



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**VALIDAÇÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO PARA LEITE DE CABRAS EM
EQUIPAMENTO CALIBRADO PARA LEITE DE VACAS**

LAÍS MARINHO DE MELO MARQUES DA SILVA

Zootecnista

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2016**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**VALIDAÇÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO PARA LEITE DE CABRAS EM
EQUIPAMENTO CALIBRADO PARA LEITE DE VACAS**

LAÍS MARINHO DE MELO MARQUES DA SILVA

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2016**

LAÍS MARINHO DE MELO MARQUES DA SILVA

**VALIDAÇÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO PARA LEITE DE CABRAS EM
EQUIPAMENTO CALIBRADO PARA LEITE DE VACAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Comitê de orientação:

Orientador: Prof. Dr. Severino Benone Paes Barbosa

Co-orientadores: Prof.^a Dr.^a Ângela Maria Vieira Batista

Prof.^a Dr.^a Elizabeth Sampaio de Medeiros

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2016**

Ficha catalográfica

S586v Silva, Laís Marinho de Melo Marques da
Validação do infravermelho médio para leite de cabras em
equipamento calibrado para leite de vacas / Laís Marinho de Melo
Marques da Silva. – Recife, 2016.
45 f. : il.

Orientador: Severino Benone Paes Barbosa.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Zootecnia, Recife, 2016.

Referencias.

1. Extrato seco desengordurado 2. Extrato seco total 3. Gordura
4. Método eletrônico 5. Método padrão 6. Proteína I. Barbosa,
Severino Benone Paes, orientador II. Título

CDD 636

LAÍS MARINHO DE MELO MARQUES DA SILVA

**VALIDAÇÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO PARA LEITE DE CABRAS EM
EQUIPAMENTO CALIBRADO PARA LEITE DE VACAS**

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 26 de fevereiro de 2016.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Universidade Federal da Paraíba
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Severino Benone Paes Barbosa
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

RECIFE-PE
FEVEREIRO-2016

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo em minha vida.

À minha mãe, Maria Jaudete Marinho, por tudo o que fez e continua fazendo por mim; pela educação que me foi concedida e por mostrar que a vida não seria fácil, mas que ela sempre estaria ao meu lado.

Agradeço imensamente ao meu marido, André Marques da Silva, por toda a ajuda que me foi dada, pelo incentivo, pela paciência e por estar ao meu lado me aconselhando nos momentos difíceis dessa jornada. Ele sabe o quanto foi importante.

À minha grande amiga Yasmin Vieira, por todas as conversas tranquilizantes e motivadoras.

Aos meus amigos de Mestrado Gabriel Miranda e Josyone Belarmino, pelas conversas produtivas e por me proporcionarem boas risadas.

À Rafaela Falcão, Bruna Lucena, Caíque Gomes, Anidene Christina e ao técnico Carlos, por toda a ajuda durante o experimento.

O meu sincero obrigada à Déborah Guedes, por toda a sua colaboração neste trabalho, pela paciência e boa vontade.

Ao pessoal do PROGENE e principalmente à Ricardson Barboza, pelo auxílio e à Viviane Lima, por ser sempre simpática e pelo sincero Bom Dia.

Ao Seu Manoelito, pela hospitalidade em sua propriedade e aos trabalhadores dos Laticínios Grupiara- PB e Laticínio Ipojuca- PE, pela boa vontade em auxiliar.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco por todo ensinamento e engrandecimento, tanto pessoal quanto profissional.

Ao Prof. Severino Benone Paes Barbosa, Profa. Ângela Maria Vieira Batista e Profa. Elizabeth Sampaio de Medeiros, pela orientação.

Aos avaliadores Adriana Guim e Ariosvaldo Nunes de Medeiros, pelas considerações.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, fizeram parte da minha jornada no Mestrado.

Grata a todos vocês!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Laís Marinho de Melo Marques da Silva, filha de Maria Jaudete Marinho de Melo e José Eduardo Custódio de Melo, nasceu em 03 de maio de 1989. No ano de 2008, entrou para o curso de Graduação em Zootecnia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, finalizando o curso em 2013. Durante o curso, realizou atividades como monitora das disciplinas Nutrição de Não-Ruminantes e Zoologia e Parasitologia Zootécnica, em 2011 e 2012, respectivamente. Foi bolsista pelo CNPq de iniciação científica (PIBIC), no período de 2010 a 2011 e também bolsista pelo CNPq de iniciação tecnológica (PIBITI), durante o período de 2011 a 2012. Entrou para o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração Produção de Ruminantes, iniciando o curso em março de 2014 e finalizando em fevereiro de 2016, com a defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema do interferômetro de Michelson e do espectro obtido da aplicação da transformada de Fourier.....	12
Figura 2. Regressão linear dos dados de Proteína por metodologia tradicional e eletrônica.....	39
Figura 3. Regressão linear dos dados de Gordura por metodologia tradicional e eletrônica.....	39
Figura 4. Regressão linear dos dados de EST por metodologia tradicional e eletrônica.....	40
Figura 5. Regressão linear dos dados de ESD por metodologia tradicional e eletrônica.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição média dos nutrientes básicos do leite de cabra.....	18
Tabela 2. Número de observações (<i>n</i>), médias e desvios padrões (DP), valor mínimo e máximo das determinações de proteína, gordura, lactose, EST, ESD, ureia, caseína, ECS e LogCBI obtidas por método eletrônico por infravermelho médio.....	34
Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para os parâmetros Proteína, Gordura, EST e ESD.....	36
Tabela 4. Médias e desvios padrões das determinações de Proteína, Gordura e EST, obtidas através da metodologia de referência e método eletrônico por infravermelho médio.....	36

SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
Capítulo 1 – Revisão Bibliográfica.....	10
2. Espectroscopia por infravermelho médio.....	11
3. Qualidade do leite de cabra.....	13
3.1.Contagem de células somáticas no leite de cabra.....	15
3.2.Contagem bacteriana total no leite de cabra.....	16
4. Principais componentes do leite de cabra.....	17
5. Referências bibliográficas.....	21
Capítulo 2 - Validação do infravermelho médio para leite de cabras em equipamento calibrado para leite de vaca.....	27
Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução.....	30
Material e métodos.....	31
Resultados e discussão.....	34
Conclusão.....	41
Agradecimentos.....	41
Referências bibliográficas.....	41

1. INTRODUÇÃO

A caprinocultura caracteriza-se como uma atividade que não exige muitos investimentos ou seu desenvolvimento em grandes áreas. Esta atividade possui um importante papel social, por contribuir na nutrição das populações de baixa renda, fornecendo proteína, cálcio, vitaminas e energia devido ao suprimento de carne e leite, além da geração de emprego e contribuição para aumentar a renda de pequenos produtores (HAENLEIN, 2001; HOLANDA JÚNIOR et al., 2008; SILVA et al., 2012;).

O leite de cabra é um alimento de alto valor nutricional, constituído de ácidos graxos essenciais e proteínas de alto valor biológico, além de ser rico em vitamina D, cálcio e fósforo. É recomendado por muitos profissionais da área de saúde devido às suas características de hipoalergenicidade e digestibilidade, sendo importante na alimentação de crianças e convalescentes (HAENLEIN, 2004; SAMPAIO et al., 2009).

O Brasil possui produção média anual de leite de cabra, no período de 2008 a 2013, de 147.000 toneladas, sendo o maior produtor da América do Sul (FAOSTAT, 2015). Dados do IBGE indicam que 91,4% do rebanho caprino está localizado na região Nordeste, tendo o estado da Bahia uma participação de 28,0%, seguido pelos estados de Pernambuco com 22,5%, Piauí com 14,1% e Ceará com 11,7% (IBGE, 2013). No entanto, apesar da caprinocultura leiteira ser muito praticada por agricultores familiares da região nordestina, esta atividade ainda necessita de melhorias para impulsionar o desenvolvimento desta região (CHAPAVAL et al., 2008).

A qualidade do leite está relacionada com sua composição e as condições sanitárias em que foi produzido e, com relação aos parâmetros de rendimento (teor de gordura e sólidos totais), estes vêm se tornando base para pagamento pelas indústrias de laticínios (CABRAL et al., 2013; DUTRA et al., 2014).

Com o avanço da pecuária leiteira no Brasil e criação de programas de pagamento do leite pela qualidade, houve a necessidade de implantação de técnicas modernas e rápidas de análise do leite, tendo em vista que os métodos de referência para a análise da composição físico-química do leite são laboriosos e demandam mais tempo para a obtenção dos resultados.

A Rede Brasileira de Laboratórios para o Controle da Qualidade do Leite (RBQL), criada para dar suporte analítico aos regulamentos técnicos de qualidade publicados pelo Ministério da Agricultura (MAPA), é composta por laboratórios que contam com

equipamentos eletrônicos que utilizam metodologia do infravermelho para análise da composição como gordura, proteína, lactose e sólidos totais (SILVEIRA et al., 2004) e citometria de fluxo para contagem de células somáticas e contagem bacteriana total do leite cru. A espectroscopia do infravermelho médio é uma técnica já muito utilizada na análise de leite e possui as vantagens de ser um método analítico rápido, de baixo custo e não gerar resíduos danosos ao ambiente (HELPER et al., 2006; FERRAND-CALMELS et al., 2014). Segundo Van de Voort e Ismail (1991), a espectroscopia de infravermelho configura-se como uma técnica secundária e requer calibração a partir de análises químicas de referência.

O leite de cabra é muitas vezes analisado em equipamento calibrado com leite de vaca, devido a este último ter maior volume e rotina de análise mais intensa. No entanto, o leite dessas duas espécies difere com relação ao sistema secretor e em algumas características da composição (ZENG, 1996). Os glóbulos de gordura do leite caprino são menores e possui uma elevada quantidade de ácidos graxos de cadeia curta. O leite de cabra e de vaca também apresentam diferenças na composição da proteína e, com relação às frações da caseína, a presença da α_{s1} -caseína é muito variável no leite caprino (HAENLEIN, 2001). Devido a essas variações nos componentes principais, que são a gordura e a proteína, entre o leite dessas duas espécies, pode ser inadequado utilizar equipamento calibrado com padrões do leite de vaca para análise do leite de cabra, sob risco de obter resultados que não representem bem a realidade da composição do leite (ZENG, 1996; GRAPPIN E JEUNET, 1979).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo validar o uso do infravermelho médio, em equipamento calibrado com leite de vaca, para análise da proteína, gordura, extrato seco total e extrato seco desengordurado em leite de cabra.

CAPÍTULO 1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. ESPECTROSCOPIA POR INFRAVERMELHO MÉDIO

A espectroscopia por infravermelho se refere à medição da absorção de frequências diferentes da radiação infravermelha pelos alimentos ou outros sólidos, líquidos ou gases. Geralmente, a espectroscopia do infravermelho é compreendida entre os comprimentos de onda de 0,8-100 μm , podendo ser dividida em infravermelho próximo, que se refere ao número de ondas entre 0,8-2,5 μm , infravermelho médio, 2,5-15 μm e infravermelho distante, 15-100 μm . Os espectros nas regiões do infravermelho próximo e infravermelho médio são mais amplamente utilizadas nas análises quantitativas e qualitativas de alimentos, sendo que as absorções fundamentais são inicialmente observadas na região espectral do infravermelho médio (WEHLING, 2010).

Segundo Wilson (1990), a técnica de infravermelho médio possui boa resolução e permite analisar de forma mais fácil, não necessitando de análises estatísticas mais sofisticadas, como é normalmente necessária nas análises que utiliza o infravermelho próximo, embora tal método seja utilizado de forma mais vantajosa em análises de amostras com matrizes complexas.

A primeira descrição detalhada de um aparelho de espectroscopia IVM desenhado para a análise de leite foi publicada em 1964 (GOULDEN, 1964). Os aparelhos evoluíram nos anos subsequentes, incorporando muitas melhorias e modificações e, atualmente, o controle zootécnico dos rebanhos leiteiros e avaliação da qualidade do leite são atividades que utilizam análises em equipamentos eletrônicos realizados através dessa metodologia. Esses aparelhos fornecem rapidez e custo efetivo nas determinações do conteúdo de gordura, proteína e lactose do leite, bem como os sólidos totais e sólidos não gordurosos (BARBANO E CLARK, 1989). O princípio da análise do leite por IVM se baseia no fato de que diferentes grupos funcionais absorvem energia na região IVM em diferentes comprimentos de onda (KAYLEGIAN et al., 2006). Hoje em dia, os aparelhos de espectroscopia IVM são amplamente utilizados em diversos laboratórios para a medição dos principais componentes do leite de várias espécies (DE MARCHI et al., 2014).

A espectroscopia do infravermelho é considerada um método indireto, de modo que os equipamentos devem ser calibrados utilizando amostras com os valores de referência estabelecidos por métodos padrões (O'SULLIVAN et al., 1999). A utilização de um grande número de amostras para a calibração é um ponto importante, pois isto reduz a largura total do intervalo de confiança de 95%, tornando a estimativa mais precisa em torno da linha de regressão (KAYLEGIAN et al., 2006). Verifica-se, portanto, que

embora o método de infravermelho seja altamente avançado, sua eficácia é totalmente dependente de métodos analíticos clássicos (PAULINO, 2005).

Inicialmente, os equipamentos eram inteiramente baseados em filtros, mas equipamentos mais recentes empregam a tecnologia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) com a capacidade de usar informação espectral mais detalhada (LYNCH et al., 2006). Em instrumentos com FTIR, é coletado simultaneamente dados de alta resolução espectral em uma ampla gama espectral. Isso confere uma vantagem significativa sobre a espectroscopia dispersiva, na qual mede a intensidade sobre uma gama estreita de comprimentos de onda por vez. A utilização do interferômetro de Michelson tornou esta técnica mais rápida (WEHLING, 2010). Na Figura 1 pode ser visualizado um esquema do interferômetro de Michelson e do espectro resultante da aplicação FTIR.

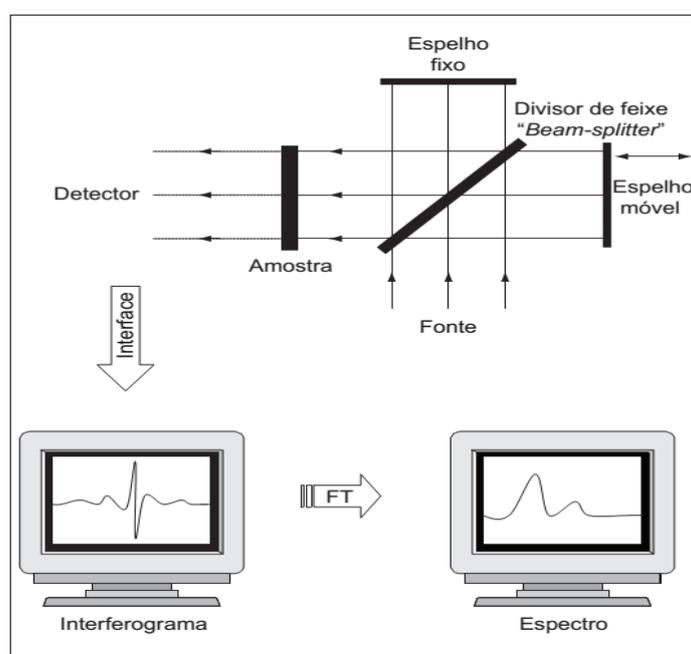


Figura 1. Esquema do interferômetro de Michelson e do espectro obtido da aplicação da transformada de Fourier.
Fonte: Helfer et al. (2006).

Basicamente, o interferômetro de Michelson consiste de dois espelhos, sendo 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 os outros 50% são refletidos para o espelho fixo. Os espelhos, portanto, refletem os dois feixes para o divisor, onde são recombinados. Se os dois espelhos se encontram equidistantes do divisor, as amplitudes combinam-se construtivamente. Se o espelho móvel se mover a uma distância de $\lambda/4$ do divisor, as

amplitudes combinam-se destrutivamente. Para a radiação no infravermelho, denominada policromática, a soma de todas essas interações (construtivas e destrutivas) para cada componente resulta em um sinal complexo denominado interferograma. A transformada de Fourier é aplicada logo após a aquisição do interferograma, convertendo os dados obtidos no interferômetro em um espectro que relaciona a intensidade *versus* frequência (HELFER et al., 2006).

Pelo fato de todos os comprimentos de onda serem medidos ao mesmo tempo, os instrumentos com FTIR adquirem os espectros mais rapidamente com uma boa relação sinal-ruído se comparado com instrumentos dispersivos (WEHLING, 2010). Dessa forma, fica evidente que a aplicação da transformada de Fourier no infravermelho médio trouxe uma melhoria considerável na performance instrumental (WILSON, 1990).

3. QUALIDADE DO LEITE DE CABRA

A expansão da oferta de alimentos e o aumento da demanda de consumidores mais exigentes com relação à segurança alimentar têm impulsionado investimentos em pesquisas e implementação de programas de garantia de qualidade para aumentar a competitividade do mercado, a confiabilidade e a segurança dos produtos (RODRIGUES et al., 2012). Segundo García et al. (2014) a qualidade do leite de cabra pode ser definida como “o seu potencial em tolerar diferentes tratamentos tecnológicos a fim de se obter um produto que satisfaça a demanda dos consumidores em termos de saúde, valores nutricionais, segurança e atributos sensoriais”.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com o objetivo de regulamentar o setor produtivo do leite de cabra no Brasil, aprovou a Instrução Normativa N° 37, de 31 de outubro de 2000 (IN 37), que regulamenta as condições de produção, identidade e qualidade do leite de cabra.

Os critérios de avaliação da qualidade do leite estão relacionados com os fatores nutricionais, sanitários, tecnológicos e sensoriais. Estes critérios, que dependem de uma série de fatores e suas interações, estão estreitamente relacionados com os principais componentes do leite (gordura, proteína e lactose) e com os microcomponentes, minerais, vitaminas e colesterol (MORAND-FEHR et al., 2007). No entanto, apesar de muito se falar em qualidade referindo-se aos parâmetros de rendimento do leite (gordura, proteína e teor de sólidos) devido a estes apresentarem um maior interesse pelas indústrias para fabricação de produtos lácteos (PIRISI et al., 2007), as condutas higiênicas anteriores a

sua extração e durante o transporte são fundamentais quando se trata da qualidade (RODRIGUES et al., 2013).

A preferência de certos consumidores pelo leite de cabra está relacionada a sua qualidade nutricional, pelo fato deste ser um alimento de grande digestibilidade e alto valor biológico. No entanto, ainda se faz necessária maior disseminação dos benefícios que o leite caprino pode trazer para a saúde humana. Correia e Borges (2009), ao realizar pesquisa para avaliar o consumo de leite caprino e seus derivados na cidade de Natal-RN, verificaram que a maioria dos entrevistados tinha pouco (36,6%) ou nenhum conhecimento (26,8%) sobre as propriedades nutricionais do leite de cabra, enquanto 22,2% tinha algum conhecimento e apenas 14,4% possuía bom conhecimento.

Uma vez que o leite sai da glândula mamária, não se pode melhorar a sua qualidade, mas certos procedimentos tornam-se importantes para assegurar um produto nutritivo e saboroso ao consumidor, como o controle das condições de produção, a conservação e o transporte do leite *in natura*, até o recebimento pelas indústrias (DÜRR, 2004). No entanto, devido ao perfil socioeconômico da maioria dos pequenos produtores de leite no Brasil, que trabalham em condições adversas às exigidas pela legislação, ainda há problemas relacionados à qualidade do leite *in natura* recebido pelas indústrias no Brasil (DÜRR, 2004).

Fatores genéticos, climáticos, fisiológicos e nutricionais estão entre os principais aspectos que afetam as propriedades e as características físico químicas do leite, influenciando diretamente a qualidade do mesmo (COSTA et al., 2009). Essas informações das características físico químicas do leite são essenciais para alavancar o desenvolvimento das indústrias, assim como para a comercialização dos produtos lácteos caprinos (PARK et al., 2007).

A prática do pagamento do leite por qualidade, hoje em dia já utilizada pelas indústrias, principalmente após a criação do Plano Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite (PNQL), é de suma importância, pois incentiva a competitividade dos produtores lácteos através de melhorias na qualidade do leite.

Dessa forma, mesmo tendo consciência dos entraves que o setor lácteo caprino ainda enfrenta no Brasil, principalmente na região Nordeste, é evidente que para melhorar a qualidade do leite faz-se necessário que o produtor seja incentivado, através de políticas públicas, a adotar práticas adequadas de manejo e higiene de ordenha, resultando em uma melhor qualidade e agregando valor à matéria prima (CHAPAVAL et al., 2008).

3.1. CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS NO LEITE DE CABRA

A qualidade do leite também é avaliada através da contagem de células somáticas (CCS), uma vez que este parâmetro é amplamente utilizado pelas indústrias leiteiras para monitorar a saúde do rebanho (HAENLEIN, 2002) e servir de base para pagamento ao produtor que comercializa o leite de cabra com baixa CCS. No entanto, a IN 37, que regulamenta as condições de produção e qualidade do leite de cabra, não define os limites de CCS no leite caprino (BRASIL, 2000).

Em estudo realizado por Vilanova et al. (2008), foram observados níveis de CCS no leite de cabra de 1×10^4 a $6,1 \times 10^6$ e Correa et al. (2010) observaram níveis de $2,3 \times 10^4$ a $9,9 \times 10^6$.

As células somáticas compreendem diferentes elementos celulares que estão normalmente presentes no leite, que são células de defesa do organismo e células epiteliais de descamação (ANDRADE et al., 2001). Um dos principais fatores que provocam o aumento na contagem de células somáticas é a mastite, um problema que afeta a integridade do leite e causa grandes prejuízos na produção. Esta enfermidade é causada pela inflamação da glândula mamária provocada geralmente por microrganismos, causando alterações na composição do leite e reduzindo a produção (LANGONI, et al., 2006). A mastite pode apresentar-se sem sinais clínicos (forma subclínica) ou apresentar anormalidades visíveis (forma clínica), onde os animais apresentam sinais evidentes da doença, como dor na glândula mamária, endurecimento, edema, aumento da temperatura, assim como alterações no leite, com presença de pus ou grumos (VILANOVA et al., 2008; CORREA et al., 2010). A mastite subclínica é de maior ocorrência nos rebanhos caprinos, sendo responsável pela redução do rendimento do leite e seus derivados por conta da deterioração da qualidade do leite nas glândulas infectadas (CHEN et al., 2010).

Alguns agentes etiológicos da mastite têm sido isolados no leite caprino, como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *E.coli* e *Pseudomonas* (RYAN E GREENWOOD, 1990).

A utilização do *Califórnia Mastitis Testis* (CMT) e a CCS devem ser utilizadas com cautela no diagnóstico de mastite em caprinos, tendo vários autores evidenciando baixa especificidade destes métodos na avaliação do leite de cabra, devido à grande presença de células epiteliais que, juntamente com os leucócitos, pode resultar em

interpretação errônea dos resultados (LANGONI et al., 2006; VILANOVA et al., 2008; SCHMIDT et al., 2009; CORREA et al., 2010).

Devido à secreção apócrina do leite de cabra, que resulta em grande descamação do epitélio glandular, a contagem de células somáticas apresenta-se em maior quantidade no leite caprino em comparação ao leite bovino (MADUREIRA et al., 2010). Por isso, nem sempre uma alta contagem de células somáticas no leite de cabra é um indicativo de mastite. Mesmo assim, a utilização da CCS ainda representa uma forma de detecção de mastite em caprinos, apesar de ainda não haver um limite legal de CCS para esta espécie (CORREA et al., 2010).

3.2 CONTAGEM BACTERIANA TOTAL NO LEITE DE CABRA

A qualidade do leite de cabra é definida também por suas características microbiológicas (SANTOS et al., 2012). Devido a sua composição química e física, o leite é um alimento delicado e facilmente perecível, o que o torna um excelente meio de cultura para o crescimento de um grande número de microrganismos (DÜRR, 2004; SAEKI E MATSUMOTO, 2010). Por conta disso, deve-se utilizar a máxima higiene na obtenção do leite e mantê-lo sob baixas temperaturas, desde a ordenha até seu beneficiamento, no intuito de garantir a qualidade da matéria-prima, no que se refere às suas características químicas, físicas, nutricionais e microbiológicas (BARROS et al., 2009).

Segundo o Regulamento Técnico N°. 37 do Ministério da Agricultura, o leite cru de cabra deve apresentar Contagem Padrão em Placas (CPP) de, no máximo, 500.000 UFC/mL e, ainda de acordo com este regulamento, o leite deverá ser mantido resfriado a uma temperatura igual ou inferior a 4°C em um período de até duas horas após a ordenha (BRASIL, 2000). A importância do resfriamento do leite na propriedade rural está no fato de que esse processo não permite que as bactérias contaminantes iniciais se reproduzam até o produto ser beneficiado (FONSECA et al., 2006). No entanto, deve-se considerar que a conservação do leite cru em temperaturas de refrigeração, por períodos prolongados, pode resultar em perda de qualidade do leite, associado ao crescimento de bactérias psicrófilas proteolíticas, que se desenvolvem sob baixas temperaturas (PINTO, 2006).

Em um estudo realizado por Aguiar et al. (2013), ao analisarem amostras de leite de cabra de 19 propriedades no município de Afonso Bezerra-RN, observaram valores de CBT variando de $1,4 \times 10^5$ a $2,7 \times 10^6$ UFC/mL.

As bactérias, principais microrganismos envolvidos na contaminação do leite, podem ser classificadas em três categorias de acordo com a faixa de temperatura ótima de multiplicação: psicrófilas (0°C a 15°C), mesófilas (20°C a 40°C) e termófilas (44°C a 55°C). As bactérias mesófilas são de maior predominância em situações em que há falta de higiene durante a obtenção do leite (MENDES et al., 2009), sendo este grupo de bactérias importante por abranger microrganismos patogênicos e que causam alterações na matéria prima (TEIXEIRA et al., 2000). Bactérias como *Lactobacillus*, *Streptococos*, *Lactococos* e algumas enterobactérias atuam na fermentação, produzindo ácido lático e gerando a acidez do leite (MENDES et al., 2009).

A composição do leite caprino pode ser alterada se procedimentos inadequados forem empregados durante o processamento, tornando-o um produto fora dos padrões de qualidade exigidos pela legislação. Em contrapartida, proporcionar a melhoria da qualidade do leite e seus derivados torna-se uma forma de impulsionar a sua aceitação pelo mercado consumidor, além de promover o fortalecimento da caprinocultura leiteira (COSTA et al., 2007).

4. PRINCIPAIS COMPONENTES DO LEITE DE CABRA

As informações sobre a composição, bem como suas características físico-químicas do leite de cabra são de fundamental importância para alavancar o desenvolvimento das indústrias de leite caprino, sendo o leite desta espécie rico em proteínas, gordura, lactose, vitaminas e sais minerais, possuindo certas características que o diferenciam do leite bovino (PARK et al., 2007; CORREIA E BORGES, 2009). Na Tabela 1 podem ser visualizados os componentes básicos do leite caprino, de acordo com Park et al. (2007).

Os sólidos totais, composto por todos os sólidos do leite menos a água, é a fração responsável pelo rendimento dos produtos lácteos, sendo a gordura e a proteína os componentes considerados mais importantes para as indústrias (LUINGE et al., 1993).

Os fatores que interferem na composição do leite de cabra são raça, alimentação dos animais, período de lactação, estação do ano, idade do animal assim como sua fisiologia (COSTA et al., 2007; ABBAS et al., 2014).

Tabela 1. Composição média dos nutrientes básicos do leite de cabra.

Composição	Leite de cabra
Gordura (%)	3,8
Extrato seco desengordurado (%)	8,9
Lactose (%)	4,1
Proteína (%)	3,4
Caseína (%)	2,4
Albumina, globulina (%)	0,6
N não-protéico (%)	0,4
Cinzas (%)	0,8
Calorias/100 ml	70

Adaptado de Park et al. (2007).

Segundo a IN 37, o leite de cabra é definido como “o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados.” Com relação às características físico-químicas, a porcentagem de gordura deverá ter seu teor original da espécie; a acidez, expressa em ácido láctico, de 0,11 a 0,18%; sólidos não gordurosos com um mínimo de 8,20; densidade (15°C) de 1,02-1,03; índice crioscópico de -0,550°H a 0,585; proteína total de no mínimo 2,8; lactose de no mínimo 4,3 e cinzas com um mínimo de 0,70 (BRASIL, 2000).

Três frações de nitrogênio distintas podem ser encontradas no leite: as caseínas, as proteínas do soro e o nitrogênio não proteico (NNP). O leite caprino possui maior quantidade de NNP e menor quantidade de caseína ao se comparar com o leite bovino, sendo este aspecto responsável pelo menor rendimento na fabricação de queijo e pela textura mais fraca do iogurte (PARK et al., 2007). A classificação das proteínas do leite caprino é semelhante ao leite bovino, porém se diferenciam em polimorfismos genéticos e sua frequência na população de cabras (HAENLEIN, 2004). Geralmente, os dois principais grupos de proteína do leite são as micelas de caseína e proteínas do soro. Os cinco principais tipos de proteínas no leite de cabra são β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, *k*-caseína, β -caseína e α_2 -caseína (JENNESS, 1980), sendo a proporção de *k*-caseína e β -caseína maiores no leite caprino em comparação ao leite de vaca (PARK et al., 2007). A caseína compõe a maior parte da proteína no leite (MONTALBANO et al., 2016). No entanto, o leite de cabra consiste de menor porcentagem de caseína, ao se

comparar com o leite bovino, sendo 71 a 78% e 75 a 85%, respectivamente (ZENG, 1996). A ocorrência da α_{S1} -caseína no leite de cabra é nula ou muito baixa, o que caracteriza o leite desta espécie como um alimento alternativo para as pessoas que têm alergia a esta fração da proteína no leite de vaca (COSTA et al., 2014).

A gordura é o constituinte do leite que mais sofre variações e isto pode estar relacionado com a alimentação, raça, estação do ano e período de lactação (MENDES et al., 2009). O conteúdo lipídico do leite de cabra é formado por glóbulos de gordura, onde a sua maioria é composta por tamanhos menores que 3,5 μm . No geral, a gordura do leite de cabra tem a mesma composição do leite de vaca, porém as proporções são diferentes. O leite de cabra é rico em ácidos graxos de cadeia curta (C4 a C12) que representam 23% do total de ácidos graxos. Existem quatro ácidos graxos mais abundantes no leite de cabra do que no leite de vaca: C₆, C₈, C₁₀, C₁₂ (PARK et al., 2007). A alta concentração de ácidos graxos de cadeia curta explica a melhor digestibilidade e o metabolismo lipídico mais eficiente, se comparado ao leite de vaca (JENNES, 1980; PARK, 1994). Os níveis de ácidos graxos cáprico (10,0%), caprílico (2,7%), capróico (2,4%) e láurico (5,9%) estão presentes em quantidades significativas no leite de cabra, sendo esses ácidos graxos responsáveis pelo característico sabor do queijo (PARK et al., 2007).

O leite de cabra não contém uma substância chamada aglutinina, presente nas membranas dos glóbulos de gordura do leite de vaca, fazendo com que a coagulação do leite caprino seja mais lenta (JENNESS E PARKASH, 1971; ZENG, 1996), conferindo ao queijo de leite de cabra uma consistência mais macia. Os lipídeos são tidos como os componentes mais importantes para as indústrias, devido a estes influenciarem no rendimento, textura, coloração e sabor dos produtos lácteos caprinos (MADUREIRA, 2011).

O açúcar do leite, lactose, é o principal carboidrato constituinte da matéria seca do leite de cabra (ABBAS et al., 2014), sendo este um nutriente valioso pois favorece a absorção intestinal de cálcio, magnésio e fósforo e a utilização de vitamina D (PARK et al., 2007). A lactose do leite de cabra pode variar durante o período de lactação (STRZALKOWSKA et al., 2009). Foi verificado que a percentagem mais alta de lactose foi detectada na primeira lactação, enquanto diminui na segunda, terceira e quarta lactação (BHOSALE et al., 2009). Dessa forma, Bhosale et al. (2009) indicaram que a lactação teve um efeito significativo no aumento de gordura, proteína, cinzas, sólidos totais, sólidos não gordurosos e viscosidade. Todos os componentes do leite aumentaram gradualmente da primeira à quarta lactação exceto a lactose e o pH. Mayer e Fiechter

(2012) reportaram que o leite de cabra contém uma média de 4,23% de lactose, obtidos a partir de seis raças de cabras leiteiras austríacas. Além do mais, o conteúdo de lactose presente no leite de cabra está entre 0,2 a 0,5% menor do que no leite de vaca (PARK et al., 2007).

O leite caprino geralmente possui mais Ca, P, K, Mg e Cl, enquanto tem menos Na e S em relação ao leite de vaca (PARK et al., 2007). Com relação aos níveis de vitaminas B₆ e B₁₂, o leite de cabra é ligeiramente inferior ao de vaca, mas isso não chega a apresentar um problema nutricional (ABBAS et al., 2014). O leite caprino é rico em vitamina A e este fato está relacionado com a cor branca que o leite de cabra apresenta, devido esta espécie converter todo o β -caroteno em vitamina A no leite (JOOYANDEH E ABEROUMAND, 2010).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, H. M.; HASSAN, F. A. M.; ABD EL-GAWAD, M. A. M.; ENAB, A. K. Physicochemical characteristics of goat's milk. **Life Science Journal**, v. 11, p. 307-317, 2014.

AGUIAR, V. M. P.; SOUZA, V.; BENEVIDES, S. D.; MORORÓ, A. M. Determinação da contagem de células somáticas, contagem bacteriana total e presença de *Staphylococcus* spp. em amostras de leite de cabra produzido no município de Afonso Bezerra-RN. In: VIII Congresso Nordeste de Produção Animal, 2013, Fortaleza-CE. p. 3.

ANDRADE, P. V. D.; SOUZA, M. R.; BORGES, I.; PENNA, C. F. A. M. Contagem de células somáticas em leite de cabra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 3, p. 396-400, 2001.

BARBANO D. M.; CLARK J. L. Infrared Milk Analysis: Challenges for the Future. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 6, p. 1627–1636, 1989.

BARROS, L. S. S.; SANTOS, C. S.; SÓGLIA, S. L. O.; FERREIRA, M. J.; RODRIGUES, M. J. Qualidade microbiológica e físico-química do leite de cabra. **Magistra**, v. 21, n. 3, p. 146-153, 2009.

BHOSALE, S. S.; KAHATE, P. A.; KAMBLE, K.; THAKARE, V. M.; GUBBAWAR, S. G. Effect of lactation on physico-chemical properties of local goat milk. **Veterinary World**, v. 21, n. 1, p. 17-19, 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite de cabra. Instrução Normativa 37 de 31 de outubro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 8 de novembro de 2000.

CABRAL, J. F.; SILVA, M. A. P.; BRASIL, R. B.; CARVALHO, T. S.; GIOVANNINI, C. I.; NICOLAU, E. S. Efeito de diferentes métodos de coleta sobre os resultados de análise do leite in natura. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, n. 394, p. 40-44, 2013.

CHAPAVAL, L.; OLIVEIRA, A. A. F.; SOUSA, F. G. C.; RÊGO, J. P. A. Avaliação físico-química de leite de cabra produzido em comunidades de base familiar da Região Norte do Estado do Ceará. In: V Congresso Nordeste de Produção Animal, 2008. Aracajú-SE. p. 3.

CHEN, S. X.; WANG, J. Z.; VAN KESSEL, J. S.; REN, F. Z.; ZENG, S. S. Effect of somatic cell count in goat milk on yield, sensory quality, and fatty acid profile of semisoft cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 4, p. 1345-1354, 2010.

CORREIA, R. T. P.; BORGES, K. C. Posicionamento do consumidor frente ao consumo de leite de cabra e seus derivados na cidade de Natal-RN. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 36-43, 2009.

CORREA, C. M.; MICHAELSEN, R.; RIBEIRO, M. E. R.; PINTO, A. T.; ZANELA, M. B.; SCHMIDT, V. Composição do leite e diagnóstico de mastite em caprinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 38, n. 3, p. 273-278, 2010.

COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; OLIVEIRA, C. J. B.; GUERRA, I. C. D. Características físico-químicas do leite de cabra comercializado no estado da Paraíba, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 2, p. 136-141, 2007.

COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 307-321, 2009.

COSTA, W. K. A.; SOUZA, E. L.; BELTRÃO-FILHO, E. M.; VASCONCELOS, G. K. V.; SANTI-GADELHA, T.; GADELHA, C. A. A.; FRANCO, O. L.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MAGNANI, M. Comparative protein composition analysis of goat milk produced by the Alpine and Saanen Breeds in Northeastern Brazil and related antibacterial activities. **PLOS One**, v. 9, n. 3, e93361, 2014.

DE MARCHI, M.; TOFFANIN, V.; CASSANDRO, M.; PENASA, M. Invited review: Mid-infrared spectroscopy as phenotyping tool for milk traits. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n.3, p. 1171–1186, 2014.

DÜRR, J. W. Programa nacional de melhoria da qualidade do leite: uma oportunidade única. In: DURR, J. W.; CARVALHO, M. P.; SANTOS, M V (Eds.). **O compromisso com a qualidade do leite**, Passo Fundo: UPF, 2004. p. 38-55.

DUTRA, C. M. C.; SVIERK, B.; RIBEIRO, M. E. R.; PINTO, A. T.; ZANELA, M. B.; SCHMIDT, V. Parâmetros de qualidade do leite de cabra armazenado sob frio. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 1, p. 36-42, 2014.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production/Livestock. Milk, whole fresh goat. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QL/E>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

FERRAND-CALMELS, M.; PALHIÈRE, I.; BROCHARD, M.; LERAY, O.; ASTRUC, J. M.; AUREL, M. R.; BARBEY, S.; BOUVIER, S.; BRUNSCHWIG, P.; CAILLAT, H.; DOUGUET, M.; FAUCON-LAHALLE, F.; GELÉ, M.; THOMAS, G.; TROMMENSCHLAGER, J. M.; LARROQUE, H. Prediction of fatty acid profiles in cow, ewe, and goat milk by mid-infrared spectrometry. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 17-35, 2014.

FONSECA, C. R.; PORTO, E.; DIAS, C. T. S.; SUSIN, I. Qualidade do leite de cabra in natura e do produto pasteurizado armazenados por diferentes períodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n. 4, p. 944-949, 2006.

GARCÍA, V.; ROVIRA, S.; BOUTOIAL, K.; LÓPEZ, M. B. Improvements in goat milk quality: A review. **Small Ruminant Research**, v. 121, n. 1, p. 51-57, 2014.

- GOULDEN, J. D. S. Analysis of milk by infra-red absorption. **Journal of Dairy Research**, v. 31, n.3, p. 273–284, 1964.
- GRAPPIN, R.; JEUNET, R. Méthodes de routine pour le dosage de la matière grasse et des protéines du lait de chèvre. **Le Lait**, v. 59, n. 587, p. 345-360, 1979.
- LANGONI, H.; DOMINGUES, P. F.; BALDINI, S. Mastite caprina: seus agentes e sensibilidade frente a antimicrobianos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 1, p. 51-54, 2006.
- HAENLEIN, G. F. W. Past, presente and future perspectives of small ruminant dairy research. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 9, p. 2097-2115, 2001.
- HAENLEIN, G. F. W. Relationship of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity, **Small Ruminant Research**, v. 45, n. 2, p.163-178, 2002.
- HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, n. 2, p. 155-163, 2004.
- HELPER, G. A.; FERRÃO, M. F.; FERREIRA, C. V.; HERMES, N. Aplicação de métodos de análise multivariada no controle qualitativo de essências alimentícias empregando espectroscopia no infravermelho médio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 779-786, 2006.
- HOLANDA JUNIOR, E. V.; MEDEIROS, H. R.; DAL MONTE, H. L. B.; COSTA, R. G.; PIMENTA FILHO, E. C. Custo de produção de leite de cabra na região Nordeste. *In*: ZOOTEC, 2008, João Pessoa-PB. p 13.
- IBGE-**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 1-108, 2013.
- JENNES, R.; PARKASH, S. Lack of a fat globule clustering agent in goat' milk. **Journal of Dairy Science**, v. 54, n. 1, p.123-126, 1971.
- JENNES, R. Composition and characteristics of goat milk: Review 1968-1979. **Journal of Dairy Science**, v.63, n. 10, p. 1605-1630, 1980.
- JOOYANDEH, H.; ABEROUMAND, A. Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy products aspects of goat and sheep milks. **World Applied Sciences Journal**, v. 11, n. 11, p. 1316-1322, 2010.
- KAYLEGIAN, K. E.; HOUGHTON, G. E.; LYNCH, J. M.; FLEMING, J. R.; BARBANO, D. M. Calibration of infrared milk analyzers: modified milk versus producer milk. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 8, p. 2817-2832, 2006.
- LUINGE, H. J.; HOP, E.; LUTZ, E. T. G. Determination of the fat, protein and lactose content of milk using Fourier transform infrared spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, v. 284, n. 2, p. 419-433, 1993.

LYNCH J. M.; BARBANO D. M.; SCHWEISTHAL M.; FLEMING J. R. Precalibration evaluation procedures for mid-infrared milk analyzers. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 7, p. 2761–2774, 2006.

MADUREIRA, K. M.; GOMES, V.; CASTRO, R. S.; KITAMURA, S. S.; ARAÚJO, W. P. Análise das metodologias diretas e indiretas para a contagem de células somáticas no leite de cabras híbridas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 311-316, 2010.

MADUREIRA, P. M. Caracterização do perfil de ácidos graxos em leite de cabra por diferentes métodos de extração de gordura ou por metilação direta. 2011. 54 f. Dissertação- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2011.

MAYER, H. K.; FIECHTER, G. Physicochemical characteristics of goat's milk in Austria-seasonal variations and differences between six breeds. **Dairy Science e Technology**, v. 92, n. 2, p. 167-177, 2012.

MENDES, C. G.; SILVA, J. B. A.; ABRANTES, M. R. Caracterização organoléptica, físico-química e microbiológica do leite de cabra: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 3, n. 1, p. 5-12, 2009.

MOHAND-FEHR, P.; FEDELE, V.; DECANDIA, M.; LE FRILEUX, Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n. 1-2, p. 20-34, 2007.

MONTALBANO, M.; SEGRETO, R.; DI GERLANDO, R.; MASTRANGELO, S.; SARDINA, M. T. Quantitative determination of casein genetic variants in goat milk: Application in Girgentana dairy goat breed. **Food Chemistry**, v. 192, p. 760-764, 2016.

O'SULLIVAN, A.; O'CONNOR, B.; KELLY, A.; MCGRATH, M. The use of chemical and infrared methods for analysis of milk and dairy products. **International Journal of Dairy Technology**, v. 52, n. 4, p. 139-148, 1999.

PARK, Y. W. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. **Small Ruminant Research**, v.14, n. 2, p.151-159, 1994.

PARK, Y. W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G. F. W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n.1-2, p.88-113, 2007.

PAULINO, P. V. R. Determinação de proteína bruta dos alimentos na região do infravermelho proximal (NIRS). In: LOPES, D. C.; SANTANA, M. C. A. (Eds.) **Determinação de proteína em alimentos para animais: métodos químicos e físicos**. Viçosa: UFV, 2005. p.21-31.

PINTO, C. L. O.; MARTINS, M. L.; VANETTI, M. C. D. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 645-651, 2006.

PIRISI, A.; LAURET, A.; DUBEUF, J. P. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. **Small Ruminant Research**, v.68, n.1-2, p.167-178. 2007.

RODRIGUES, N. P. A.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGA, R. C. R. E.; AZEVEDO, P. S.; GEBREYES, W. A.; OLIVEIRA, C. J. B. Milk adulteration: detection of bovine milk in bulk goat milk produced by smallholders in Northeastern Brazil by a duplex PCR assay. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, p. 2749-2752, 2012.

RODRIGUES, E.; CASTAGNA, A. A.; DIAS, M. T.; ARONOVICH, M. **Qualidade do leite e derivados: processos, processamento tecnológico e índices**. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 53 p.

RYAN, D. P.; GREENWOOD, P. L. Prevalence of udder bacteria in milk samples from four dairy goat herds. **Australian Veterinary Journal**, v. 67, n. 10, p. 362-363, 1990.

SAEKI, E. K.; MATSUMOTO, L. S. Contagem de mesófilos e psicrotóxicos em amostras de leite pasteurizado e UHT. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n. 377, p. 29-35, 2010.

SANTOS, D. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, E. N. A.; FALCÃO, L. V. Caracterização de leite caprino comercializado na região do vale do Jaguaribe, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 289-295, 2012.

SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y.; LIMA, C. R.; AIRES, A.; SAMPAIO, G. A economia da caprinocultura em Pernambuco: Problemas e Perspectivas. **Revista de Economia**, v. 35, n. 2, p. 137-159, 2009.

SCHIMIDT, V.; PINTO, A. T.; SCHNEIDER, R. N.; DA SILVA, F. F. P.; MELLO, F. A. Caracterização da mastite subclínica em caprinos produzidos em sistema orgânico no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 774-778, 2009.

SILVA, H. W.; GUIMARÃES, C. R. B.; OLIVEIRA, T. S. Aspectos da exploração da caprinocultura leiteira no Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 121-125, 2012.

SILVEIRA, T. M. L.; FONSECA, L. M.; CANÇADO, S. V.; FERRAZ, V. Comparação entre os métodos de referência e a análise eletrônica na determinação da composição do leite bovino. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 6, p. 782-787, 2004.

STRZALKOWSKA, N.; JOZWIK, A.; BAGNICKA, E.; KRZYZEWSKI, J.; HORBANCZUK, K.; PYZEL, B.; HORBANCZUK, J. O. Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. **Animal Science Papers and Reports**, v. 27, n. 4, p. 311-320, 2009.

TEIXEIRA, A. M.; MASSAGUER, P. R.; FERREIRA, E. C.; TOSELLO, R. M. Agilizando a contagem de bactérias em leite cru brasileiro. **Indústria de Laticínios**, v.4, n. 25, p.46-49, 2000.

VAN DE VOORT.; F. R.; ISMAIL, A. A. Proximate analysis of foods by mid-FTIR spectroscopy. **Trends in Food Science & Technology**, v.2, p. 13-17, 1991.

VILANOVA, M.; GONÇALVES, M.; OSÓRIO, M. T. M.; ESTEVES, R.; SCHMIDT, V. Aspectos sanitários do úbere e composição química do leite de cabras Saanen. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 36, n. 3, p. 235-240, 2008.

WEHLING, R. L. Infrared Spectroscopy. In: NIELSEN, S. S. (Ed.). **Food analysis**. USA: West Lafayette, 2010. p. 407-420.

WILSON, R. H. Fourier transform mid-infrared spectroscopy for food analysis. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 9, n. 4, p. 127-131, 1990.

ZENG, S. S. Comparison of goat milk standards with cow milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. **Small Ruminat Research**, v. 21, n. 3, p. 221-225, 1996.

CAPÍTULO 2
VALIDAÇÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO PARA LEITE DE CABRAS
EM EQUIPAMENTO CALIBRADO PARA LEITE DE VACAS

VALIDAÇÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO PARA LEITE DE CABRAS EM EQUIPAMENTO CALIBRADO PARA LEITE DE VACAS

Resumo

O presente estudo teve como objetivo validar o uso de equipamento eletrônico baseado no infravermelho médio calibrado com leite de vaca, para análise dos parâmetros proteína, gordura, extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD) do leite de cabra. Foram coletadas 95 amostras de leite de cabra cru de dois laticínios distintos, onde os componentes proteína, gordura, EST e ESD foram analisados sob o método padrão e o eletrônico. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e realizadas análises de correlação e regressão, sendo o método padrão considerado como variável dependente e o método eletrônico como variável independente. Os resultados obtidos demonstraram que não houve diferença significativa entre as médias dos dois tratamentos na análise de gordura, EST e ESD ($P > 0,01$). Porém, houve diferença significativa na análise de proteína entre os dois métodos ($P < 0,01$). Foi verificada correlação alta, positiva e significativa ($P < 0,0001$) entre os dois métodos para proteína, gordura, EST e ESD. Após a análise de regressão, foram obtidas equações para os diferentes parâmetros analisados, que demonstraram coeficiente de determinação alto. O valor do R^2 obtido para proteína, gordura, EST e ESD foram 0,8530, 0,8574, 0,9486 e 0,6679, respectivamente. Concluiu-se que a utilização do equipamento eletrônico calibrado com leite de vaca, pode ser utilizado na análise de gordura, EST e ESD do leite de cabra, havendo necessidade de uma equação de correção para a análise da proteína.

Palavras-chave: extrato seco desengordurado, extrato seco total, gordura, método eletrônico, método padrão, proteína

VALIDATION OF MID-INFRARED FOR GOAT MILK IN EQUIPMENT CALIBRATED FOR COW MILK

Abstract:

This study aimed to evaluate the use of electronic equipment based on mid-infrared calibrated with cow's milk, to analyze the protein, fat, total solids and non-fatty solids parameters from goat's milk. We have collected 95 samples of raw goat's milk from two different dairy shops, of which the protein, fat, total solids and non-fatty solids components were analyzed under standard and electronic method. The obtained data were submitted to variance analysis and further performed the correlation and regression analysis, being the standard method considered as dependent variable and the electronic method as independent variable. The results showed that there was no significant difference between the averages of the two treatments in the analysis of fat, total solids and non-fatty solids ($P > 0.01$). However, there was significant difference in protein analysis between both methods ($P < 0.01$). High, positive and significant correlation was found ($P < 0.0001$) between the two methods for protein, fat, total solids and non-fatty solids. After regression analysis, equations were obtained for the different parameters tested, which showed high coefficient of determination. The R^2 was 0.8530, 0.8574, 0.9486 and 0.6679 for protein, fat, total solids and non-fatty solids, respectively. Thus, the use of electronic equipment calibrated with cow's milk can be used in the analysis of fat, total solids and non-fatty solids from goat milk, although a correction equation for the analysis of protein is required.

Keywords: non-fatty solids, total solids, fat, electronic method, standard method, protein

INTRODUÇÃO

Atualmente, com o amplo desenvolvimento da indústria alimentícia, se faz necessário grande número de análises do material cru e do produto elaborado. Os métodos de análise química para a determinação dos principais componentes dos alimentos como gorduras, proteínas e carboidratos são laboriosos e caros, não sendo efetivos o suficiente para cobrir a demanda crescente e os baixos custos que a indústria necessita. Por conta disso, o uso da espectroscopia por infravermelho médio (IVM) se mostra altamente eficiente (WILSON E TAPP, 1999).

Dentro do campo da pesquisa de produtos lácteos e precisamente na análise do leite cru, a técnica de espectroscopia por infravermelho médio (IVM) revolucionou os procedimentos de análises, tanto qualitativas quanto quantitativas, determinando de forma simultânea a gordura, a proteína e os carboidratos em uma única amostra de forma rápida, ausência de reativos químicos e automação total do processo (WILSON E TAPP, 1999).

Atualmente, aparelhos com espectroscopia IVM são amplamente utilizados em diversos laboratórios para o monitoramento dos rebanhos leiteiros e testes de pagamento do leite por qualidade, fornecendo de forma rápida e custo efetivo as determinações de gordura, proteína e lactose (BARBANO E CLARK, 1989). Esses componentes do leite, principalmente a gordura e a proteína, são os elementos que mais interessam para as indústrias de laticínios, estando esses dois componentes estreitamente relacionados com o rendimento dos produtos lácteos (O'SULLIVAN et al., 1999).

A espectroscopia do infravermelho médio com Transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica mais avançada por utilizar a informação espectral mais detalhada, possuindo vantagens sobre a espectroscopia dispersiva. Particularmente, a análise do leite pela espectroscopia FTIR mostrou-se bastante acurada (VAN DE VOORT, 1992), apresentando alta capacidade na medição direta do conteúdo de caseína (HEWAVITHARANA E VAN BRAKEL, 1997; VAN DER VEN et al., 2002), proteína total (ETZION et al., 2004), gordura (RUTTEN et al., 2009) e lactose (LUINGE et al., 1993; LEFIER et al., 1996) do leite cru.

A Rede Brasileira de Laboratórios de Análise da Qualidade do Leite (RBQL), vinculada ao Ministério da Agricultura, conta com equipamentos automatizados que utilizam a espectroscopia do infravermelho com Transformada de Fourier. No entanto,

devido ao maior volume e rotina mais intensa de análise do leite de vaca, estes equipamentos são calibrados com padrões de leite bovino.

Atualmente, o leite de cabra é de particular interesse devido a sua composição específica, que é considerado como uma matéria-prima de alta qualidade para a produção de alimentos para recém-nascidos, crianças, idosos e certos setores da população com necessidades específicas (BOZA E SANZ SAMPELAYO, 1997; HAENLEIN, 2004).

A composição química do leite de cabra pode apresentar certa similaridade ao leite de outras espécies. No entanto, ocorrem certas variações em alguns componentes como, por exemplo, a proteína do leite, que é mais digestível e possui características de hipoalergenicidade, decorrente de seu menor conteúdo de α ₁-caseína, em comparação ao leite bovino (CEBALLOS et al., 2009; COSTA et al., 2014). A fração lipídica do leite de cabra apresenta menor tamanho dos glóbulos de gordura, conferindo maior digestibilidade a este alimento (HAENLEIN, 2001; VARGAS et al., 2008). Devido a essas diferenças entre o leite dessas duas espécies, as metodologias para testar o leite de vaca e os instrumentos calibrados com os padrões de leite bovino podem não ser confiáveis e acurados o suficiente para a análise do leite caprino (ZENG, 1996).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo validar o uso do infravermelho médio, em equipamento calibrado com leite de vaca, para análise da proteína, gordura, extrato seco total e extrato seco desengordurado em leite de cabra.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras

Foram coletadas 95 amostras de leite cru de cabra, provenientes de dois laticínios distintos, um localizado no município de Taperoá-PB, onde foram coletadas 25 amostras e outro localizado no município de Arcoverde-PE, onde 70 amostras foram obtidas. As amostras foram coletadas diretamente dos tambores dos produtores tão logo chegavam à plataforma de recebimento dos laticínios, onde o leite era homogeneizado com conchas de inox e depositado em recipientes de polipropileno estéril devidamente identificados, com capacidade para 200 mL. Após o processo de envase, as amostras foram embaladas em sacos plásticos para evitar o derramamento e consequente contaminação de uma amostra para outra durante o transporte e foram imediatamente resfriadas em caixas isotérmicas com gelo e mantidas à temperatura de 1 a 5°C até o momento das análises, que ocorreram em até 72 horas do momento da coleta.

As análises foram conduzidas no Laboratório PROGENE (Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste), localizado no Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Após a chegada das amostras no laboratório, estas foram quarteadas e depositadas em recipientes com capacidade para 50 mL, sendo um recipiente contendo o conservante bronopol® (brometo de etídio) para determinação da composição química e contagem de células somáticas (CCS), e outro recipiente contendo azidiol® (azida sódica), para contagem individual de bactérias (CIB). Logo após o quarteamento, as amostras foram acondicionadas em câmara fria e mantidas à temperatura de 4°C, para se proceder às análises no dia seguinte.

Análises Laboratoriais

Método eletrônico:

Os parâmetros proteína (g/100g), gordura (g/100g), extrato seco total (EST) (g/100g), extrato seco desengordurado (ESD) (g/100g), lactose (g/100g), ureia (mg/dL) e caseína (g/100g) foram analisados através de equipamento eletrônico que utiliza o infravermelho médio com Transformada de Fourier, que foi calibrado com padrão de leite de vaca seguindo orientação contida na IDF:2 128 (2009). As análises de CCS ($\times 10^3$ cél/mL) e CIB ($\times 10^3$ cél/mL) foram realizadas em equipamentos distintos que utilizam a citometria de fluxo, também calibrado com padrões do leite de vaca. Todas as amostras foram analisadas em duplicatas, tanto pelo método eletrônico como pelo método de referência.

Método de referência:

Os métodos de referência utilizados neste estudo estão em concordância com os preconizados pela Instrução Normativa 37, de 31 de outubro de 2000, sendo oficializadas pela Instrução Normativa 68, de 12 de dezembro de 2006.

A proteína foi analisada através do método de Micro-Kjeldahl, que se baseia na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio através da digestão com ácido sulfúrico p.a. e posterior destilação, resultando na liberação da amônia que é fixada em solução ácida e titulada. A porcentagem de nitrogênio total obtido foi multiplicada pelo fator 6,38 e os resultados expressos em protídios, de acordo com a IDF 20B (1993).

A determinação da gordura seguiu as normas segundo BRASIL (1981). Foi utilizado o método C (butirométrico para leite fluído), onde esta análise consiste no ataque seletivo da matéria orgânica por meio do ácido sulfúrico, com exceção da gordura que é

separada através de centrifugação, auxiliada pelo álcool isoamílico que modifica a tensão superficial.

A determinação do EST foi realizada seguindo a metodologia descrita na IDF 21B (1987) e utilizou-se o método A (gravimétrico). O princípio desta análise se baseia na perda da umidade e voláteis através da dessecação e posterior pesagem do resíduo assim obtido. Para a determinação do ESD, foram utilizados os valores de EST menos a gordura.

Análise estatística:

Inicialmente, os dados foram tabulados no Programa Microsoft Excel® 2013 (MICROSOFT, USA), onde foi calculada a repetibilidade das amostras de acordo com equação descrita na IDF 128:2 (2009). O limite entre as duplicatas das amostras estabelecido pela equação foi de 0,01 e 0,30, para proteína; 0,02 e 0,48, para gordura; 0,03 e 0,40, para EST e 0,02 e 0,52, para ESD, por metodologia eletrônica e tradicional, respectivamente. As amostras que apresentaram diferença entre as duplicatas acima do estabelecido pela equação foram removidas da análise estatística. Posteriormente, foram realizadas análise descritiva de todos os dados obtidos pelo método eletrônico (proteína, gordura, EST, ESD, lactose, ureia, caseína, contagem de células somáticas (CCS) e contagem individual de bactérias (CIB)). Os dados de CCS foram transformados em escore de células somáticas (ECS) através da equação proposta por Shook (1982) e os valores de CIB foram transformados para logaritmo de base 10.

Para a análise de variância das variáveis proteína, gordura, EST e ESD foi utilizado o PROC GLM inserido no pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System), versão 9.0.

Foram realizadas análises de correlação de Pearson e regressão linear simples para as variáveis proteína, EST, ESD e gordura, por meio do PROC CORR e PROC REG, também inseridos no pacote estatístico SAS. As análises foram realizadas separadamente para cada variável e considerou-se como variável independente o método de infravermelho e como variável dependente o método padrão. Todas as análises estatísticas realizadas no presente estudo seguiram as orientações contidas na IDF 128:2 (2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros proteína, gordura, EST, ESD, lactose, ureia, caseína, ECS e LogCIB foram determinadas por metodologia eletrônica para se proceder com uma caracterização das amostras e os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Número de observações (*n*), médias e desvios padrões (DP), valor mínimo e máximo das determinações de proteína, gordura, lactose, EST, ESD, ureia, caseína, ECS e LogCBI obtidas por método eletrônico por infravermelho médio.

Componentes	<i>n</i>	Média ± DP	Mínimo	Máximo
Proteína (g/100g)	166	3,19 ± 0,36	2,58	4,47
Gordura (g/100g)	84	4,00 ± 0,84	2,29	6,20
Lactose (g/100g)	190	4,13 ± 0,17	3,46	4,61
EST (g/100g)	164	12,11 ± 1,00	10,53	15,09
ESD (g/100g)	84	8,28 ± 0,40	7,62	9,10
Ureia (mg/dL)	190	24,13 ± 6,69	7,80	40,70
Caseína (g/100g)	190	2,60 ± 0,34	1,97	3,69
ECS	170	6,53 ± 1,01	4,32	8,81
LogCBI	170	6,15 ± 0,62	5,07	7,40

Os valores médios descritos na Tabela 2 para proteína, gordura e ESD encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2000). No entanto, a lactose apresenta-se um pouco abaixo do estabelecido (mínimo de 4,3). Não são definidos padrões para EST e CCS. O teor de ureia e caseína também não são especificados pela legislação, pois o teor de proteína é expresso em proteína bruta (PB).

Andrade et al. (2008) ao analisarem amostras de leite cru da raça Alpina em equipamento eletrônico obtiveram médias e desvios padrões para proteína, gordura, lactose e extrato seco total de $3,0 \pm 0,25$; $3,8 \pm 0,67$; $4,5 \pm 0,32$; $12,3 \pm 0,95$, respectivamente, estando estes resultados ligeiramente diferentes dos encontrados no presente estudo. Estas variáveis são de grande interesse pelas indústrias de laticínios devido a sua importância na elaboração de produtos lácteos. Os valores encontrados por Zeng (1996) para gordura (3,14%) e proteína (2,66%) ao analisar leite da raça Alpina foram muito abaixo das médias encontradas neste trabalho. Prata et al. (1998),

observaram variação no teor de gordura de 1,70 a 5,70%, obtendo média de $3,74 \pm 0,86$. A grande variação encontrada nas médias de gordura pode ser explicada pelo fato de que este constituinte é o que mais sofre variação em razão da alimentação, raça, estação do ano e período de lactação (SILVA, 1997).

A média de caseína obtida no presente estudo está acima da média encontrada por Prata et al. (1998), que obtiveram média de $2,43 \pm 0,40$. Segundo estes mesmos autores, a fração da caseína é um constituinte muito importante, principalmente na obtenção de derivados lácteos.

Mouro et al. (2002) ao avaliarem o efeito da farinha de mandioca em dietas de cabras Saanen em lactação encontraram valores médios de ureia no leite de 36,87 mg/dL, estando este valor muito acima do encontrado no presente estudo. Os teores de ureia no leite são utilizados como ferramenta na avaliação de dietas, sendo bons indicadores do metabolismo e da ingestão de proteína em animais em lactação (FERNANDES et al., 2008).

Rupp et al. (2011) em estudo para avaliar a incidência da CCS no leite de cabras das raças Alpina e Saanen, encontraram médias de ECS de $5,1 \pm 1,4$ e $5,3 \pm 1,2$, respectivamente, correspondendo a uma média de CCS cerca de 1.000.000 cél/mL. Segundo estes autores, estes níveis estão na faixa de CCS geralmente relatado em cabras leiteiras. No entanto, estes resultados estão abaixo dos encontrados no presente estudo, onde se observou uma média de CCS correspondendo a $1.457,11 \times 10^3$ cél/mL. Pelo fato do leite caprino apresentar normalmente uma alta incidência de CCS devido à secreção apócrina dessa espécie, uma alta contagem de células somáticas no leite de cabra não necessariamente indica problemas na saúde do úbere. O limite para CCS no leite de cabra ainda não está estabelecido em padrões normativos, sendo necessários mais estudos para a determinação deste parâmetro devido a sua importância por afetar a composição química do leite.

Com relação à contagem individual de bactérias, Sierra et al. (2009) encontraram valor médio de $6,58 \pm 0,49$ LogCBI/mL, em um estudo para avaliar o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento sobre a contagem individual de bactérias do leite de cabras. Este resultado encontra-se acima do valor obtido no presente estudo. A Instrução Normativa Nº 37 (BRASIL, 2000) estabeleceu o limite legal de CBT em UFC, determinando que, quando cru, o leite de cabra deve apresentar Contagem Padrão em Placas (CPP) de, no máximo, 500.000 UFC/mL. Um número elevado de contagem bacteriana total no leite indica contaminação por práticas inadequadas durante a obtenção

da matéria prima e, além das bactérias afetarem a composição do leite, também são veículos para doenças aos seres humanos.

Na Tabela 3 encontra-se o resumo das análises de variâncias para os parâmetros Proteína, Gordura, EST e ESD.

Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para os parâmetros Proteína, Gordura, EST e ESD.

FV	GL	QM	F
Método¹	1	4.63079548	<0,0001
Método²	1	0.13148810	ns
Método³	1	0.14347439	ns
Método⁴	1	0.00607202	ns

Método¹: Representa a análise de Proteína; Método²: Representa a análise de Gordura.; Método³: Representa a análise do EST; Método⁴: Representa a análise do ESD; ns: Não significativo.

As médias e os desvios padrões das determinações de proteína, gordura, EST e ESD, tanto pelo método de referência quanto pelo método eletrônico por infravermelho médio, são descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Médias e desvios padrões das determinações de proteína, gordura, EST e ESD obtidas através da metodologia tradicional e eletrônica por infravermelho médio.

COMPONENTES	METODOLOGIA	
	TRADICIONAL	ELETRÔNICA
Proteína (g/100g)	3,43 ^a ± 0,35	3,19 ^b ± 0,36
Gordura (g/100g)	3,94 ± 0,78	4,00 ± 0,84
EST (g/100g)	12,07 ± 0,98	12,11 ± 1,00
ESD (g/100g)	8,29 ± 0,53	8,28 ± 0,40

Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha, diferem entre si pelo teste F (P>0,01).

Na análise de proteína, houve diferença significativa entre as médias (P < 0,01), que foram 3,43% ± 0,35 e 3,19% ± 0,36, pelos métodos tradicional e eletrônico, respectivamente. As médias encontradas nas determinações da gordura, EST e ESD por metodologia tradicional e eletrônica não apresentaram diferença significativa (P > 0,01).

Foram verificadas correlações significativas e positivas ($P < 0,0001$) entre os dois métodos para proteína, $r = 0,92$; gordura, $r = 0,93$; EST, $r = 0,97$ e ESD, $r = 0,82$.

Ao se analisar a proteína, gordura, EST e ESD do leite de cabra no equipamento LactoScopeTMFTIR (Delta Instruments) calibrado com leite de vaca, os valores da proteína foram o que mais variaram com relação aos resultados obtidos pelo método de referência e isso pode ser explicado devido a certas particularidades na composição da proteína entre o leite caprino e bovino. A literatura mostra que as frações da proteína do leite de cabra (k-caseína, β -caseína, α_{S2} -caseína, β -lactoglobulina e α -lactoalbumina) são similares ao leite de vaca. Entretanto, o leite caprino possui menor quantidade de caseína, bem como variadas proporções dos diferentes tipos de caseína, principalmente com relação à α_{S1} -caseína (HAENLEIN, 2004; PEREIRA et al., 2005; PARK et al., 2007), o que pode ter contribuído para a variação observada.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os resultados encontrados por Cunha (2007), que utilizou equipamento calibrado com padrões do leite bovino e analisou amostras de leite de cabras da raça Saanen de diferentes propriedades no município de Nova Friburgo-RJ, obtendo médias de $2,40\% \pm 0,07$ e $2,95\% \pm 0,13$, para proteína, $3,66\% \pm 0,19$ e $3,72\% \pm 0,23$, para gordura, e $11,78\% \pm 0,40$ e $11,81\% \pm 0,38$ para EST, por metodologia tradicional e eletrônica, respectivamente. Este autor observou que apenas para a proteína houve diferença significativa entre as duas metodologias. A variação observada nas médias dos parâmetros analisados entre os trabalhos pode ser explicada por diferenças na composição do leite, relacionadas a fatores como raça, idade, estágio de lactação, localização e manejo do rebanho.

Um fato que foi relatado por Grappin e Jeunet (1979), é que a proteína do leite de cabra tem uma menor absorção do infravermelho (em torno de 4%) em relação ao leite bovino. Assim, Jenness (1980) ressalta que diferentes curvas de calibrações devem ser utilizadas para cada espécie para determinar o conteúdo de proteína no leite. Isto foi confirmado por Zeng (1996), que analisou os parâmetros proteína, gordura e CCS do leite da raça Alpina em analisador eletrônico calibrado primeiro para leite de vaca e posteriormente para leite de cabra. Foi verificado que os teores de proteína e gordura foram, respectivamente, 0,27 e 0,04 menores, quando se utilizou a calibração para leite de vaca.

O presente estudo mostrou eficácia do equipamento eletrônico calibrado com leite de vaca ao se analisar a gordura, EST e ESD das amostras de leite de cabra, apesar de trabalhos anteriores terem reportado resultados controversos.

Andueza et al. (2013) utilizando espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS) para avaliar a composição dos ácidos graxos do leite da raça Alpina, verificaram diferenças significativas nos resultados quando o aparelho foi calibrado para leite de vaca e posteriormente para leite de cabra. Isso pode ser explicado devido às diferenças existentes no perfil de ácidos graxos entre essas duas espécies (ANDUEZA et al., 2013). Outro fato é que a gordura do leite é o componente mais variável dentre os animais ruminantes, sendo a sua porcentagem influenciada por fatores como, condições ambientais, variedades genéticas e fatores fisiológicos (CUNHA, 2007; MADUREIRA, 2011). Estudos têm mostrado que o EST se apresenta em níveis inferiores no leite de cabra em comparação ao leite de vaca. Este componente depende diretamente dos teores de gordura, proteína e lactose do leite e configura-se como um importante indicador do rendimento dos produtos lácteos, sendo o pagamento do leite em função de seu conteúdo (CHAPAVAL et al., 2008).

Andrade et al. (2008) utilizaram um aparelho de leitura infravermelha calibrado com leite de vaca, para determinar os teores de gordura e proteína do leite cru e pasteurizado de cabras da raça Alpina, provenientes de um rebanho localizado em Contagem-MG. Estes autores observaram que os teores de gordura e proteína do leite cru foram semelhantes, tanto pelo método padrão quanto pelo método eletrônico, obtendo correlação significativa entre os métodos ($P < 0,05$) ($r = 0,92$ para gordura e $0,71$ para proteína). Verifica-se, dessa forma, que apenas o resultado obtido para gordura corrobora com o observado no presente estudo.

As equações de regressão obtidas para os diferentes parâmetros analisados demonstraram coeficiente de determinação alto. Para proteína, a equação obtida foi $PBMP = 0,52514 + 0,90944 * PBIVM$, com coeficiente de determinação (R^2) de $0,8530$ (Figura 2). Para gordura, a equação foi $GMP = 0,48359 + 0,86499 * GIVM$, com R^2 de $0,8574$ (Figura 3). Já para EST, a equação de regressão obtida foi $ESTMP = 0,55958 + 0,95035 * ESTIVM$, com R^2 de $0,9486$ (Figura 4). E para ESD, a equação foi $ESDMP = -0,5535 + 1,0683 * ESDIVM$, com R^2 de $0,6679$ (Figura 5).

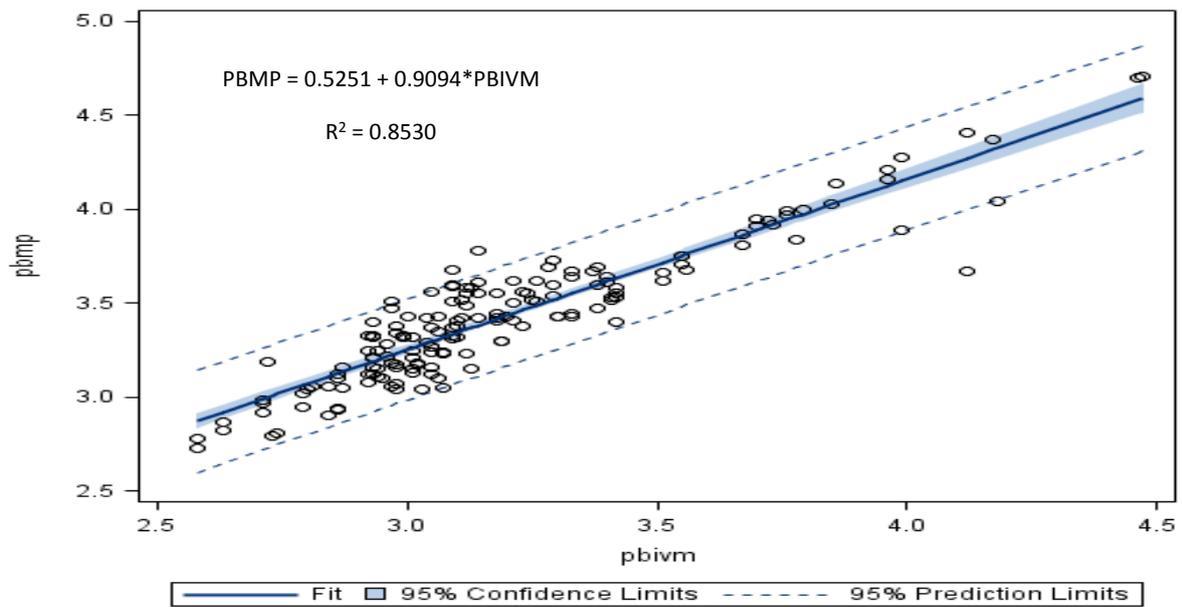


Figura 2. Regressão linear dos dados de Proteína por metodologia tradicional e eletrônica.

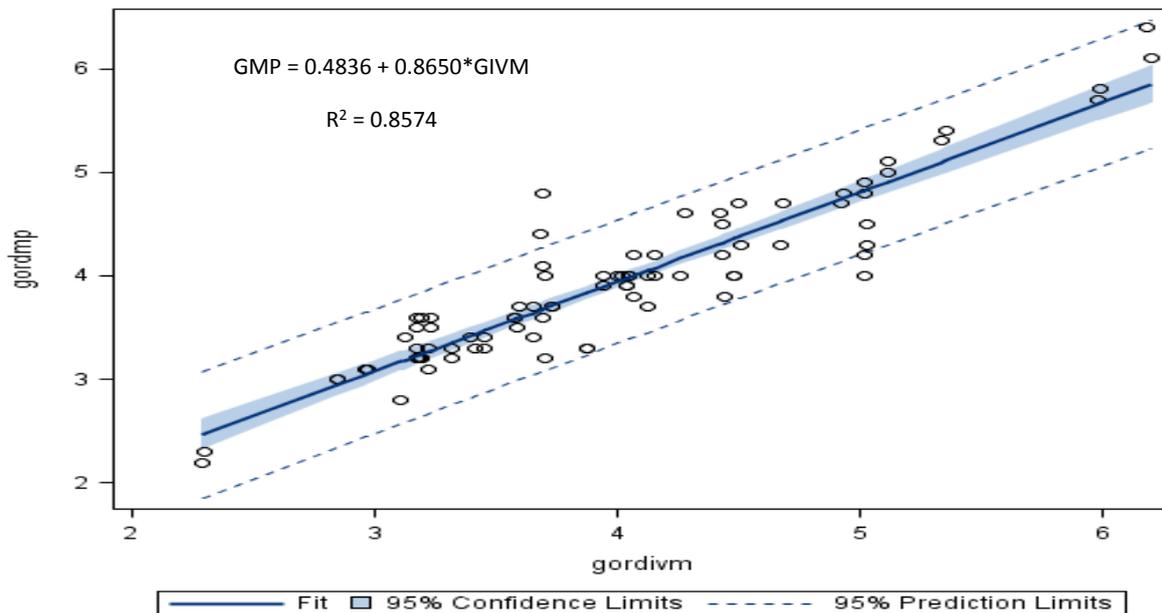


Figura 3. Regressão linear dos dados de Gordura por metodologia tradicional e eletrônica.

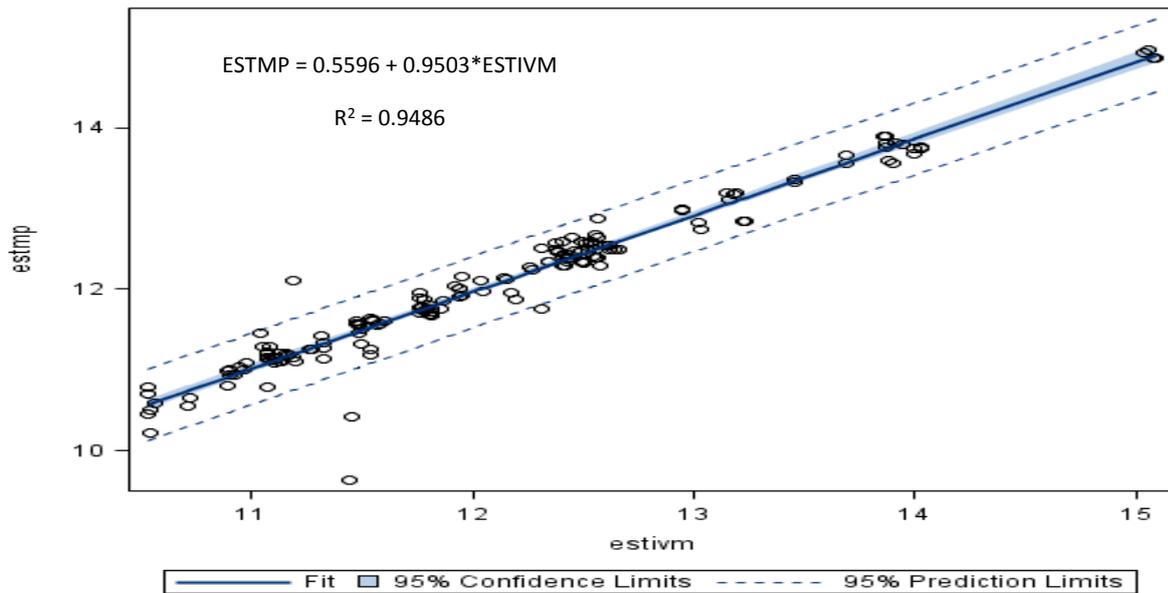


Figura 4. Regressão linear dos dados de EST por metodologia tradicional e eletrônica.

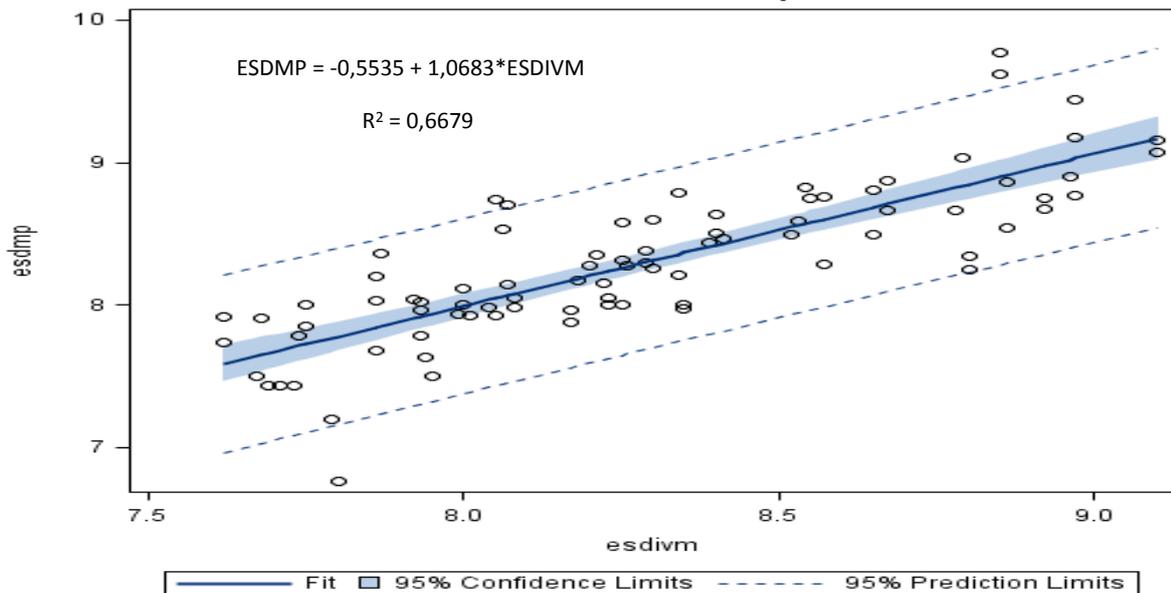


Figura 5. Regressão linear dos dados de ESD por metodologia tradicional e eletrônica

Existem trabalhos na literatura que desenvolveram equações de validação para análise do leite de cabra em equipamentos eletrônicos que utiliza espectroscopia do infravermelho (DÍAZ-CARRILLO et al., 1993; DRACKOVÁ et al., 2008; FERRAND-CALMELS et al., 2014). No entanto, não foram encontrados trabalhos que definem um fator de correção para a análise dos diferentes componentes do leite de cabra em equipamento calibrado para leite de vaca, fazendo-se necessário mais estudos como este.

No presente trabalho, a utilização da espectroscopia do infravermelho médio mostrou-se uma técnica analítica rápida, prática, de baixo custo e não destrutiva. Trabalhos têm mostrado que a utilização desse método nas indústrias de laticínios é considerada eficiente no controle de qualidade do leite para fornecer pagamento aos produtores (VAN DE VOORT E ISMAIL, 1991; HELFER, 2006).

CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa mostraram que o equipamento eletrônico baseado no infravermelho médio calibrado com leite de vaca pode analisar a gordura, o EST e o ESD do leite de cabra. No entanto, para a análise de proteína do leite caprino, o equipamento calibrado com leite de vaca necessita de uma equação de correção.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANDUEZA, D.; ROUEL, J.; CHILLIARD, Y.; LEROUX, C.; FERLAY, A. Prediction of the goat milk fatty acids by near infrared reflectance spectroscopy. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 115, n. 6, p. 612-620, 2013.

BARBANO D. M.; CLARK J. L. Infrared Milk Analysis - Challenges for the Future. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 6, p. 1627-1636, 1989.

BOZA, L. J.; SANZ SAMPELAYO, M. R. Aspectos nutricionales de la leche de cabra. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, v. 10, p. 109-139, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. Banha In:____. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos. Brasília, 1981.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite de cabra. Instrução Normativa 37 de 31 de outubro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 8 de novembro de 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Diário Oficial da União, Brasília, 14 de dezembro de 2006.

CEBALLOS, L. S.; MORALES, E. R.; ADARVE, G. DE LA. T.; CASTRO, J. D.; MARTÍNEZ, L. P.; SAMPELAYO, M. R.S. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 4, p. 322-329, 2009.

CHAPAVAL, L.; OLIVEIRA, A. A. F.; SOUSA, F. G. C.; RÊGO, J. P. A. Avaliação físico-química de leite de cabra produzido em comunidades de base familiar da Região Norte do Estado do Ceará. *In*: V Congresso Nordestino de Produção Animal, 2008. Aracajú-SE. p. 3.

COSTA, W. K. A.; SOUZA, E. L.; BELTRÃO-FILHO, E. M.; VASCONCELOS, G. K. V.; SANTI-GADELHA, T.; GADELHA, C. A. A.; FRANCO, O. L.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MAGNANI, M. Comparative protein composition analysis of goat milk produced by the Alpine and Saanen Breeds in Northeastern Brazil and related antibacterial activities. **PLOS One**, v. 9, n. 3, e93361, 2014.

CUNHA, F. L. Avaliação da qualidade microbiológica, físico-química contagem de células somáticas em leite de cabra produzido na região de Nova Friburgo-RJ. Metodologia tradicional versus metodologia eletrônica. 2007. 73 f. Dissertação-Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. 2007.

DÍAZ-CARRILLO, E.; MUÑOZ, S. A.; ALONSO, M. A.; SERRADILLA, M. J. M. Near infrared calibrations for goat's milk components: protein, total casein, α -, β - and k-caseins, fat and lactose. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 1, p. 141-146, 1993.

DRACKOVÁ, M.; HADRA, L.; JANSTOVÁ, B.; NAVRÁTILOVÁ, P.; PRIDALOVÁ, H.; VORLOVÁ, L. Analysis of goat milk by Near-Infrared Spectroscopy. **Acta Veterinaria Brno**, v.77, n. 3, p. 415-422, 2008.

ETZION, Y.; LINKER, R.; COGAN, U.; SHMULEVICH, I. Determination of protein concentration in raw milk by mid-infrared Fourier transform infrared/attenuated total reflectance spectroscopy. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 9, p. 2779-2788, 2004.

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

FERRAND-CALMELS, M.; BROCHARD, P. M.; LERAY, O.; ASTRUC, J. M.; AUREL, M. R.; BARBEY, S.; BOUVIER, F.; BRUNSCHWIG, P.; CAILLAT, H.; DOUGUET, M.; FAUCON-LAHALLE, F.; GELÉ, M.; THOMAS, G.; TROMMENSCHLAGER, J. M.; LARROQUE, H. Prediction of fatty acid profiles in cow, ewe and goat milk by mid-infrared spectrometry. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 17-35, 2014.

GRAPPIN, R.; JEUNET, R. Méthodes de routine pour le dosage de la matière grasse et des protéines du lait de chèvre. **Le Lait**, v. 59, n. 587, p. 345-360, 1979.

HAENLEIN, G. F. W. Past, presente and future perspectives of small ruminant dairy research. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 9, p. 2097-2115, 2001.

HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, n. 2, p. 155-163, 2004.

HELPER, G. A.; FERRÃO, M. F.; FERREIRA, C. V.; HERMES, N. Aplicação de métodos de análise multivariada no controle qualitativo de essências alimentícias empregando espectroscopia no infravermelho médio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 779-786, 2006.

HEWAVITHARANA, A. K.; VAN BRAKEL, B. Fourier transform infrared spectrometric method for the rapid determination of casein in raw milk. **Analyst**, v. 122, n. 7, p. 701-704, 1997.

IDF - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. 21B. Milk. Cream and evaporated milk: determination of total solids content (reference method). Brussels, 1987, 2 f.

IDF - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. 20B. Milk: determination of nitrogen content. Brussels, 1993. 11 f.

IDF - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. 128. Milk. Definition and evaluation of the overall accuracy of alternative methods of milk analysis. Part 2. Calibration and quality control in the dairy laboratory. 2nd. 2009.

JENNES, R. Composition and characteristics of goat milk: Review 1968-1979. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 10, p. 1605-1630, 1980.

LEFIER, D.; GRAPPIN, R.; POCHET, S. Determination of fat, protein, and lactose in raw milk by Fourier transform infrared spectroscopy and by analysis with a conventional filter-based milk analyzer. **Journal of AOAC International**, v. 79, n. 3, p. 711-717, 1996.

LUINGE, H. J.; HOP, E.; LUTZ, E. T. G.; VAN HEMERT, J. A.; DE JONG, E. A. M. Determination of the fat, protein and lactose content of milk using Fourier transform infrared spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, v. 284, n. 2, p. 419-433, 1993.

MADUREIRA, P. M. Caracterização do perfil de ácidos graxos em leite de cabra por diferentes métodos de extração de gordura ou por metilação direta. 2011. 43 f. Dissertação- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG. 2011.

MOURO, G. F.; BRANCO, A. F.; MACEDO, F. A. F.; GUIMARÃES, K. C.; ALCALDE, C. R.; FERREIRA, R. A.; PROHMANN, P. E. F. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: fermentação ruminal e concentrações de uréia plasmática e no leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1840-1848, 2002.

O'SULLIVAN, A.; O'CONNOR, B.; KELLY, A.; MCGRATH, M. J. The use of chemical and infrared methods for analysis of milk and dairy products. **International Journal of Dairy Technology**, v. 52, n. 4, p. 139-148, 1999.

PEREIRA, R. A. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; VIANNA, R. P. T.; OLIVEIRA, M. E. G. Qualidade química e física do leite de cabra distribuído no Programa Social "Pacto Novo Cariri" no Estado da Paraíba. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 205-211, 2005.

PARK, Y. W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G. F. W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n.1-2, p.88-113, 2007.

PRATA, L. F.; RIBEIRO, A. C.; REZENDE, K. T.; CARVALHO, M. R. B.; RIBEIRO, S. D. A.; COSTA, R. G. Composição, perfil nitrogenado e características do leite caprino (SAANEN). Região Sudeste, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 1-12, 1998.

RUPP, R.; CLÉMENT, V.; PIACERE, A.; ROBERT-GRANIÉ, C.; MANFREDI, E. Genetic parameters for milk somatic cell score and relationship with production and udder type traits in dairy Alpine and Saanen primiparous goats. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 7, p. 3629-3634, 2011.

RUTTEN, M. J. M.; BOVENHUIS H.; HETTINGA K. A.; VAN VALENBERG, H. J. F.; VAN ARENDONK, J. A. M. Predicting bovine milk fat composition using infrared spectroscopy based on milk samples collected in winter and summer. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 12, p. 6202-6209, 2009.

SIERRA, D.; SÁNCHEZ, A.; CONTRERAS, A.; LUENGO, C.; CORRALES, J. C.; DE LA FE, C.; GUIRAO, I.; MORALES, C. T.; GONZALO, C. Effect of storage and preservation on total bacterial counts determined by automated flow cytometry in bulk tank goat milk. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 10, p. 4841-4845, 2009.

SILVA, P. H. F. Leite: Aspectos de composição e propriedades. **Química Nova Escola**, v. 6, p. 3-5, 1997.

SHOOK, G. E. Approaches to summarizing somatic cell count which improve interpretability. In: National Mastitis Council Annual Meeting, 1982. Pennsylvania Proceedings, Madison, p. 150-166.

VAN DER VEN, C.; MURESAN, S.; GRUPPEN, H.; DE BONT, D. B. A.; MERCK, K. B.; VORAGEN, A. G. J. FTIR spectra of whey and casein hydrolysates in relation to their

functional properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 24, p. 6943-6950, 2002.

VAN DE VOORT, F. R.; ISMAIL, A. A. Proximate analysis of foods by mid-FTIR spectroscopy. **Trends in Food Science & Technology**, v. 2, p. 13-17, 1991.

VAN DE VOORT, F. R. Fourier transform infrared spectroscopy applied to food analysis. **Food Research International**, v. 25, n. 5, p. 397-403, 1992.

VARGAS, M.; CHÁFER, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows' and goats' milk. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 12, p. 1146-1152, 2008.

WILSON R. H.; TAPP H. S. Mid-infrared spectroscopy for food analysis: recent new applications and relevant developments in sample presentation methods. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 18, n. 2, p. 85-93, 1999.

ZENG, S. S. Comparison of goat milk standards with cow milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. **Small Ruminant Research**, v. 21, n. 3, p. 221-225, 1996.