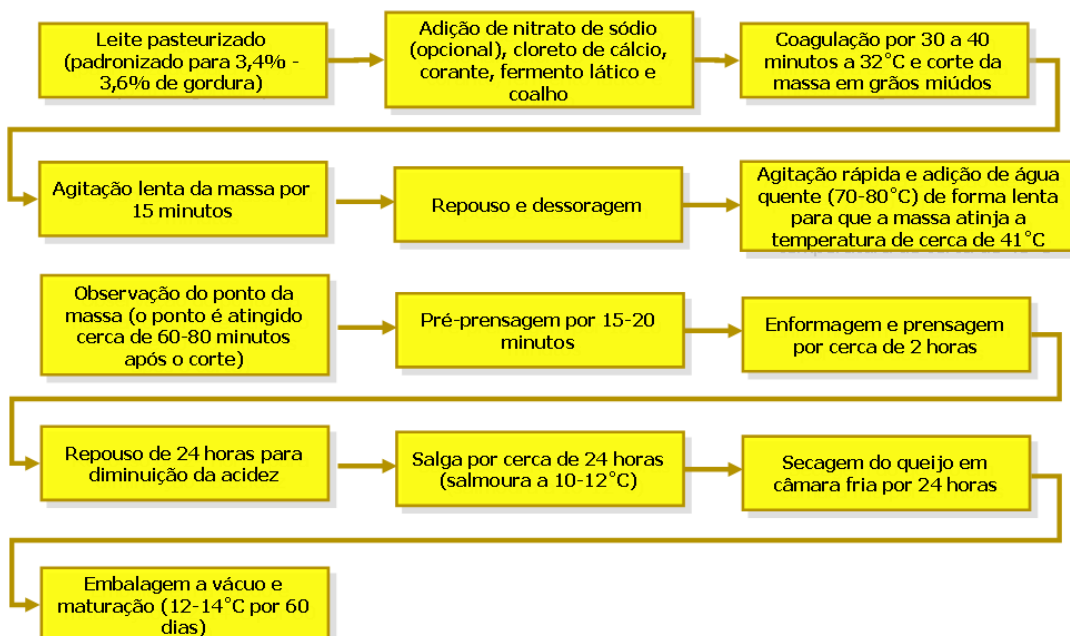
### 7.1 FLUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DO QUEIJO MINAS PADRÃO E PRATO

#### 7.1.1 Queijo Minas padrão



Fonte: adaptado de Furtado e Lourenço Neto, 1994

#### 7.1.2 Queijo prato



Fonte: adaptado de Furtado e Lourenço Neto, 1994

## 7.2 RESULTADOS DOS TEORES DE GORDURA E PROTEÍNA OBTIDOS PELO MÉTODO DA ESPECTROSCOPIA NO IV E PELA METODOLOGIA DE REFERÊNCIA.

### 7.2.1 Soro de queijo Minas padrão

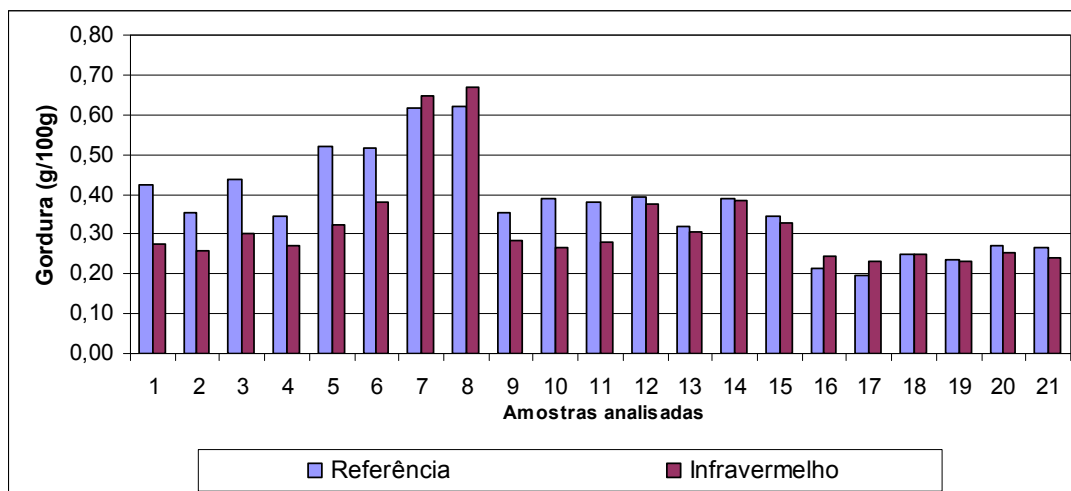


Figura 6. Teores de gordura obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV

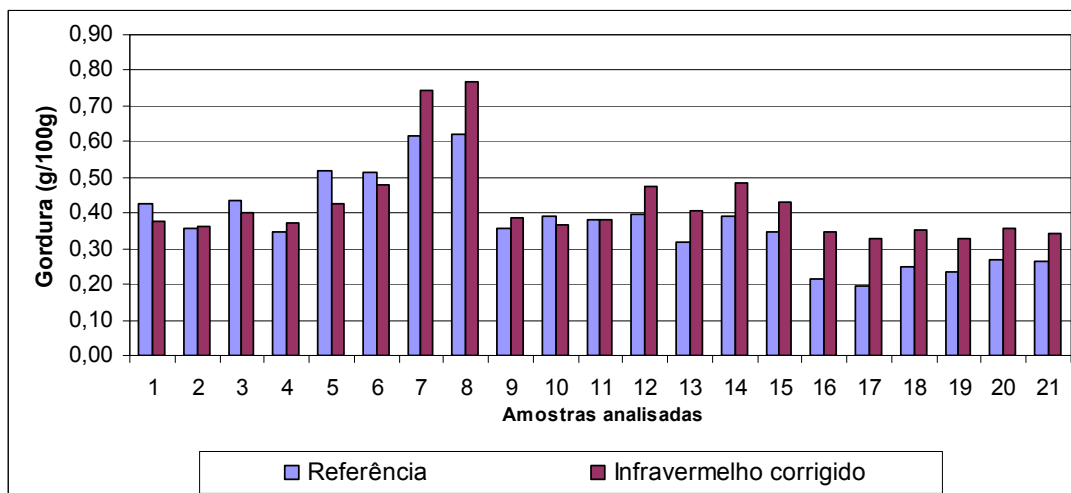


Figura 7. Teores de gordura obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência

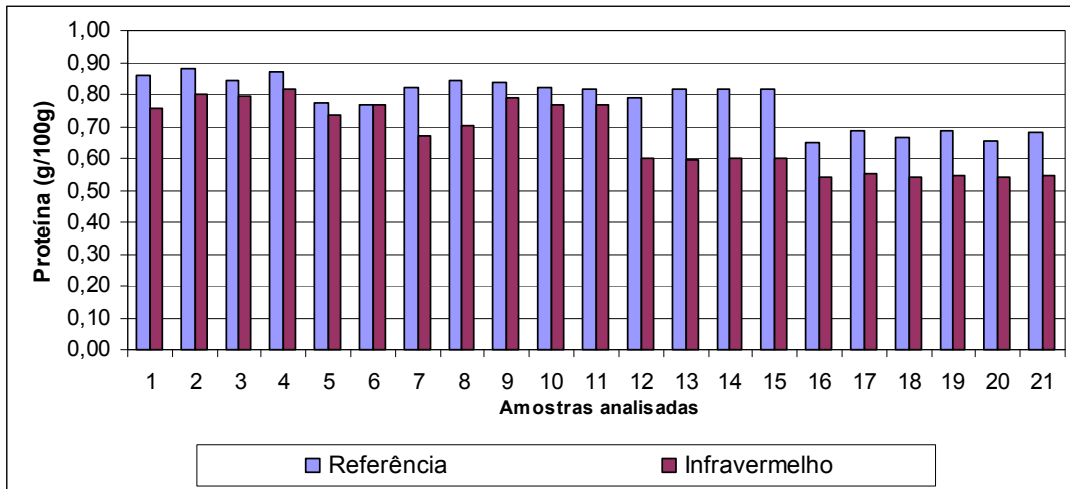


Figura 8. Teores de proteína obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV

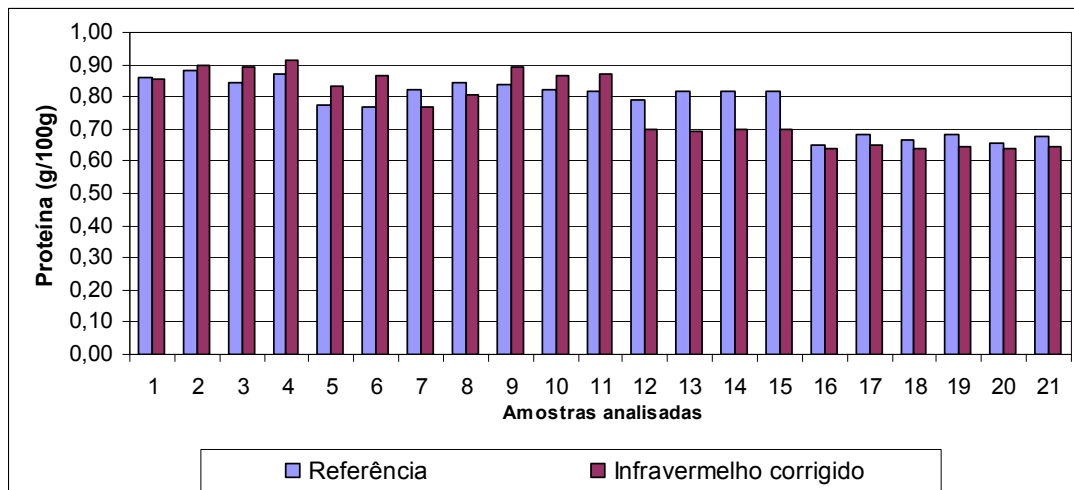


Figura 9. Teores de proteína obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência

### 7.2.2 Soro de queijo prato

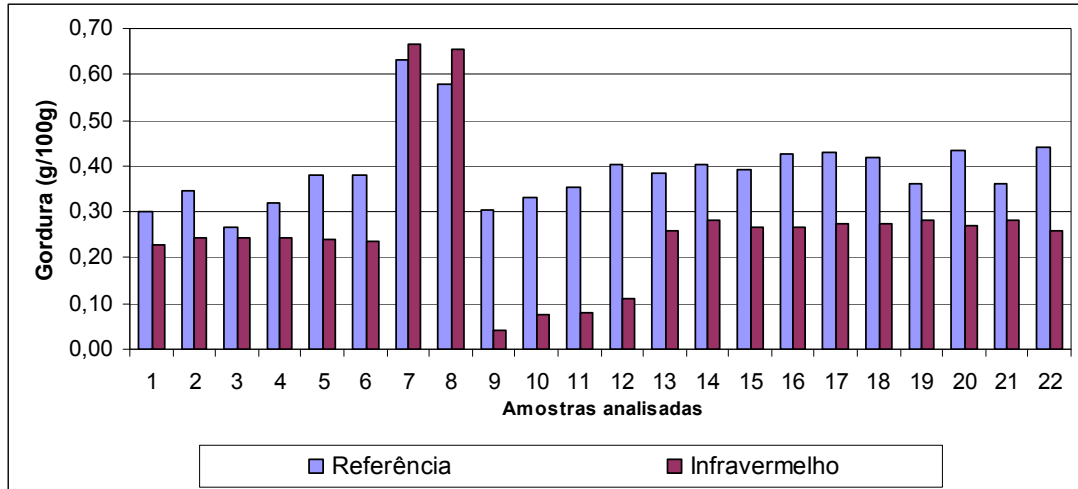


Figura 10. Teores de gordura obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV

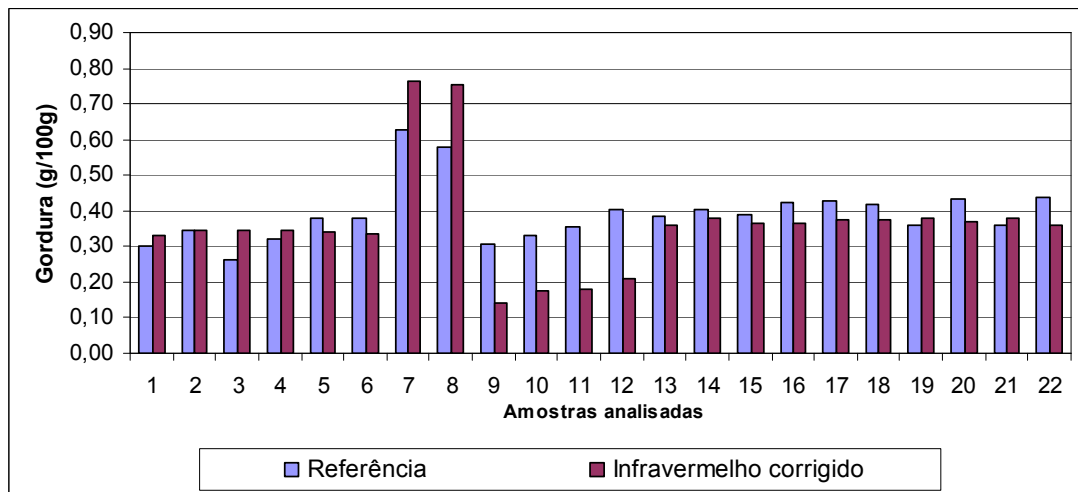


Figura 11. Teores de gordura obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência

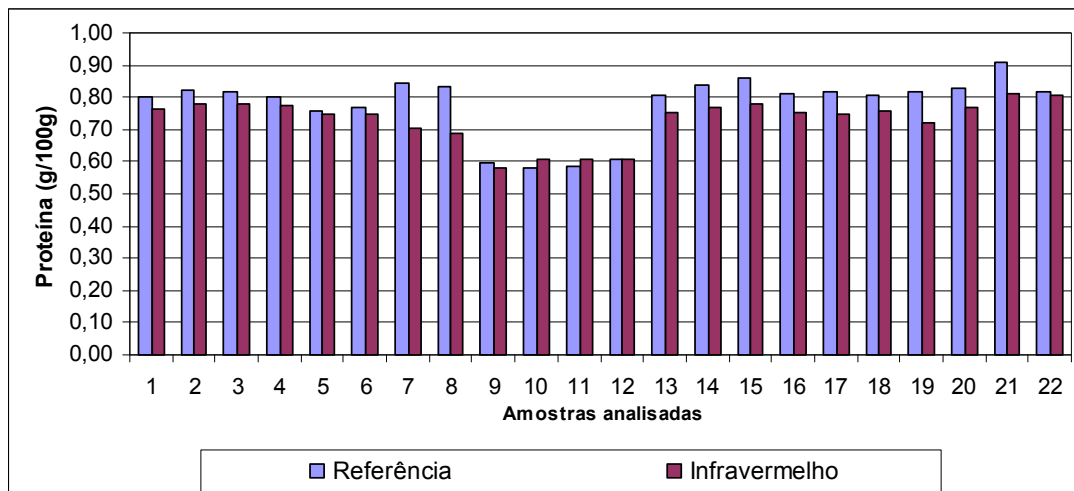


Figura 12. Teores de proteína obtidos pelos métodos de referência e pela espectroscopia no IV

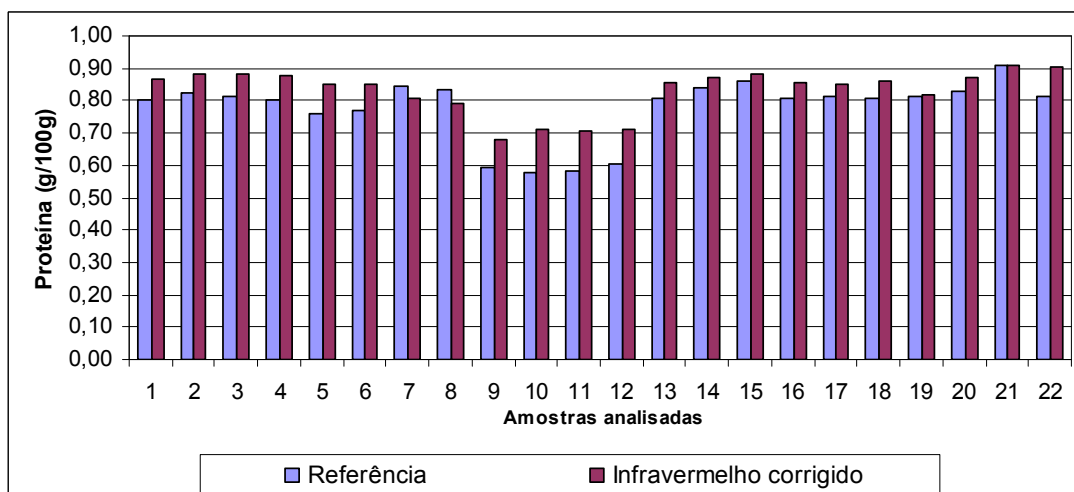


Figura 13. Teores de proteína obtidos pelo método IV corrigidos e pelo método de referência