

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LEITE EM PÓ DE OVELHA E
ELABORAÇÃO DO IOGURTE

JOSIANE KILIAN

ERECHIM
Fevereiro 2014

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LEITE EM PÓ DE OVELHA E
ELABORAÇÃO DO IOGURTE

JOSIANE KILIAN

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Alimentos da URI - Campus de Erechim –RS como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim.

ERECHIM
Fevereiro 2014

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LEITE EM PÓ DE OVELHA E
ELABORAÇÃO DO IOGURTE**

Josiane Kilian

Dissertação de mestrado submetida à Comissão Julgadora do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos.

Comissão Julgadora:

Prof. Dra. Juliana Steffens

Prof. Dra. Mônica Beatriz Alvarado Soares

Prof. Dra. Clarice Steffens

Prof. Dr. Leonardo Souza da Rosa

Erechim

2014

“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser; que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver.”

(Amyr Klink)

Dedico esta conquista a minha mãe Neiva (in memorian) e ao meu Pai.

Aos meus amores Daniel e Bernardo.

A minha grande amiga e irmã Cristiane.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ouvir tantas e tantas vezes, iluminando meus pensamentos e me direcionando para escolhas melhores. E por sempre ter colocado em meu caminho pessoas tão especiais... Além de selar pela minha vida durante o trajeto Chapecó - Erechim.

À minha família, meu maior presente, pelo apoio e torcida ao se alegrar com as minhas conquistas e se preocupar com as minhas angústias. Em especial ao meu marido Daniel e ao meu filho Bernardo meus grandes amores sem vocês a minha vida não tem sentido.

Aos meus irmãos Joel e Cristiane por, estarem sempre presentes de alguma forma, se alegrando com minhas conquistas, me ajudando a levantar nos tropeços e torcendo pelo meu sucesso.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos (URI) – Erechim, pela oportunidade e pela estrutura oferecida para a realização deste trabalho.

As minhas orientadoras, Professora Dr^a Juliana e a Professora Dr^a Mônica, pela disponibilidade, oportunidade, compreensão, apoio, paciência e dedicação em todas as fases do trabalho e por não desistirem de mim.

A todos os membros da banca examinadora, pelas valiosas sugestões e correções, que muito contribuíram para o enriquecimento deste trabalho principalmente durante a realização dos seminários I e II.

A cabana Chapecó em especial ao Sr Erico Tormen pela doação do leite de ovelha para realização deste trabalho.

Aos amigos que conquistem durante essa caminhada.

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LEITE EM PÓ DE OVELHA E ELABORAÇÃO DO IOGURTE

Josiane Kilian

Fevereiro/2014

Orientadoras: Prof^a. Dr^a. Juliana Steffens

Prof^a. Dr^a. Mônica Beatriz Alvarado Soares

Resumo: O objetivo deste trabalho foi primeiramente realizar a caracterização físico-química e microbiológica do leite fluido de ovelha, após procedeu-se com a obtenção do leite ovino em pó via processo de secagem em *spray dryer* utilizando um delineamento composto central rotacional 2³ completo, as variáveis independentes avaliadas foram: pressão, vazão e temperatura, as respostas foram: rendimento, tempo, e a caracterização físico-química dos produtos obtidos. O ensaio 6 foi o que apresentou melhor rendimento na etapa de secagem (11%), já para a variável tempo o ensaio 4 foi o que apresentou melhor resultado (1h e 10min) . Com relação aos macro-nutrientes presentes no leite em pó os teores obtidos variaram entre: umidade (1,22 - 4,53%), lipídeos (21,56 – 33,19%), proteínas (26,55 – 31,16%), lactose (13,58 – 18,40) e a atividade de água (0,14 – 0,37%). A partir do melhor resultado do processo obtido no planejamento (ensaio 6) foi determinado o teor de minerais presentes no leite em pó onde pode-se destacar a presença de Ca, Na, e K .Com o leite em pó obtido foi desenvolvido uma formulação de iogurte com leite de ovelha reconstituído (17 % de sólidos totais) e outro com o leite pasteurizado de ovelha (iogurte padrão), a contagem de bactérias lácticas para ambas as formulações atenderam a legislação (acima de 10⁸ UFC/g), com

relação à proteína, gordura, lactose, sinérese e pH a formulação desenvolvida com o leite em pó obteve resultados inferiores em relação ao padrão. Com relação aos atributos de cor o iogurte padrão apresentou melhores resultados para os parâmetros L^* , a^* e b^* . Ambas as formulações de iogurte desenvolvidas foram classificadas como fluido não newtoniano do tipo pseudoplástico. Com os dados obtidos neste trabalho pode-se dizer que a fabricação de iogurte de leite de ovelha a partir do leite em pó é possível, porém precisa se realizar alguns ajustes nas formulações para reduzir a sinérese do produto final. Bem como adequar as formulações para a avaliação sensorial dos produtos

Palavras- chave: Leite de ovelha, leite em pó, secagem, iogurte.

Abstract of Dissertation presented to Food Engineering Program as a partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master in Food Engineering.

OBTENTION AND CHARACTERIZATION OF POWDER MILK SHEEP AND PREPARATION OF YOGURT

Josiane Kilian

February/2014

Orientadoras: Prof^a. Dr^a. Juliana Steffens

Prof^a. Dr^a. Mónica Beatriz Alvarado Soares

Abstract: The objective of this work was first performed the physical - chemical and microbiological characterization of fluid milk from sheep, after we proceeded with getting the sheep via milk powder drying *spray dryer* process using a central composite rotational design 23 complete, the variables independent evaluated were : pressure, flow and temperature responses were : yield , time, and physicochemical characterization of the products obtained . The test showed the best performance in the drying stage was 6 to 11 % , as the time variable for the test 4 showed the best result . Regarding macro - nutrients present in milk powder the percentages ranged between : moisture (1.22 to 4.53 %) , lipid (21.56 to 33.19 %) , protein (26.55 to 31.16 %) , lactose (13.58 to 18.40) and water activity (0.14 to 0.37 %) . From the best result obtained in the planning process (Test 6) was determined mineral content in milk powder which can highlight the presence of Ca , Na, and K in the sequence a formulation of yogurt with milk was developed sheep reconstituted with about 17 % total solids and the other with pasteurized milk from sheep (standard yogurt) , lactic acid bacteria counts for both formulations met the legislation with regard to fat, protein , lactose, and syneresis formulation pH developed with the milk powder obtained inferior results compared to standard . Regarding the default color attributes yogurt showed better results for L * , a * and b * parameters . Both formulations were developed yogurt classified as

non-newtonian pseudoplastic fluid type .With the data obtained in this study it can be said that the production of yogurt from milk, sheep milk powder is possible but needs to carry out certain adjustments in formulations to reduce syneresis of final product. And adapt formulations for sensory evaluation of products.

Keywords: Sheep milk, milk powder, drying, yogurt.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Ovinocultura Brasileira.....	4
3.2 Ovinocultura leiteira.....	5
3.3 Composição do Leite de Ovelha.....	7
3.3.1 Gordura.....	9
3.3.2 Proteínas.....	10
3.3.3 Carboidratos.....	12
3.3.4 Extrato Seco Total.....	13
3.3.5 Minerais.....	13
3.4 Fatores que Interferem na Composição do Leite Ovino.....	15
3.5 Aplicações Industriais do leite de Ovelha.....	16
3.5.1 Leite em pó.....	17
3.6 Secagem em <i>spray dryer</i>	20
3.6.1 Influência do Processo.....	24
3.6.2 Vantagens do Processo.....	27
3.7 Iogurte.....	27
3.7.1 Particularidades no processo de fabricação do iogurte.....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1 Leite de Ovelha Fluido.....	32
4.2 Preparo das amostras.....	32
4.3 Secagem em <i>spray dryer</i>	33
4.4 Caracterização do Leite <i>in natura</i>	35
4.4.1 Determinação do pH.....	35
4.4.2 Determinação da Densidade.....	35
4.4.3 Determinação de gordura.....	36
4.4.4 Determinação de Lactose.....	36
4.4.5 Determinação da Proteína Total.....	36

4.4.6	Determinação da Acidez Total.....	36
4.4.7	Determinação do Extrato Seco.....	37
4.4.8	Análises microbiológicas.....	37
4.5	Caracterização do Leite em pó de ovelha.....	37
4.5.1	Determinação de Minerais.....	37
4.5.2	Determinação da Umidade.....	38
4.5.3	Determinação da Atividade de Água.....	38
4.5.4	Determinação da Gordura.....	38
4.6	Processo de fabricação do iogurte.....	39
4.7	Caracterização dos iogurtes.....	40
4.7.1	Determinação da Gordura.....	40
4.7.2	Determinação da Sinérese.....	40
4.7.3	Cor objetiva.....	41
4.7.4	Determinação da Viscosidade.....	41
4.7.5	Contagem de bactérias lácticas totais.....	41
4.8	Análise estatística.....	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1	Caracterização do Leite Fluido de ovelha.....	43
5.2	Obtenção do leite em pó de ovelha.....	45
5.3	Caracterização do leite em pó de ovelha.....	52
5.3.1	Teor de Umidade.....	54
5.3.2	Teor de Lipídeos.....	55
5.3.3	Atividade de água.....	57
5.3.4	Teor de Proteínas.....	60
5.3.5	Teor de Cinzas.....	61
5.3.6	Teor de lactose.....	62
5.3.6	Minerais.....	65
5.4	Caracterização físico-química e microbiológica do iogurte.....	67
5.5	Caracterização Reológica dos iogurtes.....	72
5.5.1	Viscosidade.....	72
6.	CONCLUSÕES.....	75
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da estrutura da lactose.....	12
Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação do leite em pó.....	18
Figura 3. Formação de partícula por secagem por aspersão.....	22
Figura 4. Diagrama esquemático dos fatores que afetam a secagem por "spray".....	25
Figura 5. Esquema de Funcionamento de um <i>spray dryer</i>	26
Figura 6. Rota-evaporador utilizado para a realização do processo de concentração do leite.	33
Figura 7. <i>Spray dryer</i> utilizado para a realização do processo de.....	33
Figura 8. Fluxograma de elaboração dos iogurtes (a) iogurte padrão e (b) leite reconstituído de leite de ovelha.....	39
Figura 9. Aspecto visual do leite em pó obtido neste trabalho.	46
Figura 10. Diagrama de Pareto das variáveis testadas no DCCR 2 ³ , para a conversão do leite em pó.	48
Figura 11. Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) para a conversão do leite em pó em função da pressão e vazão de alimentação.....	50
Figura 12. Diagrama de Pareto das variáveis testadas no DCCR 2 ³ , para o tempo de processamento do leite em pó de ovelha.	50
Figura 13. Superfície de resposta (a) e contorno (b) para a variável significativa "tempo de processamento" com 95% de significância.	51
Figura 14. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de umidade.....	54
Figura 15. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de lipídeos.	56
Figura 16. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para a atividade de água (Aw).....	58
Figura 17. Superfície de resposta e contorno para a variável significativa "Atividade de água" com 95% de significância (a) Vazão x Pressão; (b) Temperatura x Pressão; (c) Vazão x Temperatura.	59
Figura 18. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de proteínas.....	60

Figura 19. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de cinzas.	62
Figura 20. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de lactose.	62
Figura 21. Superfície de resposta e contorno para a variável significativa “teor de lactose” com 95% de significância (a) Vazão x Pressão; (b) Temperatura x Pressão; (c) Vazão x Temperatura.....	64
Figura 22. Aspecto visual dos iogurtes de leite de ovelha.....	67
Figura 23. Percentuais de sinérese e desvio padrão das formulações de iogurte padrão e leite em pó.....	71
Figura 24. Viscosidade do iogurte padrão e do iogurte com leite em pó reconstituído no primeiro dia de armazenamento a 4°C.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efetivo dos rebanhos Pesquisa da Pecuária Municipal - Brasil (2009/2010).....	5
Tabela 2. Produção Mundial de Leite em 2007.....	6
Tabela 3. Composição dos nutrientes básicos dos leites de cabra, ovelha, vaca e humano.	8
Tabela 4. Algumas propriedades físico-químicas dos leites de cabra, ovelha e vaca.....	9
Tabela 5. Composição do leite de várias raças de ovelhas leiteiras da Europa e Ásia expressas em percentual.	15
Tabela 6. Requisitos para leites em pó com diferentes conteúdos de matéria gorda.	18
Tabela 7. Valores utilizados no DCCR para a obtenção de leite em pó de ovelha por <i>spray dryer</i>	34
Tabela 8. Delineamento de experimentos DCCR da secagem em <i>spray dryer</i>	34
Tabela 9. Parâmetros físico-químicos para o leite de ovelha.....	44
Tabela 10. Parâmetros microbiológicos para o leite de ovelha in natura e pasteurizado.....	45
Tabela 11. Matriz do DCCR 2 ³ para as respostas conversão de produto e tempo.	47
Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) para a variável conversão do leite em pó do DCCR 2 ³	49
Tabela 13. Análise de variância (ANOVA) para a variável tempo de processamento do leite em pó do DCCR 2 ³	51
Tabela 14. Parâmetros físico-químicos do leite em pó de ovelha obtidos pelo processo de secagem em <i>spray dryer</i>	53
Tabela 15. Análise de variância para o teor de umidade no leite em pó do planejamento fatorial completo 2 ³	55
Tabela 16. Análise de variância para o teor de Lipídeos no leite em pó do planejamento fatorial completo 2 ³	56
Tabela 17. Análise de variância para a atividade de água (Aw) no leite em pó do planejamento fatorial completo 2 ³	58

Tabela 18. Análise de variância para o teor de proteína no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3	61
Tabela 19. Análise de variância para o teor de lactose no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3	63
Tabela 20. Composição média de minerais presentes no leite ovino em pó....	66
Tabela 21. Variação média da contagem de bactérias lácticas totais em UFC/g durante o armazenamento dos iogurtes naturais.	68
Tabela 22. Variação média dos parâmetros: pH, proteínas, gordura e lactose durante o armazenamento dos iogurtes naturais.	68
Tabela 23. Variação média dos parâmetros: L^* , a^* e b^* durante o armazenamento dos iogurtes naturais.	71

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura mundial é vista como uma atividade fornecedora, tradicionalmente, de lã e mais recentemente de carne. No Brasil esta realidade não é diferente, entretanto, a ovinocultura é responsável por fornecer outro produto, o leite, produzido em menor escala e volume em relação ao leite bovino, porém de valor nutricional e comercial superior.

O leite de ovelha é um produto raramente utilizado, com exceção na produção do queijo finos, como derivado lácteo, no entanto, o leite ovino apresenta características que permite transformá-lo em produtos de elevado valor comercial e nutricional, como iogurtes, sorvetes, bebida láctea e doce de leite, que adquirem o status de iguaria da gastronomia mundial, permitindo que atinjam os mais elevados preços de mercado (PELLEGRINI, 2012).

Existe nos últimos anos um grande interesse em estudar e pesquisar a produção e a composição do leite de pequenos ruminantes, principalmente em razão das mudanças ocorridas nos sistemas de produção e a carência de informações, tendo em vista o valor agregado que seus derivados possuem no mercado (PANDYA; GHOEDKE, 2007).

Embora a produção do leite de ovelha seja de importância menor em relação ao leite de vaca é do maior interesse o incremento do consumo deste tipo de leite e seus derivados, visto que são animais amplamente adaptados aos mais diversos climas e encontrados em todos os sistemas de produção. A importância do leite de ovelha se deve à sua composição rica em proteínas, cálcio e lipídeos de alta qualidade, podendo esta ser alterada por fatores como: dieta, raça, características individuais, sazonalidade, nutrição, condições de manipulação, condições ambientais e estágio da lactação (HAENLEIN, 2001).

Outro fator que chama a atenção para este produto é a proporção de gordura e proteínas que é maior que no leite de vaca e por esse motivo, acaba proporcionando um maior rendimento de queijo (CAMPOS, 2011).

Dessa forma, a realização de pesquisas e a divulgação das particularidades e adequações nutricionais e tecnológicas desse tipo de leite tornam-se importantes para estimular a produção e melhor definir a tecnologia de processamento desses derivados lácteos.

Muito tem se explorado dentro da ovinocultura brasileira as condições de manejo desses animais tais como raça, alimentação, número de lactações e como esses fatores influenciam na qualidade do leite ovino, porém poucas aplicações industriais e desenvolvimento de novos produtos com esta matéria-prima têm sido estudados principalmente em relação ao leite em pó.

Produtos em pó apresentam uma baixa umidade, o que dificulta ou até impede o crescimento de microrganismos e as reações físico-químicas responsáveis por sua deterioração. Além disso, a produção de leite em pó apresenta como vantagem uma maior facilidade de transporte, armazenamento e manuseio do produto final, seja ele para o consumo na forma direta, ou como ingrediente na elaboração de outros produtos alimentícios como os leites fermentados.

A adição de leite em pó em leites iogurtes é uma prática comum da indústria de laticínios pois esta visa aumentar o teor de sólidos no produtos, pois este atributo garante ao produto final melhores condições de textura, o leite de ovelha apresenta naturalmente um teor de sólidos superior ao leite bovino.

Neste sentido o objetivo deste trabalho é a obtenção do leite em pó de ovelha via processo de secagem utilizando a técnica de atomização via *spray dryer*, tendo em vista que este produto ainda não está disponível no mercado de laticínios, bem como a otimização do processo, além é claro da caracterização deste produto, bem como o desenvolvimento de uma formulação de iogurte natural com leite reconstituído de ovelha.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi à obtenção e caracterização do leite em pó de ovelha, através do processo de secagem por atomização (*spray drying*).

2.2 Objetivos Específicos

- I. Avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite *in natura*, pasteurizado e do leite em pó de ovelha;
- II. Estudar a influência da temperatura do ar de secagem, pressão de atomização e da vazão mássica de alimentação, utilizando planejamento 2^3 (DCCR) sobre a conversão de produto e tempo de processamento do leite em pó;
- III. Caracterizar os pós obtidos;
- IV. Desenvolvimento de uma formulação de iogurte natural a partir da reconstituição do leite em pó de ovelha, bem como a caracterização físico-química, reológica e microbiológica deste produto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item é apresentado o levantamento teórico sobre a produção de leite de ovelha, suas principais particularidades, as tecnologias empregadas para a produção do leite em pó e a produção de iogurte em especial a partir do leite de ovelha.

3.1 Ovinocultura Brasileira

A utilização de ovinos para produção de alimentos não tem origem conhecida, sabe-se apenas que esses animais acompanharam o desenvolvimento da civilização mediterrânica, assim foram os primeiros a serem domesticados por fornecerem aos nossos ancestrais carne, leite e proteção na forma de vestuário (HAENLEIN, 2007; PELLEGRINI, 2012).

As origens da criação de ovinos no Brasil reportam-se em especial à influência espanhola durante o período de colonização. Inicialmente voltados para a produção de lã, os maiores rebanhos eram criados na Região Sul adaptados a baixas temperaturas predominantes nesta região (LARA *et al.*, 2009).

Segundo Martins (2006) e Lara (2009), o início da década de 90 foi marcado pela queda nos preços da lã nos mercados internacionais, ocasionado pelo aumento da oferta e melhoria na qualidade das fibras sintéticas. Como consequência da inevitável crise mundial que atingiu as criações de ovinos lanados, programas de engenharia genética passaram a buscar novos padrões de animais que fossem especializados, também, na produção de carne e leite.

Nos últimos anos tem ocorrido uma expansão da ovinocultura no Brasil, onde este é o maior produtor de leite ovino da América do Sul, segundo o IBGE em 2010 o efetivo de ovinos teve um aumento de 3,4% em comparação a 2009, ou seja, de 16.812 para 17.381 cabeças (Tabela 1), a região sul do Brasil corresponde a 28,1% deste plantel sendo o Rio Grande do sul o estado com o maior número de animais.

Em Santa Catarina, segundo Tormen (2011) existem ao redor de 2,8 mil ovelhas leiteiras, as quais produzem em média mil litros de leite de ovelha por dia.

Tabela 1. Efetivo dos rebanhos Pesquisa da Pecuária Municipal - Brasil (2009/2010).

Espécie	Quantidade (cabeças)/Ano		Incremento (%)
	2009	2010	
Bovino	205.307.954	209.541.109	2,0
Bubalino	1.135.191	1.184.511	4,3
Caprino	9.163.560	9.312.784	1,6
Ovino	16.811.721	17.380.581	3,4

Fonte: IBGE, Diretoria de pesquisas, Coordenação de Agropecuária, 2010.

Considerando a dimensão territorial do Brasil o rebanho de ovinos é tido como pequeno, por possuir condições edafoclimáticas¹ semelhantes ou até superiores às dos maiores criadores dessa espécie, quando comparamos a criação de bovinos.

Conforme Hoff *et al.* (2007), há uma diferenciação segundo a região no que se refere as atividades produtivas ligadas ao rebanho ovino brasileiro. No Nordeste, a produção é voltada para subsistência das famílias sendo uma importante fonte de carne e derivados para as populações do meio rural, ao passo que no sul e no sudeste do país a atividade caracteriza-se por atividades de maior valor agregado. Na região Sul, o rebanho ovino é destinado para carne, e na região Sudeste, tem se destacado a produção de queijos e cortes especiais de carne.

3.2 Ovinocultura leiteira

O maior produtor de leite de ovelha no mundo é a China com 1.050.000 toneladas de leite produzidas anualmente, seguidas pela Turquia e Grécia (ZIMMERMANN, 2009). De acordo com Brito, (2003) os primeiros ovinos com aptidão leiteira foram trazidos ao Brasil em 1992. A raça introduzida foi a Lacaune, da França, que atualmente está bem adaptada às condições de clima e alimentação do sul do Brasil. Uma fêmea Lacaune pode produzir 4,5 litros de

¹ As condições edafoclimáticas são relativas à influência dos solos nos seres vivos, em particular nos organismos do reino vegetal, incluindo o uso da terra pelo homem, a fim de estimular o crescimento das plantas.

leite/dia no pico da lactação, que ocorre ao redor dos 30 dias pós-parto, durando o período de lactação no qual é de aproximadamente 150 dias.

O leite de ovelha difere das demais espécies especialmente pela riqueza dos constituintes, existindo diferenças entre rebanhos (ASSENAT, 1991). Muitos fatores contribuem nas variações da composição e na qualidade do leite de ovelhas, entre os quais podemos destacar o ambiente, a raça, a idade, o estágio da lactação, o nível nutricional e as técnicas de ordenha (BENCINI & PULINA, 1997). Os componentes do leite que mais variam em função da alimentação do animal são a gordura e a proteína, que respondem por até 50% dessas variações.

Kremer et al. (1996), estudou a raça Corriedale, em três rebanhos, onde obtiveram uma produção média de leite de 0,743, 0,666 e 0,664 litros/dia, respectivamente, durante um período de acompanhamento de 100 dias de lactação. Ovelhas de quatro anos da raça Corriedale produziram o total médio de 0,71 litros/dia, com 7,62% de gordura, 5,25% de lactose e 12,60% de extrato seco desengordurado, em contrapartida Roda et al. (1987) e Souza et al. (2005) constataram que o pico de lactação ocorreu na terceira semana e a produção máxima de leite foi 1,49 litros/dia na raça Corriedale.

O rebanho ovino encontra-se em quarto lugar no ranking de produção de leite do mundo como pode-se observar na Tabela 2. A exploração do leite de ovinos é uma prática já antiga em alguns países, como os países europeus. O consumo de leite ovino como leite fluido é praticamente insignificante, sendo utilizado, principalmente na forma de seus derivados, queijos e iogurtes, apresentando elevado valor nutricional e comercial (MORAND-FEHR et al., 2007; MARTINEZ et al., 2011).

Tabela 2. Produção Mundial de Leite em 2007.

Espécie	Toneladas (Milhões)	%
Bovino	541,34	83,89
Bubalino	82,5	12,78
Caprino	14,53	2,25
Ovino	9,15	1,42
Camelo	1,48	0,23
Total	645,33	100

Fonte: FAO 2008 e Ramos (2009).

No total, o Brasil produz atualmente perto de 800 mil litros de leite ovino por ano, enquanto países europeus, como a Itália e a França; asiáticos, especialmente China; e do Oriente Médio, como a Síria nos quais a ordenha é praticada há pelo menos dois mil anos, produzem centenas de milhões de litros (TORMEN, 2011).

Dessa forma, no Brasil, a ovinocultura vive um momento de crescente expansão e seguindo esta tendência, tem-se observado um grande interesse pela exploração da produção leiteira, área carente de pesquisas e desenvolvimento de processos produtivos, principalmente pelo valor agregado que seus derivados possuem no mercado (STRADIOTTO, 2007).

3.3 Composição do Leite de Ovelha

Segundo Brasil (2002) o leite é definido como sendo o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais sadios, bem alimentadas e descansadas, sendo o leite de outras espécies denominado conforme a espécie que proceda.

O leite ovino apresenta uma riqueza de constituintes em sua composição, diferenciando-se do leite das demais espécies (ASSENAT, 1991). Segundo Durr *et al.* (2001) e Pellegrini (2012) os seus componentes podem ser classificados como principais e secundários quanto a contribuição por unidade de massa, sendo os principais água, proteína, gordura e lactose, enquanto os secundários englobam minerais e vitaminas.

O leite de ovelha apresenta sabor suave e levemente adocicado, com aroma próprio. Possui uma coloração branca intensa e homogênea. Contém glóbulos pequenos de gordura, que confere ao mesmo, certa cremosidade, tanto no leite como em seus derivados. Têm na sua composição nutrientes distintos dos demais leites, e com valores que acabam tornando-o altamente nutritivo, como verifica-se na Tabela 4 (GOETZE, 2010).

O melhor rendimento deste leite na produção de queijo é proporcionado pelo teor de sólidos totais (soma dos macros nutrientes, proteína, gordura, lactose e sais) que é muito superior em relação ao leite de vaca (GUTIÉRREZ, 1991, SOUZA *et al.* 2005).

Tabela 3. Composição dos nutrientes básicos dos leites de cabra, ovelha, vaca e humano.

Composição	Ovelha	Cabra	Vaca	Humano
Gordura (%)	7,9	3,8	3,6	4,0
Sólidos não Gordurosos (%)	12,0	8,9	9,0	8,9
Lactose (%)	4,9	4,1	4,7	6,9
Proteína (%)	6,2	3,4	3,2	1,2
Caseína (%)	4,2	2,4	2,6	0,4
Albumina e Globulina (%)	1,0	0,6	0,6	0,7
Nitrogênio não protéico (%)	0,8	0,4	0,2	0,5
Cinzas (%)	0,9	0,8	0,7	0,3
Calorias (100mL)	105	70	69	68

Fonte: Park et al. (2007) e Penna (2011).

O teor de sólidos totais chega a ser quase o dobro, tendo maior teor de proteína, especialmente a fração de caseína e gordura. Tal rendimento fica entre 18 a 25%, isto é, são necessários apenas 4 a 5 Kg de leite de ovelha para produzir 1 Kg de queijo. Este maior conteúdo e variedade de tipos de caseína é que permite esse maior rendimento, o que acaba reduzindo o tempo de coagulação da massa e o coágulo torna-se mais firme quando comparado à produção de queijo com leite de vaca (FERREIRA, 2009).

A qualidade do leite ovino está relacionada à sua capacidade de ser transformado em produtos lácteos de alta qualidade e à produção de altos rendimentos desses produtos por litro de leite, pois a maior parte do leite de ovelha produzido em todo mundo é transformada em queijo e, em menor proporção, em iogurte (BENCINI; PULINA, 1997).

A viscosidade do leite de ovelha é maior devido à sua riqueza de sólidos o que promovem um maior rendimento durante a fabricação de queijos na qual chega a ser duas vezes superior ao leite de vaca. Possui capacidade antibacteriana mais evidenciada que o leite de vaca devido à sua atividade imunológica característica, apresenta um maior poder tampão, o que pode ser uma vantagem para a sua conservação (RAMOS, 2009).

Existem também variações nas propriedades físico-químicas do leite de ruminantes. Observando a Tabela 4 percebe-se que o leite de cabra apresenta valores de densidade relativa semelhantes às encontradas no leite de vaca e

menores do que aqueles do leite de ovelha. De um modo geral, o leite desses pequenos ruminantes apresenta maiores viscosidade e acidez, mas menores índices de refração e ponto de congelamento do que o leite de vaca (PARK *et al.*, 2007).

Tabela 4. Algumas propriedades físico-químicas dos leites de cabra, ovelha e vaca.

Propriedades	Leite de Cabra	Leite de Ovelha	Leite de Vaca
Densidade relativa	1,029 - 1,039	1,0347 - 1,0384	1,0231 - 1,0398
Viscosidade	2,12	2,86 - 3,93	2,0
Índice de refração	1,450 ± 0,39	1,3492 - 1,3497	1,451 ± 0,35
Pto de congelamento (-°H)	0,540 - 0,570	0,570	0,530 - 0,570
Acidez (Ácido láctico %)	0,14 - 0,23	0,22 - 0,25	0,15 - 0,18
pH	6,50 - 6,80	6,51 - 6,85	6,65 - 6,71

Fonte: Park *et al.* (2007)

3.3.1 Gordura

O leite apresenta como componente de maior amplitude de variação a gordura, podendo variar entre dois e três pontos percentuais conforme a dieta estabelecida aos animais.

A gordura é um dos componentes mais importantes do leite de ovelha, pois tem função nutricional e influencia as características físicas e organolépticas. Está presente no leite em forma de glóbulos, e sua quantidade varia muito, dependendo da raça, alimentação, período de lactação, etc. (GUTIÉRREZ, 1991 e SOUZA 2005).

Brito (2003), demonstra, através de seus resultados, que ao longo do período de 140 dias avaliados, o teor de gordura obteve um aumento gradativo, com valor de 5,3 % no início da lactação e de 7,4 % aos 140 dias, obtendo um valor médio de 6,35 %.

Em trabalhos realizados com a raça Corriedale, Roda *et al.* (1987) e Sousa *et al.* (2005) obtiveram a média de 7,45% de gordura e Rosés (1993) constatou valores entre 7,16% e 7,47%.

O leite de ovelha apresenta ainda a peculiaridade de não apresentar caroteno em sua gordura, o que é responsável pela brancura típica deste leite. Além disso, a gordura do leite de ovelha difere bastante daquela do leite de vaca, apresentando maior quantidade de certos ácidos graxos, como o capróico (hexanóico), o caprílico (octanóico) e o cáprico (decanóico), de cadeia mais curta.(FURTADO, 2003 & RIBEIRO 2005).

Outra diferença marcante dos leites de ovelhas é a presença de níveis significativamente maiores (16% do total de ácidos graxos) dos ácidos graxos de cadeia curta e média (C₆-C₁₂) em relação ao leite de vaca. Estes estão associados ao sabor dos queijos, podendo ser também pesquisados como indicadores de fraudes por mistura de leite de diferentes espécies (PARK et al., 2007).

Além de ser considerado homogeneizado naturalmente em comparação ao leite de vaca, pois os glóbulos de gorduras são menores e distribuídos mais uniformemente, facilitando a digestão (FURTADO, 2003).

Considerando os vários benefícios nutricionais associados a estes ácidos graxos, o leite de ovelha se mostra bastante interessante no ponto de vista nutricional. Além disso, pesquisas têm demonstrado a existência de certa facilidade de manipulação da dieta visando aumentos do ácido linoléico conjugado (CLA) no leite de ovelhas e tornando-o ainda mais adequado para a dieta dos humanos. Por sua vez, o leite de ovelha tem maiores teores de ácidos graxos *trans* do que o leite de vaca e o de cabra, respectivamente, mas a quantidade observada nestes leites não é suficiente para oferecer riscos de doenças coronarianas associadas à sua ingestão (PARK et al., 2007).

3.3.2 Proteínas

O maior rendimento do leite ovino e seus derivados estão diretamente ligada à porcentagem protéica presente neste leite, o que chega a 6%, contra 3,3% contido no leite de vaca (Tabela 3).

O leite de ovelha possui até 3 vezes mais proteínas que permanecem em solução a pH de 4,6 (não precipitando) denominadas de proteínas do soro lácteo, formadas por um grupo variado que incluem: alfa-lactoalbumina, beta-lactoglobulina, albumina do soro sanguíneo, imunoglobulinas e peptídeos de

baixo peso molecular. Estas proteínas estão em solução na parte aquosa do leite, sendo perdidas em sua grande totalidade no soro, durante o processo de fabricação de queijos. Compõem assim a base da Ricota, já no processo de fabricação de leites fermentados (iogurtes) todas as proteínas (solúveis e insolúveis) presentes no leite ovino permanecem iguais ao do leite *in natura* durante o processo. (GOETZE, 2010).

O leite ovino apresenta composição protéica composta por diversas proteínas específicas, destacando-se a caseína que corresponde por cerca de 85% das proteínas lácteas. O conteúdo protéico do leite é variável, dependendo em grande parte da raça, do manejo, da alimentação e da fase de lactação, sendo que sua concentração aumenta de maneira contínua durante a lactação (PELLEGRINI, 2012).

Os teores de proteína encontrados na literatura variam de 4,2 a 7,2 % (PENNA, 2011). Resultado semelhante foi encontrado por Brito (2003), onde ovelhas Lacaune criadas no Rio Grande do Sul produziram leite com valor médio de 4,4 % de proteína. Já Cordero *et al.* (2002), comparando trabalhos realizados com diferentes raças e condições ambientais, observaram valores médios de proteína inferiores, que variaram de 3,4 a 6,5 %. Kremer *et al.* (1996) avaliaram o percentual médio de proteína, por um período de 2 anos, obtiveram valores que variaram entre 4,3 e 5,0 %.

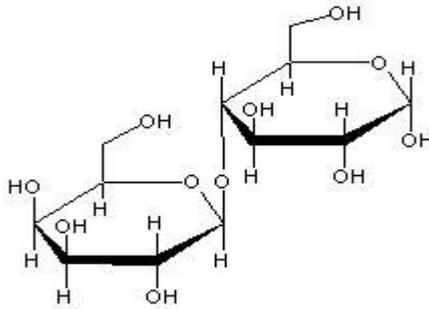
As caseínas são compostas pelas frações de α_1 , α_2 , β e κ e as suas percentagens no leite variam de acordo com a espécie, já que é uma característica genética devida aos diferentes níveis de fosforilação, substituições de aminoácidos, diferenças de glicosilação, alteração da carga elétrica, peso molecular e hidrofobicidade das proteínas (GOETZE, 2010).

A concentração das α_1 e α_2 -caseínas no leite de ovelha é maior que no leite de cabra, mas menor do que no leite da vaca. A β -caseína representa cerca de 50% do total de caseínas desse leite, contra 2/3 do total no leite de cabra e 1/3 no leite de vaca. Estas diferenças nas quantidades de caseína presentes no leite de ovelha explicam diferenças na estrutura da micela, que determinam variações na sua estabilidade e coagulação, e a ocorrência de menor sabor amargo nos derivados lácteos obtidos com esse leite, comparado ao leite de cabra (GOETZE, 2010).

3.3.3 Carboidratos

O principal açúcar para a síntese do leite, a lactose (Figura 1), serve também como fonte de energia para as bactérias acidoláticas que participam da transformação do leite em seus derivados (BRITO, 2004).

Figura 1. Representação da estrutura da lactose



A lactose do leite de ovelha, como em outros ruminantes, é baixa no início da lactação, no colostro e para o final da lactação, opondo-se aos conteúdos como gordura e proteína no leite (PENNA, 2011).

Zimmermann et al. (2009), estudando ovelhas Suffolk encontraram valor médio de 4,15 % de lactose, inferior ao resultado obtido por Corrêa (2004) que, avaliando ovelhas Corriedale, obteve média de 5,3 %, assim como Kremer et al. (1996), também estudando leite de ovelhas Corriedale obtiveram resultado de 5,27% de lactose. Esses valores enquadram-se dentro dos valores médios encontrados por Cordero et al. (2002), que encontraram uma variação de 4,4 a 5,5 % de lactose para animais de diferentes raças e ambientes.

A lactose representa, normalmente, 49% dos sólidos do leite de ovelha, sendo o principal carboidrato dos leites. Os demais carboidratos são diversos oligossacarídeos, como resíduos de três a dez monossacarídeos, que podem ter características ácidas (ácido siálico) ou neutras. Estes elementos são importantes substratos para as bifidobactérias e podem desempenhar importante papel na proteção da mucosa intestinal contra agentes patogênicos, além de serem importantes para o desenvolvimento cerebral neonatal. Comparado com o leite de vaca, o conteúdo de lactose no leite de ovelha apresenta-se praticamente nos mesmos níveis, enquanto os teores de gordura

e proteína são mais elevados. Isto faz com que o teor de lactose no leite dessa espécie represente uma menor proporção dentro dos sólidos totais, constituindo 22-27% desses, contra 33-40% no leite de vaca (PENNA 2011).

O leite de ovelha contém também maior quantidade de ácidos graxos saturados de cadeia média/ curta e acredita-se que isto leva à maior absorção da lactose, o que acaba por ser benéfico aos intolerantes à lactose. O leite de ovelha contém ácido láctico, uma forma conversora da lactose, tornando-a mais facilmente aceita pelas pessoas intolerantes à lactose (CAMPOS, 2011).

3.3.4 Extrato Seco Total

O teor de sólidos totais engloba todos os componentes do leite, com exceção da água, sendo sua variação influenciada significativamente pelo teor de gordura do mesmo, componente que apresenta grande amplitude de variação. Cordero et al. (2002), relataram que os sólidos totais mostram uma tendência similar ao conteúdo de gordura, onde ocorre um aumento da porcentagem dos sólidos totais com o decorrer da lactação, em função da diminuição da produção de leite e conseqüente aumento do teor de gordura.

Com isso, Wendorff (2002) estudando várias raças ovinas verificou teores de extrato seco total que variaram entre 15,42 e 20,61 %, citando ainda que com o avanço do melhoramento genético dos rebanhos com a introdução de raças como a Lacaune, a tendência é que o volume de leite produzido seja maior, mas com menor percentual de sólidos totais, relação esta já evidenciada por Penna (2011) que destaca a correlação negativa entre a produção e composição do leite. Assim, Brito (2003) estudando ovelhas Lacaune e ovelhas 7/8 Lacaune x Texel, observaram, respectivamente, valores médios de 16,78 e 16,25 % de sólidos totais.

3.3.5 Minerais

Cada vez mais a população, de um modo geral, tem-se preocupado com a qualidade dos alimentos consumidos, tanto em relação ao seu aspecto nutricional quanto aos possíveis efeitos que possam afetar diretamente a

qualidade de vida este sem dúvida e um nicho de mercado que está cada vez mais em ascensão.

O corpo humano necessita de uma série de substâncias para a manutenção do equilíbrio de todas as suas funções vitais. Dentre estas substâncias estão as vitaminas e os minerais que embora representem uma porcentagem muito pequena do peso corporal total desempenham papéis importantes nos diferentes processos metabólicos e enzimáticos (PELLEGRINI, 2012).

Os minerais são importantes na nutrição humana como componentes de unidades estruturais, como ativadores de enzimas e também como agentes solubilizantes em água para produtos do metabolismo (LUIZ, 1999). Conforme recomendação de Brasil (2004), a ingestão diária de alguns minerais para adultos deve seguir as seguintes concentrações: 1000 mg de cálcio, 14 mg de ferro, 260 mg de magnésio, 7 mg de zinco, 700 mg de fósforo, 2,3 mg de manganês, entre outros.

A presença dos minerais no leite ovino ainda não foi extensivamente estudada como no leite bovino, mas podem ser de interesse nutricional e em saúde. O leite ovino fluido contém ao redor de 0,9% de minerais totais ou cinzas, quando comparados com 0,7% no leite de vaca. Os elementos mais abundantes são cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na) e magnésio (Mg); zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) são elementos-traços. Os níveis em Ca, P, Mg, Zn e Cu são maiores no leite de ovelha que no de vaca o oposto aparece no caso do K e Na. O teor mineral do leite ovino não é constante, mas influenciado por numerosos fatores como estágio da lactação, *status* nutricional do animal, fatores genéticos e do meio-ambiente devido às diferenças em alimentação e variações sazonais (PARK et al., 2007).

O leite ovino contém aproximadamente 160 mg de cálcio e 145 mg de fósforo, enquanto o leite de cabra contém 194 mg de cálcio e 270 mg de fósforo, por 100 g de leite (JANDAL, 1996), já o leite bovino apresenta valores inferiores destes elementos, sendo 97 mg de Ca, 78 mg de P e 9,10 mg de Mg/100g de leite (RICHARDS et al., 2009).

3.4 Fatores que Interferem na Composição do Leite Ovino

A variação da composição do leite ovino depende de inúmeros fatores, como ambiente, raça, idade e estágio de lactação. Ainda podemos citar como fatores que influenciam a composição do leite a técnica de ordenha, estado sanitário e infecções do úbere, manejo do rebanho, nível nutricional durante a gestação e lactação, porção da ordenha, estação do ano e nível de produção (BENCINI & PULINA, 1997).

A raça e o genótipo da ovelha podem afetar a qualidade do leite produzido. O emprego de critérios de seleção para produção leiteira tem levado à criação de raças especializadas que produzem mais leite que carne ou lã. (PENNA, 2011).

A composição do leite de várias raças leiteiras de ovelhas criadas na Europa e na Ásia está apresentada na Tabela 5. Como se pode observar, o teor de gordura e de sólidos totais são os que mais variam entre as raças, com valores entre 5,33 e 9,05%, e 15,42 e 20,61 %, respectivamente.

Tabela 5. Composição do leite de várias raças de ovelhas leiteiras da Europa e Ásia expressas em percentual.

Raças	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)	Sólidos T. (%)
Lacaune	7,40	6,63	4,66	-
Boutsico	7,68	6,04	4,80	19,30
Vlahio	9,05	6,52	-	20,61
Karagouniko	6,43	5,97	4,95	18,21
Nadjii	5,33	4,75	4,48	15,42
Friesland	7,30	5,82	4,37	18,46
Merino-Balbass	5,84	5,29	4,69	16,89

Fonte: citados por Wendorff (2002).

As ovelhas apresentam diferença na composição do leite conforme o número de lactações, ou seja, ovelhas mais velhas apresentam um aumento no teor de gordura e proteína e, redução na concentração de lactose, ocorrendo conseqüentemente uma queda na produção de leite (BENCINI, 2001; HILALI et al., 2011).

A composição do leite ovino apresenta-se diferente durante o período de lactação, sendo que no início da lactação os teores de gordura, proteína e sólidos totais são mais elevados, assim como no final da lactação. Porém durante o pico de produção, o teor desses componentes diminui (BENCINI, 2001).

Outro componente, a lactose, principal constituinte do leite responsável pela pressão osmótica e relacionada à produção de leite pelas células alveolares, segue a curva de produção de leite, com teor elevado no pico e, baixo no início e final da lactação (HURLEY, 2002).

Durante a lactação, há correlação negativa entre produção e composição do leite de ovelhas. Quando produzem maior quantidade de leite, geralmente há menor concentração de gordura e proteína, sendo essa relação válida tanto para raças de alta quanto de baixa produção, como também entre animais de um mesmo rebanho (BENCINI, 2001).

A nutrição afeta tanto a produção quanto a composição do leite. Para a ovelha atingir o máximo da sua produção leiteira, atenção deve ser dada à nutrição das borregas² desde a fase de recria, quando o balanço energético da dieta pode afetar o desenvolvimento da glândula mamária e a futura capacidade produtiva da fêmea (WENDORFF, 2002).

A ingestão energética é o fator nutricional que esta relacionada diretamente com o teor e a produção de proteína do leite, ou seja, a ingestão de uma dieta com nível energético elevado faz com que ocorra um aumento na produção e também do teor protéico do leite. Por outro lado, quando o balanço energético for negativo, o que não se preconiza, ocorrerá um decréscimo no teor de proteína e aumento no teor de gordura. Entretanto, os fatores que estimulam a produção de gordura e proteína do leite são quase que antagônicos (PERES, 2001).

3.5 Aplicações Industriais do leite de Ovelha

A informação das características nutricionais do leite de ovelha é essencial para o desenvolvimento otimizado da indústria láctea assim como

² Ovelha com menos de um ano;

para o marketing de seus produtos. Com o progresso do conhecimento da composição e papel dos componentes desse leite, tornou-se visível durante os últimos anos que alguns componentes do mesmo possuem propriedades biológicas além da sua significância nutricional e acabam por impactar as funções orgânicas humanas ou condições em saúde.

Este tipo de leite provou ser fonte rica e única de componentes quimicamente definidos, isolados e utilizados como ingredientes de alimentos funcionais, promotores da saúde, ou como nutracêuticos. Como resultado, há interesse crescente pela indústria láctea para delinear e formular produtos que incorporem componentes bioativos específicos, derivados dos diferentes tipos de leites (CAMPOS, 2011).

Com o leite fluido têm-se dificuldades no transportar, tanto pelo volume quanto pela durabilidade. Desta forma a obtenção do leite em pó de ovelha é uma alternativa para agregar ainda mais valor á está matéria-prima tão rica em nutrientes, além é claro de aumentar a variedade de produtos à base do leite de ovelha encontrados no mercado.

3.5.1 Leite em pó

Para atender a uma vasta gama de utilização, o leite em pó pode apresentar diferentes propriedades e características, decorrentes do processamento e do controle das variáveis de operação da planta industrial.

Segundo a portaria N° 369 de 04 de setembro de 1997, entende-se por leite em pó o produto obtido por desidratação do leite de vaca integral, desnatado ou parcialmente desnatado e apto para a alimentação humana, mediante processos tecnologicamente adequados. O leite é classificado conforme seu teor de gordura. E a classificação esta descrita na Tabela 6.

O processo tradicional para fabricação do leite em pó, normalmente utilizado pelos laticínios consiste em seis etapas básicas (Figura 2).

Tabela 6. Requisitos para leites em pó com diferentes conteúdos de matéria gorda.

Requisitos	Integral	Parcialmente Desnatado	Desnatado
Matéria Gorda (% m/m)	≥ 26	1,5 a 25,9	≤ 1,5
Umidade (% m/m)	Max. 3,5	Max. 4,0	Max. 4,0
Acidez titulável (ml)*	Max. 18,0	Max. 18,0	Max. 18,0
Índice de solubilidade (ml)	Max. 1,0	Max. 1,0	Max. 1,0
Leite de alto tratamento térmico			Max. 2,0

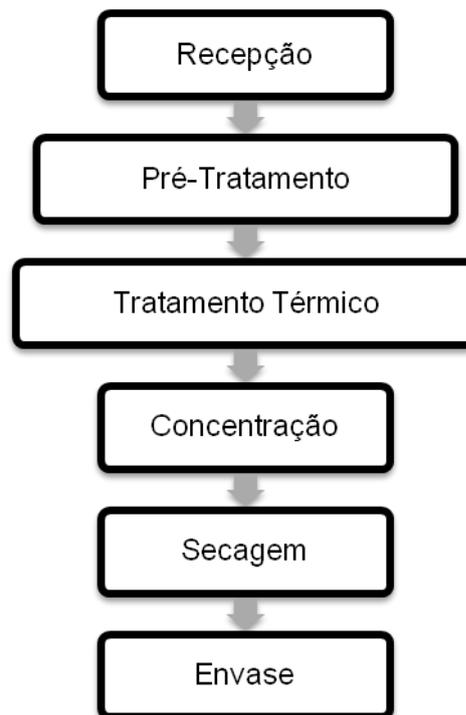
*Acidez titulável: NaOH 0,1 N/10g sólidos não gordurosos

Fonte: MAPA, 1997.

Segundo Medeiros (2010), as etapas de obtenção do leite em pó estão descritas na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação do leite em pó.

Fonte: Adaptado de Medeiros (2010).



- **Recepção:** Na qual o leite integral cru é inspecionado com relação à composição físico-química, propriedades físicas, atributos sensoriais, conteúdo bacteriológico, como exigido pelas normas regulamentadoras;

- **Pré-Tratamento:** Após ser liberado da primeira etapa o leite é clarificado, em seguida resfriado (4°C), em seguida o mesmo é padronizado para ajustar os seus teores de gordura e de sólidos totais ao tipo de produto final requerido;
- **Tratamento Térmico:** aqui o leite é pasteurizado (72°C durante 15 segundos) e em seguida passa pelo processo UHT por 135-150°C durante 2 a 8 segundos, visando eliminar toda a flora patogênica presente no leite e melhorar a sua resistência à armazenagem;
- **Concentração:** consiste de duas operações, ou seja, a evaporação de parte da água contida no leite e a sua homogeneização. Concentra-se o leite de 12 para 50% de sólidos totais em um sistema de evaporadores de múltiplo efeito sob vácuo a baixas temperaturas.
- **Secagem:** a secagem é realizada através do processo de atomização através de um equipamento chamado *Spray dryer* no qual é o coração do processo de secagem este processo será mais bem abordado na seqüência deste trabalho;
- **Envase:** consiste na etapa final onde nada mais se tem o acondicionamento do produto.

O leite em pó pode ser classificado segundo sua composição em integral, desnatado ou semidesnatado. Entretanto, a presença de gordura aumenta seriamente as dificuldades de fabricação devido ao perigo de oxidação e rancidez durante o armazenamento.

O maior problema do leite em pó é a solubilidade do produto final. É necessário que o leite, no decorrer da secagem, não sofra modificações profundas que impeçam sua total dissolução em água, na reconstituição do leite inicial. O índice de insolubilidade expressa à proporção de pó que não se dissolveu durante a reconstituição.

Existem procedimentos para a obtenção de um leite em pó fácil de dispersar (leite em pó instantâneo). As partículas que os compõem são maiores e mais umedecíveis que as do leite spray normal e dissolvem-se instantaneamente em água fria.

O leite em pó integral é resultante do processo industrial, no qual apenas o conteúdo de água da emulsão é eliminado. Portanto neste tipo de leite, a gordura livre de ponto de fusão mais alto, atua como agente

hidrofóbico na superfície da partícula, prejudicando a sua reconstituição em água a temperatura inferior a 45°C. Para minimizar esse efeito, pode-se, após a secagem do leite, efetuar um resfriamento rápido do pó até a temperatura ambiente. Isso evita a liberação parcial da gordura. Outro método, bastante utilizado nas indústrias, é adicionar ao leite substâncias surfactantes, que recobrem a superfície da partícula formando uma camada hidrofílica ou umidificante. Atualmente a lecitina de soja é o agente ativo natural mais usado e aceito na produção do leite em pó (MEDEIROS, 2010).

O processo de secagem do leite implica na formação de lactose no estado amorfo que é altamente higroscópica (PERRONE *et al.*, 2011).

A lecitina é uma substância que tem propriedades hidrofílicas e lipofílicas e pode ser utilizada para recobrir a superfície das partículas do leite em pó, servindo literalmente de ponte entre a gordura e a água e facilitando, assim, a dispersão do pó. Segundo a Portaria N° 369, de 4/09/1997 a proporção máxima de adição da lecitina como agente emulsificante deve ser de 5 g/Kg.

O dimensionamento de equipamentos no processamento de alimentos tais como os secadores, os quais envolvem operações de aquecimento, bombeamento e aspersão de materiais, exige dados precisos das propriedades do produto e como estas se comportam com variações dos parâmetros de processo tais como: temperatura, pressão, vazão entre outras, o desconhecimento dessas características pode levar a obtenção de produtos de baixa qualidade. Além disso, para modelar, simular, otimizar e controlar etapas do processo se faz necessário o conhecimento de todas as variáveis do processo. Sendo assim vamos a uma explanação sobre o processo de secagem utilizando *spray dryer*.

3.6 Secagem em *spray dryer*

A secagem por atomização (*spray dryer*) teve início no século 18 quando foi patenteada a primeira produção de secagem de ovos, a partir de então seu uso se disseminou pela indústria de alimentos sendo que um dos primeiros

produtos a fazer o uso desta técnica em escala industrial foi para a produção de leite em pó (ROSA *et al.*,2013).

Produtos secos pela técnica de aspersão (*spray dryer*) são valorizados devido à sua elevada estabilidade química e microbiológica e maior facilidade de transporte e armazenamento, diante do acima exposto é o processo mais empregado para a produção de leite em pó.

Segundo Silveira et al (2013), quando um alimento é colocado em uma corrente de ar com baixa umidade relativa (pressão de 1554 Pa) e elevada temperatura (em média 200°C), é formada espontaneamente uma diferença de temperatura e pressão parcial de água entre o alimento e o ar, resultando uma transferência de energia na forma de calor do ar para o produto e uma transferência de água do produto para o ar, sendo que o ar em contato com a partícula láctea atomizada possui temperatura de 45°C e pressão de 9583 Pa. As pequenas gotículas formadas e a grande área superficial das mesmas resultam em uma rápida evaporação da água a uma temperatura relativamente baixa, minimizando os danos térmicos ao produto.

De acordo com a lei de Fourier, quanto maior a área de troca, mais rápida será a transferência de energia na forma de calor e, portanto maior será a velocidade de secagem (TREYBALL, 1968).

Os parâmetros de atomização influenciam importantes propriedades dos pós como densidade, formato, distribuição de tamanho, quantidade de ar ocluso e o teor final de umidade. Desta forma, segundo Silveira et al (2013), as funções básicas da atomização são proporcionar uma elevada taxa de evaporação e produzir partículas com formato, tamanho e densidade com magnitudes controladas e desejadas.

Segundo Masters (1979) a secagem por atomização (*spray dryer*) nada mais é do que a transformação de um produto no estado fluido para o estado sólido em forma de pó, pela dispersão de gotículas do material dentro de uma câmara, que entra em contato com o ar aquecido. Esse processo é limitado aos alimentos que podem ser atomizados, como líquidos, pastas e purês de baixa viscosidade. Dada a sua versatilidade e o pequeno tempo de residência do produto na câmara de secagem, o *spray dryer* tornou-se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor.

O termo atomização relacionado à secagem em *spray dryer* deve-se à divisão do líquido em milhões de partículas individuais, formando essa nuvem de gotículas. Segundo Masters (1979), a secagem de 1m^3 de líquido origina aproximadamente 2×10^{12} partículas uniformes de diâmetro 100 μm , o que equivale a uma área superficial de 60.000 m^2 .

A etapa de concentração, anterior a etapa de secagem em *spray dryer*, é importante na minimização do custo energético do processo, uma vez que está operação de transferência de calor e de massa é simples, sendo o método mais antigo e mais empregado na indústria de laticínios. A etapa de secagem governa as características do produto final. A emulsão concentrada de leite, injetada no secador *spray dryer* pelo atomizador é transformada em gotículas, as quais entram em contato direto e imediato com a corrente descendente de ar quente (MEDEIROS, 2010).

O processo de secagem por aspersão consiste de três etapas fundamentais. Na primeira fase, o fluido é disperso como gotículas, produzindo uma grande área superficial. Na segunda, ocorre contato destas com uma corrente de ar aquecido, havendo transferência de calor. Na terceira etapa acontece a evaporação do solvente e a formação da partícula sólida (Figura 3).

Figura 3. Formação de partícula por secagem por aspersão.

Fonte: (CAO *et al.*, 2000).



Com a transferência de calor do ar aquecido às gotículas, o líquido da superfície evapora-se rapidamente. As partículas solidificadas geralmente apresentam o mesmo tamanho e forma da gotícula que as originou. Na última etapa, o produto de secagem é transportado por uma corrente de ar sendo posteriormente coletado (BROADHEAD *et al.*, 1992).

A evaporação superficial da gotícula conduz à formação de uma camada de material seco externa. Através desta camada, o líquido situado no interior da gotícula propaga-se para o exterior. Dependendo da elasticidade e da permeabilidade da crosta, serão produzidos distintos materiais secos como esferas intactas, com superfície imperfeita ou fragmentada, sólidas ou ocas (OLIVEIRA & PETROVICK, 2009).

De acordo com Tonon (2009), nos estágios iniciais da secagem, a gota tem uma superfície líquida e a evaporação de água desta superfície é bastante rápida. A remoção da água faz com que a superfície fique mais concentrada em solutos (o que vai depender da velocidade de evaporação e da taxa à qual o líquido pode migrar do interior para a superfície da gota). Devido a esse aumento da concentração, os sólidos acabam formando uma crosta, que envolve uma partícula oca. A espessura dessa crosta depende da taxa de secagem, sendo que taxas iniciais elevadas levam à formação de partículas maiores com casca fina, enquanto taxas iniciais mais baixas resultam em partículas menores, com a casca mais espessa e alta densidade.

A viscosidade do material a ser processado também é uma propriedade que afeta as condições de secagem e a qualidade do produto final. De acordo com Ré (1998), o aumento da viscosidade até certo valor diminui a circulação interna e as oscilações das gotas, facilitando a secagem.

No entanto, emulsões com viscosidades muito elevadas requerem uma maior exposição à atomização e dificultam a formação das gotas, resultando em partículas de forma irregular. A viscosidade, o conteúdo de sólidos, a tensão superficial do produto fluido a secar, além do fluxo de alimentação, influenciam diretamente o tamanho de partícula (OLIVEIRA & PETROVICK, 2009).

A concentração de sólidos presentes no líquido de alimentação exerce grande impacto sobre a eficiência da operação de secagem. Devido ao custo do processo, o *spray dryer* deve operar com o máximo teor de sólidos possível,

possibilitando uma utilização adequada do calor (MASTERS, 1979). Baixas concentrações de sólidos necessitam que grande quantidade de solvente seja eliminada ou requerem a adição de adjuvantes de secagem, visando à formação de partículas maiores e à otimização do rendimento do processo (DE CAMPOS, 1996).

A influência do teor de sólidos no material de partida é refletida no tamanho de partícula e na densidade do produto final. De acordo com Cao et al. (2000), o aumento no conteúdo de sólidos, eleva a viscosidade, resultando em pós com maior densidade. Além disso, quanto menor o conteúdo de sólidos em uma suspensão, maior o espaço oco interno da partícula (*ballooning*), porém as paredes tornam-se menos espessas.

Outro fator importante a ser considerado, é a viscosidade da formulação, pois esta interfere na formação de gotas esféricas. Deste modo, menos energia ou menor pressão são aplicadas quando a viscosidade for baixa. Por outro lado, a viscosidade elevada da formulação impede a formação adequada das gotas durante a aspensão, propiciando aumento no tamanho de partícula, devido à formação de gotículas maiores durante a etapa de aspensão (CAO, *et al.*, 2000).

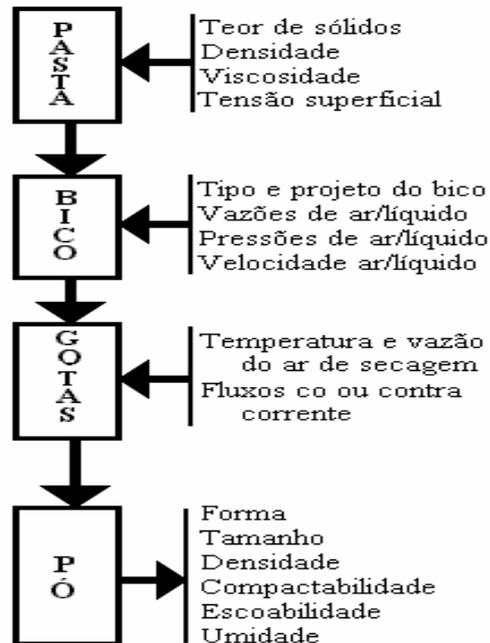
Além disso, a tensão superficial do material a ser seco exerce influencia proporcional sobre a energia gasta para formar as gotículas. A adição de tensoativos é utilizada com a finalidade de reduzir a tensão superficial, propiciando a formação de gotículas menores e aumento na velocidade de aspensão (DE CAMPOS, 1996; SOARES, 2002).

3.6.1 Influência do Processo

O diagrama da Figura 4 apresenta de maneira reduzida os fatores que influenciam nos resultados do processo de secagem utilizando o método de atomização. Um dos parâmetros de maior importância é a temperatura do ar de entrada, sendo determinante na qualidade do produto obtido. O aumento na temperatura do material de entrada facilita o processo de secagem, pois normalmente reduz a tensão superficial e a viscosidade, facilitando a formação de gotículas (SOARES, 2002).

Figura 4. Diagrama esquemático dos fatores que afetam a secagem por "spray".

Fonte: ROSA, (2013).



A temperatura de entrada deve estar acima do ponto de ebulição do solvente utilizado. Ainda que a temperatura de entrada possa ser consideravelmente elevada, os sólidos em cada partícula nunca são aquecidos acima da temperatura de saída. A umidade do produto final de secagem é determinada pela temperatura de saída, que por sua vez é dependente da temperatura de entrada. A temperatura do produto aspergido estará aproximadamente 20°C abaixo da temperatura de saída. O melhor ajuste da temperatura de entrada e saída necessita ser estabelecido para otimização das características físicas do produto (DE CAMPOS, 1996).

As mudanças morfológicas das partículas em diferentes locais da câmara de secagem foram avaliadas por Alamilla-Beltrán et al. (2005). Essas alterações foram relacionadas à umidade e às temperaturas do processo. Em temperaturas mais baixas foram observadas partículas com menor tamanho, que se apresentaram com uma fina crosta, compacta e irregular.

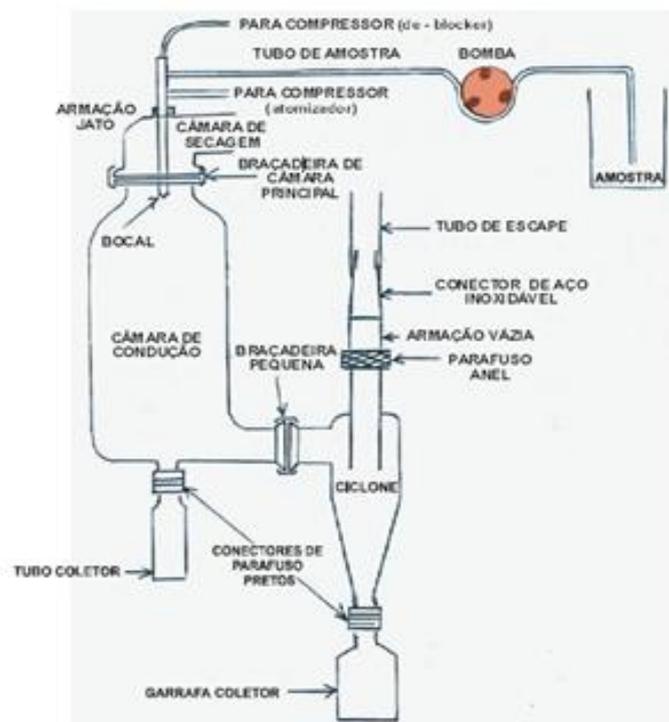
O ajuste da velocidade de alimentação é realizado com a finalidade de que o líquido presente nas gotículas evapore antes que estas entrem em contato com as paredes da câmara de secagem. Velocidades de alimentação excessivas conduzem à diminuição da temperatura de saída e ao acúmulo do material sobre as paredes da câmara (MASTERS, 1979).

Através da avaliação da temperatura do ar de saída e da inspeção das paredes da câmara de secagem é determinado o fluxo de alimentação. Se a temperatura do ar de entrada permanecer constante, uma diminuição na taxa de alimentação do líquido acarretará em aumento na temperatura do material de saída (MASTERS, 1979).

O conjunto que compõe um equipamento do tipo “*spray dryer*” padrão é constituído de: 1) Sistema de atomização do material (aspersores); 2) Sistema de aquecimento e controle de temperatura do ar de secagem; 3) Sistema de bombeamento e controle de vazão da alimentação de material a ser seco; 4) Sistema da alimentação de ar para secagem; 5) Câmara de secagem e 6) Sistema de separação ar - pó seco. A Figura 5 mostra um diagrama esquemático de uma configuração básica de “*spray dryer*”.

Figura 5. Esquema de Funcionamento de um *spray dryer*.

Fonte:(VALDUGA, 2003).



Existem no mercado diversos tipos de secadores por aspersão. A escolha dos mesmos depende do material a ser seco e das características pretendidas para o produto final. A distribuição e o tamanho de partícula estão relacionados ao tamanho das gotículas formadas pelo processo de aspersão. Portanto, a escolha do tipo do aspersor é fundamental. Os aspersores são classificados em três tipos básicos: de pressão, pneumáticos e de disco giratório, sendo estes dois últimos os mais difundidos, neste trabalho foi utilizado um atomizador com um aspersor do tipo pneumático para a obtenção do leite em pó de ovelha.

3.6.2 Vantagens do Processo

O processo de secagem por aspersão apresenta diversas vantagens, tais como (OLIVEIRA & PETROVICK, 2009):

- Controle da uniformidade e do tamanho das partículas do produto pela manipulação das variáveis do processo;
- Processo contínuo, podendo ser alteradas condições de operação sem a necessidade de interrupção;
- Rapidez e rendimento. A evaporação ocorre em frações de segundos, em virtude da formação de inúmeras gotículas que proporcionam uma grande área superficial para trocas térmicas e transferência de massa;
- Baixa agressividade ao produto, o que a faz apropriada para produtos termossensíveis devido ao curto tempo de contato com a fonte de calor, podendo assim, ser empregada com sucesso na produção de leite em pó;
- As partículas resultantes apresentam forma esférica uniforme e uma rápida dissolução, devido à grande área específica;
- Os custos do processo são baixos.

3.7 Iogurte

O iogurte constitui uma rica fonte de proteínas, cálcio, fósforo, vitaminas e carboidratos. O consumo deste produto está relacionado à imagem positiva de alimento saudável e nutritivo, associado as suas propriedades sensoriais.

Esse consumo também pode ser atribuído aos benefícios que o iogurte traz ao organismo humano, tais como: facilitar a ação das proteínas e enzimas digestivas, facilita a absorção de cálcio, fósforo e ferro, ser fonte de galactose – importante na síntese de tecidos nervosos e cerebrosídeos em crianças, além de ser uma forma indireta de se ingerir o leite (FERREIRA et al, 2001).

A lactose presente no iogurte de leite bovino é mais facilmente digerível, pois cerca de 50% de sua concentração original já foi hidrolisada durante a fermentação, e as células bacterianas, durante o processo de metabolismo no organismo humano, sob condições gástricas, sofrem “lise”, liberando a lactase (BOBBIO, 1995).

Segundo o Ordóñez (2007), o iogurte é definido como o produto de leite coalhado por fermentação láctica mediante a ação de *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* a partir do leite pasteurizado, leite concentrado pasteurizado, leite integral ou parcialmente desnatado pasteurizado, leite concentrado pasteurizado integral ou parcialmente desnatado, com ou sem a adição de nata pasteurizada, leite em pó integral, semi-desnatado ou desnatado, soro em pó, proteínas de leite e /ou outros produtos procedentes do fracionamento do leite.

Na legislação vigente especifica que os micro-organismos produtores de fermentação láctica devem ser viáveis e estarem presentes no produto final em quantidade mínima de 10^7 colônias por grama e o iogurte integral ainda deve conter no mínimo 2% de gordura láctea. E todos os iogurtes devem conter no mínimo 8,5 % de extrato seco desengordurado lácteo, segundo o regulamento técnico de identidade e qualidade das bebidas lácteas.

O leite fermentado mais importante é o iogurte, obtido da coagulação do leite pela ação de micro-organismos, e que fornece uma melhor assimilação, pelo organismo, de certos componentes, principalmente a lactose e proteína (SILVA, 2007). Através da fermentação láctica resulta-se o leite fermentado, adicionado ou não de frutas, açúcar e outros ingredientes que melhoram sua apresentação e modificam seu sabor.

Existem hoje no mercado vários tipos de iogurte classificados de acordo com o processo de elaboração, adição de ingredientes, composição, consistência e textura. São eles (BRANDÃO, 1987; TAMIME & DEETH, 1980):

- Iogurte tradicional: no qual o processo de fermentação ocorre dentro da

própria embalagem, não sofre homogeneização e o resultado é um produto firme, mais ou menos consistente;

- Iogurte batido: o processo de fermentação ocorre em fermentadeiras ou incubadoras com posterior quebra do coágulo;
- Iogurte líquido: o processo de fermentação é realizado em tanques; é comercializado em embalagens plásticas tipo garrafa ou do tipo cartonadas.

As propriedades físicas do iogurte, como consistência/viscosidade do coágulo, são de grande importância, pois quanto maior o conteúdo em sólidos da mistura destinada à elaboração do iogurte, maior a consistência e viscosidade do produto final. A prática utilizada nas indústrias é a adição de leite em pó (integral, semi-desnatado ou desnatado), com o objetivo de alcançar a concentração de sólidos necessária para a melhor consistência do iogurte (TAMIME & ROBINSON, 1991).

Atualmente, a indústria de iogurte está mais centrada no iogurte batido, pois este permite aos produtores adicionar estabilizantes para prevenir a sinérese durante a vida de prateleira (LUCEY & SINGH, 1998).

O iogurte é um derivado do leite que apresenta uma das melhores margens de rentabilidade para o fabricante de produtos lácteos, devido ao fato de não passar por nenhum processo de concentração, ou seja, começa com um volume de matéria-prima e termina com o mesmo volume, já que alguns ingredientes como polpas de frutas são acrescentados. Seu mercado, em suas diversas categorias, vem demonstrando grande potencial de crescimento nos últimos anos (SANTOS, 1998).

3.7.1 Particularidades no processo de fabricação do iogurte

A seguir uma descrição breve da elaboração do iogurte será apresentada, envolvendo aspectos que vão desde a matéria-prima até o produto final. Tal descrição está baseada nos trabalhos de Tamime & Robinson (1991), Ordóñez (2007) e Mundim (2008).

O leite utilizado para fabricação de iogurte deve apresentar Boas Práticas de fabricação (BPF) ser higienicamente produzido e manipulado, de composição físico-química normal, isento de antibióticos e preservativos e não

deve ser utilizado congelado, a fim de evitar defeitos na textura do produto. Para a fabricação de um produto mais consistente, se deve aumentar a matéria seca do leite pela adição de 2 a 4% de leite em pó. No caso de utilizar açúcar, este deve ser adicionado ao leite antes do aquecimento, normalmente de 6 a 12%.

Esse tratamento tem como objetivo destruir os microorganismos patogênicos e outros que possam competir com as culturas do iogurte, além de promover a desnaturação das proteínas do soro que reduz a contração do coágulo da caseína do iogurte, diminuindo, conseqüentemente, a sinérese. O tratamento térmico estimula o início do crescimento da cultura láctica por redução do conteúdo de oxigênio do leite, além disso, influi sobre o aumento da viscosidade do iogurte e na obtenção de uma boa textura. Após aquecimento do leite, deve-se resfriá-lo à temperatura de 42 - 43°C.

Após o leite ser resfriado (42 - 43°C) adiciona-se de 1 a 2% de fermento láctico preparado previamente, pela ativação das culturas. A cultura mãe deve ser homogeneizada, de forma que todos os grumos sejam quebrados. Após a adição de culturas no leite, o conjunto deve ser novamente homogeneizado por cerca de 2 minutos e o leite deve permanecer em completo repouso por aproximadamente quatro horas, a uma temperatura de 41 a 45°C. Ao final da fermentação, o coágulo deve apresentar pH entre 4,5 e 4,7 e uma concentração de ácido láctico de 0,9%; o gel deve ser liso, brilhante, sem desprendimento de soro ou gases.

Durante o processo de fermentação ocorre a produção de ácido láctico como produto principal e a produção de pequenas quantidades de outros subprodutos que influenciam profundamente nas características organolépticas do iogurte. O acetaldeído é produzido em maiores quantidades seguido por acetona, 2 - butanona, diacetil e acetoína. O ácido láctico resultante da fermentação contribui para a desestabilização da micela de caseína, provocando sua coagulação no ponto isoelétrico (pH 4,6 - 4,7) e conduzindo à formação de um gel, o iogurte. Além disso, a fermentação láctica beneficia o valor nutricional do produto final.

O início da fermentação (acidez < 20°D) favorece o desenvolvimento do *Streptococcus thermophilus*, estimulado por alguns aminoácidos livres

(especialmente a valina), produzidos pelo *Lactobacillus bulgaricus*, provocando um aumento da acidez.

Nessa fase, o *Streptococcus thermophilus* libera ácido fórmico, que é estimulante do desenvolvimento do *Lactobacillus bulgaricus*.

Ao se atingir +/- 46ºD, o meio se torna pouco propício ao *Streptococcus thermophilus*, favorecendo o rápido desenvolvimento do *Lactobacillus bulgaricus*, com produção de acetaldeído, principal responsável pelo aroma característico do iogurte.

Durante a fermentação, as duas bactérias crescem simbioticamente, produzindo ácido láctico e compostos aromáticos. Com o aumento da acidez, o pH se aproxima de 4,6, que é o ponto isoelétrico da proteína do leite, ocorrendo a formação do coágulo.

O resfriamento é uma etapa crítica na produção de iogurte e é realizado logo após o produto ter atingido o grau de acidez desejado na fermentação. Como a elaboração do iogurte é um processo biológico, torna-se necessário o uso da refrigeração para reduzir a atividade metabólica da cultura, controlando deste modo a acidez do iogurte.

Para a obtenção do iogurte a partir do leite de ovelha seguiu-se a mesma tecnologia empregada para a produção do iogurte a partir do leite bovino tendo em vista que não existe uma legislação específica para o leite ovino.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão apresentados os materiais, equipamentos, metodologias e técnicas de medidas utilizadas na realização deste trabalho.

4.1 Leite de Ovelha Fluido

Como matéria prima foi utilizado leite de ovelha integral da raça Lacaune doada pela Cabanha Chapecó localizada no município de Chapecó, Santa Catarina. Após a ordenha mecânica o leite permaneceu sob refrigeração a temperatura de 4°C, na própria Cabanha, após esta etapa, o leite foi transportado em recipientes plásticos e em caixas térmicas até o laboratório de tecnologia de leite e derivados da Engenharia de Alimentos da URI - Erechim.

4.2 Preparo das amostras

Inicialmente, o leite foi pasteurizado a 63°C por 30 minutos no laboratório de tecnologia de leites e derivados da URI campus Erechim. Posteriormente foi adicionado ao leite pasteurizado lecitina de soja (0,5% em relação ao extrato seco) com o objetivo de estabilizar a emulsão (emulsificante), este é utilizado, pois o teor de gordura no leite ovino é muito elevado.

Em seguida o Leite foi concentrado em rota evaporador da marca Quimis® modelo Q344B (Figura 6) por 30 minutos a 60°C, 62 rpm e 67,73 kPa de pressão. Para cada experimento utilizou-se um litro de leite de ovelha.

Este procedimento foi realizado com a finalidade aumentar a viscosidade da solução e aumentar o teor de extrato seco para em torno de 30%, visando a redução de custos energéticos e aumentar a densidade das partículas do leite para posteriormente ser utilizado no *spray dryer*.

Figura 6. Rota-evaporador utilizado para a realização do processo de concentração do leite.



4.3 Secagem em *spray dryer*

A secagem por atomização foi realizada em um secador laboratorial com sistema de atomização em bicos – mini *spray dryer* – Lab Plant, modelo SD-05 (Huddersfield, U.K.), com bico injetor de 0,5 mm de diâmetro, fluxo de ar de 73 m³/h, (Figura 7), disponível no Laboratório de Fenômenos de Transporte, na URI campus Erechim.

Figura 7. *Spray dryer* utilizado para a realização do processo de secagem do leite.



Os ensaios foram realizados de acordo com um delineamento composto central rotacional 2^3 completo (DCCR). As variáveis independentes avaliadas foram: temperatura do ar de secagem, vazão mássica de alimentação da mistura e pressão. As Tabelas 7 e 8 apresentam os valores das variáveis independentes codificadas e os ensaios realizados para o planejamento experimental, respectivamente.

Tabela 7. Valores utilizados no DCCR para a obtenção de leite em pó de ovelha por *spray dryer*.

Variáveis	-1,68	-1	0	+ 1	+ 1,68
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	143,2	150	160	170	186,8
Vazão (L/h)	3,0	3,5	4,2	4,9	5,4
Pressão (bar)	0,9	1,2	1,6	1,8	1,9

Tabela 8. Delineamento de experimentos DCCR da secagem em *spray dryer*

Ensaio	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Vazão (L/h)	Pressão (bar)
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	-1,68	0	0
13	1,68	0	0
14	0	-1,68	0
15	0	1,68	0
16	0	0	-1,68
17	0	0	1,68

A alimentação do secador foi realizada através de uma bomba peristáltica, com velocidade de rotação ajustada em função da velocidade máxima, e a temperatura de saída do ar foi monitorada, a fim de se observar sua variação em função dos parâmetros adotados na alimentação do secador e das características do produto.

As respostas avaliadas no planejamento foram: conversão de produto (equação 1), tempo de processamento, umidade, atividade de água, lipídeos, proteína, lactose, cinzas.

$$\text{Conversão}(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: m_i = Massa do leite fluido (Kg); m_f = Massa do leite em pó (Kg);

A análise de variância (ANOVA), o teste de falta de ajuste (teste F), a determinação dos coeficientes de regressão e a obtenção das superfícies de resposta foram realizadas com o auxílio do *software* Statistica 8.0 com 95% de confiança.

4.4 Caracterização do Leite *in natura*

Para caracterização do leite *in natura* foram realizadas análises físico-químicas (pH, densidade, gordura, lactose, proteína total, acidez total e extrato seco total e microbiológica (Coliformes e *Salmonella*). As análises foram realizadas em triplicata.

4.4.1 Determinação do pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico. Utilizou-se o pHmetro (Marconi PA – 200) previamente calibrado em solução tampão pH 4 e 7, com 10 mL de leite temperatura de 20°C. Introduziu-se o eletrodo na solução, conforme método n° 4022, AOAC (2000).

4.4.2 Determinação da Densidade

Para a determinação da densidade do leite, foi primeiramente corrigida a temperatura para 15° C em seguida com o auxílio do termolactodensímetro foi

realizada a avaliação segundo metodologia convencional recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

4.4.3 Determinação de gordura

O teor de gordura foi determinado pelo método de Gerber (Instituto Adolfo Lutz, 2008), o qual se baseia na quebra da emulsão de gordura do leite pela adição de ácido sulfúrico e álcool isoamílico.

4.4.4 Determinação de Lactose

A lactose foi determinada através do método Munson- Walker, conforme metodologia descrita pela norma FIL-IDF 28 A (1974). As amostras de leite foram previamente solubilizadas em água e submetidas à desproteinização com ferrocianeto de potássio à 15% (p/v) e sulfato de zinco à 30%(p/v) em bomba de vácuo (Tecnal – TE – 058). O óxido de cobre I, obtido na reação do sulfato de cobre II e a lactose, foram filtrados e dessecados em estufa de recirculação (Fanem- 320 – SE) a 105°C. Os miligramas de óxido de cobre I foram convertidos em gramas de lactose anidra conforme Tabela de Panreac, apresentada no anexo 1.

4.4.5 Determinação da Proteína Total

A quantidade de nitrogênio total nas amostras foi determinada pelo método de Kjeldahl, segundo metodologia nº 920.123 da AOAC (2000). A proteína total foi determinada em destilador (VELP – UDK 126 A), e o valor total foi obtido utilizando-se o teor de nitrogênio total multiplicado pelo fator de correção 6,38.

4.4.6 Determinação da Acidez Total

A acidez total foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença do indicador fenolftaleína, segundo

método n.º 947.05 da AOAC (2000). O resultado foi expresso em g de ácido láctico por 100 g de amostra.

4.4.7 Determinação do Extrato Seco

O teor de extrato seco do leite foi determinado por evaporação, até peso constante em estufa com circulação de ar a 105° C. Para melhor controle da umidade do ar circulante, uma bandeja de sílica gel foi colocada na estufa. As amostras de leite (5 ml em média) foram pesadas em cadinhos de porcelana previamente tratados, sendo aquecidos em estufa durante 4 horas. Durante o acompanhamento da perda de umidade as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecadores, aguardando seu resfriamento até peso constante.

4.4.8 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas de Coliformes 45°C e *Salmonella* sp foram realizadas de acordo com as recomendações e metodologias exigidas pela RDC Nº 12 de 2 de janeiro de 2001.

4.5 Caracterização do Leite em pó de ovelha

Para a caracterização do leite em pó obtido, foram realizadas análises físico-químicas (lactose e proteína total seguindo-se a metodologia descrita no item 4.4). Para a determinação de: minerais, umidade, atividade de água e gordura, foram utilizadas os procedimentos descritos a seguir. As análises foram realizadas em triplicata.

4. 5.1 Determinação de Minerais

O conteúdo de cinzas dos leites em pó foi determinado conforme a metodologia descrita por Foschieira (2004). Inicialmente a amostra é pré-carbonizada em chapa de aquecimento, de modo a evitar o espalhamento e a

perda de gordura, a amostra foi carbonizada em mufla (Quimis) a 550°C/10 horas. A quantificação foi realizada pelo método gravimétrico.

As cinzas que restaram no cadinho foram diluídas com HNO₃ 1 mol/L e filtradas em balão volumétrico de 50 ml foram feitas sucessivas lavagens do cadinho com a solução ácida, até completar o volume do balão.

Em seguida os componentes minerais foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama, segundo a metodologia descrita por AOAC (1995).

4.5.2 Determinação da Umidade

A determinação da umidade do queijo foi determinada gravimetricamente em estufa de recirculação (Fanem – 320 - SE) a 105°C por aproximadamente 4 h e/ou até peso constante, segundo metodologia descrita por Brasil (2005).

4.5.3 Determinação da Atividade de Água

A determinação da atividade de água, (A_w), é uma das medidas mais importantes no processamento e análise de alimentos in natura ou processados, devido à sua influência na qualidade e na estabilidade destes. Ela representa a umidade de equilíbrio do ar que envolve o material (relação entre a pressão de vapor da água na camada de ar que envolve a superfície do material e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura) e está diretamente ligada ao teor de água não-ligada disponível no material.

A atividade de água no leite em pó foi determinada utilizando o aparelho Aqualab (modelo 4TE – Decagon Devices, Inc., Pullman, WA), cujo funcionamento se baseia nos higrômetros de resposta rápida.

4.5.4 Determinação da Gordura

A gordura foi extraída pelo método de extração com mistura de solventes (éter etílico e éter de petróleo) a frio (Norma FIL-IDF 5B, 1986). Após,

a recuperação do solvente em sistema soxhelt, a gordura foi quantificada pelo método gravimétrico, com dessecação em estufa a 105°C.

4.6 Processo de fabricação do iogurte

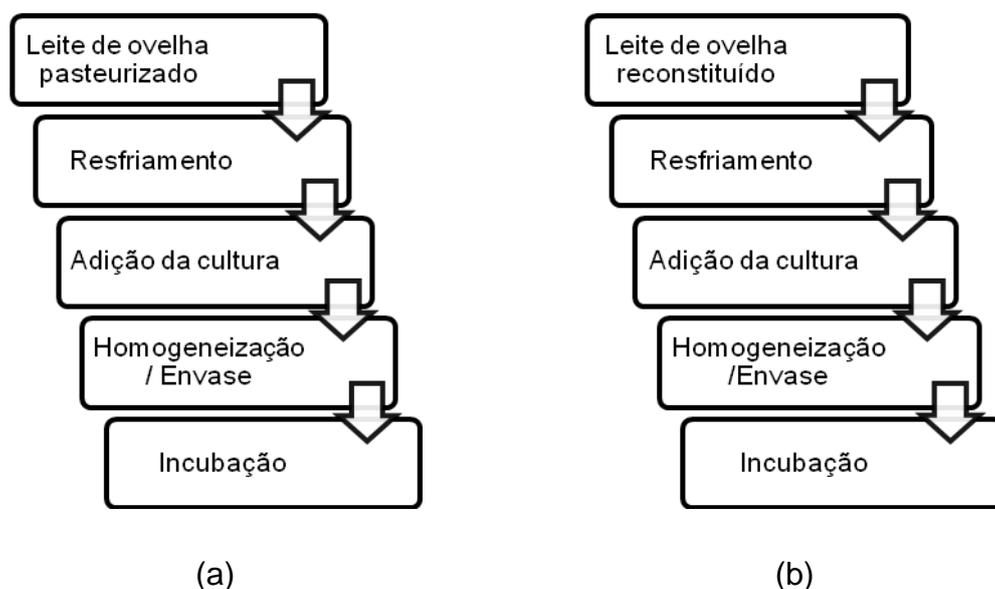
Finalizada a etapa de caracterização do leite em pó, foram realizados testes preliminares de reconstituição do leite em pó até o mesmo atingir o teor de sólidos totais iniciais, ou seja, em torno de 17% (metodologia descrita no item 4.4.7 determinação do extrato seco).

A prova de reconstituição na qual o leite em pó reconstituído permaneceu por 24h em solução sem formação de precipitado mantendo-se homogêneo ao longo da avaliação foi determinado seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Foram desenvolvidas duas formulações de iogurte natural: a primeira com leite integral de ovelha pasteurizado (Padrão) e a segunda com o leite em pó reconstituído de ovelha obtido neste trabalho.

Os iogurtes foram elaborados segundo metodologia descrita por Witschinski (2012) e adaptada, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 8.

Figura 8. Fluxograma de elaboração dos iogurtes (a) iogurte padrão e (b) leite reconstituído de leite de ovelha.



Para a produção do iogurte padrão realizou-se a pasteurização do tipo lenta 63°C por 30 minutos, seguida pela adição do açúcar (6%) e resfriamento a 45° C onde foi adicionado o fermento láctico da marca Nestle®, o produto foi homogeneizado com uma colher e envasado em potes plásticos transparentes e levados para a incubadora a 45°C por 6 horas.

Já para a produção do iogurte reconstituído a partir do leite em pó primeiramente foi padronizado o teor de sólidos através do extrato seco em seguida foi realizada a dispersão do pó em água a 65° C e homogeneizado com o auxílio de um liquidificador e na seqüência foi adicionado e 6% de açúcar. A solução foi resfriada a 45°C e adicionado o fermento láctico da marca Nestle®, o produto foi homogeneizado com uma colher e envasado em potes plásticos transparentes e levados para a incubadora a 45°C por 6 horas.

4.7 Caracterização dos iogurtes

Para avaliar as características do produto desenvolvido foram realizadas as determinações físico-químicas (pH, lactose e proteína conforme metodologia descrita no item 3.4, gordura, sinérese, cor objetiva), viscosidade e microbiológicas. As determinações foram realizadas em triplicata em diferentes dias (1 e 7 dias) de armazenamento.

4.7.1 Determinação da Gordura

A gordura foi determinada conforme metodologia descrita pela norma FIL-IDF 5B (1986). A amostra foi previamente digerida em HCl 25% (v/v) e a extração realizada com mistura de éter de petróleo e etílico (1:1 v/v) e quantificação pelo método gravimétrico em estufa de recirculação (Fanem- 32 - SE) à 105°C, até peso constante.

4.7.2 Determinação da Sinérese

A sinérese foi determinada pelo método da drenagem, onde uma determinada quantidade de amostra era transferida para um funil contendo

papel filtro. O volume de soro coletado durante 4 h a 4°C era pesado (MANZANO, 2007). A sinérese foi calculada através da Equação 2:

$$\text{Sinérese (\%)} = \left[\left(\frac{\text{Peso do soro após a filtração}}{\text{Peso da amostra}} \right) \times 100 \right] \quad (2)$$

4.7.3 Cor objetiva

A cor foi determinada utilizando um colorímetro portátil (Minolta CR400), com fonte de luz D65, na escala de L*, a*, b* do sistema CIELab, realizando-se as leituras em temperatura ambiente. No espaço colorimétrico CIELAB, definido por L*, a*, b*, a coordenada L* corresponde a luminosidade, a* e b* referem-se às coordenadas de cromaticidade verde(-)/vermelho(+) e azul (-) /amarelo(+), respectivamente.

4.7.4 Determinação da Viscosidade

A viscosidade do leite fluido *in natura*, pasteurizado e do iogurte foi determinada utilizando um viscosímetro rotacional, (Marca Brookfield - PROGRAMMABLE DV-III + Rheometer). Para a análise empregou-se 50 mL de amostra à temperatura ambiente (25°C) e o spindle 18 para o iogurte. Os resultados foram expressos em centipoise (cP).

4.7.5 Contagem de bactérias lácticas totais

Pesou-se 25 g da amostra em embalagem plástica para *Stomacher* (Sward –Laboratory Blender - Stomacher 400) e adicionou-se 225 mL de citrato de sódio 2 %. Homogeneizou-se a mistura durante 60 segundos, obtendo-se assim a diluição de 10¹. A partir desta diluição foram preparadas as diluições subsequentes necessárias para a análise. A inoculação foi realizada em meio Agar De Man, Rogosa & Sharpe (MRS) pelo método de plaqueamento em profundidade, onde foi adicionada 1 mL da diluição da amostra, e uma sobre camada com meio Agar-Agar. As placas foram incubadas durante 48 horas, a temperatura de 30 °C (FRANCO e LANDGRAF, 2005).

4.8 Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias utilizando o software STATISTIC versão 8.0 (Statsoft Inc, USA).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção do leite em pó de ovelha primeiramente o mesmo passou pela etapa de pasteurização (lenta), sendo caracterizado físico-quimicamente e microbiológica antes e depois desta etapa, em seguida foi concentrado e na sequência realizada a etapa de secagem em *spray dryer*.

Os parâmetros físico-químicos dos leites em pós obtidos foram avaliados para determinar em qual das condições de temperatura, vazão de alimentação e pressão de atomização os macro-nutrientes presentes no leite seriam mantidos ou onde seriam observadas as melhores condições para o processo (conversão de produto e tempo).

Assim, na sequência serão discutidos os resultados obtidos em relação à primeira etapa experimental, sobre as análises físico-químicas e microbiológicas e em uma segunda etapa a determinação da melhor condição para a realização da etapa de secagem e para realização da reconstituição do leite em pó e obtenção do iogurte natural a partir deste.

5.1 Caracterização do Leite Fluido de ovelha

Para a estabilidade e manutenção da segurança do leite, alguns padrões físicos, químicos e microbiológicos devem ser acompanhados. Estes parâmetros são estabelecidos por legislações específicas aos produtos de origem animal, como o leite. Os parâmetros físico-químicos foram avaliados para o leite de ovelha *in natura* e logo após a pasteurização, esses dados encontram-se na Tabela 9.

A determinação do pH do leite é importante fator para avaliar a qualidade do leite devido à produção de ácido láctico pela fermentação da lactose por microrganismos principalmente dos coliformes. Na maioria das espécies de leite *in natura* a faixa de pH situa-se entre 6,4 e 6,7 (WALSTRA *et al.*, 1999). Os valores obtidos neste experimento se encontram nesta faixa.

A densidade da emulsão do leite fornece uma estimativa do conteúdo de sólidos totais e informação sobre o teor e estado físico da gordura contida no leite de maneira geral pode-se dizer que a densidade do leite diminui à medida que o teor de gordura aumenta. A densidade apresenta uma relação inversa ao

teor de gordura, ou seja, conforme aumentam as semanas de lactação, aumenta também o percentual de gordura e conseqüentemente diminui a densidade do leite em virtude da baixa densidade da gordura.

Os valores de densidade para o leite de ovelha utilizado para realização do processo de secagem deste trabalho estão fora da faixa obtida por Ueda (1999) onde este autor encontrou valores de densidades variando entre 1034 e 1038g/mL.

Tabela 9. Parâmetros físico-químicos para o leite de ovelha.

Propriedades	Leite ovino "in natura"	Leite ovino pasteurizado
pH	6,43 ^a ± 0,02	6,47 ^a ± 0,02
Densidade g/mL	1040 ^a ± 0,00	1039 ^a ± 0,00
Gordura (%)	6,13 ^a ± 0,32	6,30 ^a ± 0,50
Proteína (%)	4,78 ^a ± 0,02	5,10 ^a ± 0,04
Lactose (%)	4,20 ^a ± 0,07	4,28 ^a ± 0,09
Extrato Seco (%)	17,16 ^a ± 0,92	16,78 ^a ± 0,60
Acidez (°D)	21,3 ^a ± 0,10	21,2 ^a ± 0,15

* Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Os valores de acidez encontrados no presente experimento (21,31 - 21,20 °D) são inferiores aos obtidos por Park et al. (2007), que citam valores médios para o leite ovino entre 22 e 25°D, porém superiores aos valores médios (18 – 20 °D) de Hilali et al. (2011) e, dentro da faixa encontrada por Assenat (1991) de 18 a 22°D.

Para Pinheiro e Mosquim, (1991) a pasteurização é um tratamento térmico que persegue duplo objetivo: obter um leite saudável e prolongar sua vida útil. O processo de pasteurização consiste na aplicação de um tratamento térmico no leite, com a finalidade de destruir os microrganismos patogênicos e parte da flora banal do leite, evitando a disseminação de doenças, preservando as características físico-químicas pela destruição quase total de sua microbiota normal ou saprófita conjuntamente com a inativação de algumas enzimas, diante do acima exposto não são esperadas alterações significativas nos macro-nutrientes após o processo de pasteurização conforme evidenciado na Tabela 9.

A avaliação microbiológica para o leite de ovelha foi realizada de acordo com os princípios da RDC nº 12 de 2001. Os resultados das análises microbiológicas realizadas no leite ovino antes da etapa de pasteurizado e após estão apresentados na Tabela 10, os quais estão de acordo com padrões estabelecidos na legislação brasileira, atestando a qualidade higiênico-sanitária do produto e que o processamento utilizado (pasteurização) foi satisfatório, estando o produto apto para consumo humano.

Não existe ainda na literatura e legislações específicas apresentando os padrões físico-químicos e microbiológicos para o leite fluido de ovelha, no entanto foram considerados os parâmetros do leite bovino.

Tabela 10. Parâmetros microbiológicos para o leite de ovelha in natura e pasteurizado.

Microrganismo	Leite ovino "in natura"	Leite ovino pasteurizado*
Coliformes 45°C (NMP/ mL)	9,3	Ausente
Salmonela SP (25 mL)	Ausente	Ausente

*RDC Nº 12 de 2001 salmonela ausência e Coliformes 45°C 4 NMP/mL para leite pasteurizado.

5.2 Obtenção do leite em pó de ovelha

Na Figura 9 está apresentado o aspecto do leite em pó obtido durante o processo de secagem em *spray dryer*, o qual será utilizado para os testes de reconstituição, percebe-se que o tamanho das partículas do mesmo apresenta formatos diferentes com a presença de pequenos aglomerados.

De acordo com O'Hagan *et al.* (2005), o tamanho das partículas pode ser importante em vários aspectos para os alimentos em pó, como por exemplo, no processamento, manipulação e na determinação de sua vida de prateleira. Dependendo do produto em questão, o tamanho das partículas pode influenciar o sabor, a cor, a textura e o odor do produto final, que são as características que mais preocupam o consumidor e que vão determinar se um produto é viável economicamente ou não. O tamanho das partículas também pode influenciar o escoamento dos pós, sua capacidade de reidratação,

solubilidade e dispersibilidade. Porém neste trabalho não serão avaliados as influências do tamanho das partículas sobre a solubilidade dos pós obtidos.

Figura 9. Aspecto visual do leite em pó obtido neste trabalho.



Para melhor avaliação do processo de secagem a ferramenta utilizada foi a metodologia de planejamento experimental DCCR (Tabela 11) na qual foi estudado a conversão de produto e o tempo de secagem do leite de ovelha.

A técnica de planejamento é aquela no qual se investigam todas as possíveis combinações dos níveis dos fatores de cada ensaio (Box *et al.*, 1978). O efeito de um fator pode ser visto como a mudança sofrida pela variável resposta quando se passa do nível baixo para o nível maior do fator. Normalmente, este é conhecido como efeito principal, porque se refere aos fatores de interesse primordial do experimento.

Neste delineamento foram estudados três fatores, cada qual com 2 níveis: 1º fator: Pressão (bar) com nível superior (+1) e nível inferior (-1), 2º fator: Vazão de alimentação (L/h) e 3º fator: Temperatura (°C), ambos com nível superior e nível inferior respectivamente (Tabela 11).

A Tabela 11 mostra que no ensaio 6 houve a maior conversão de produto (formação de pó) na produção de leite em pó, em contrapartida nos ensaios 7 e 12 houve uma menor produção do mesmo. A conversão de produto durante o processamento do leite em pó seja ele de qualquer espécie é um indicador importante principalmente de lucratividade e determina a viabilidade econômica, embora o teor de sólidos do leite influencie diretamente no rendimento do leite em pó, o leite ovino possui um teor de sólidos maior como foi evidenciado na caracterização deste produto.

Tabela 11. Matriz do DCCR 2³ para as respostas conversão de produto e tempo.

Ensaio	Variáveis Independentes			Variáveis Dependentes	
	Pressão (bar)	Vazão (L/h)	Temp. (°C)	Conversão (%)	Tempo (h)
1	-1 (1,2)	-1 (3,5)	-1 (150)	7,0%	01:45
2	+1 (1,8)	-1 (3,5)	-1 (150)	9,0%	01:45
3	-1 (1,2)	+1 (4,9)	-1 (150)	6,0%	01:25
4	+1 (1,8)	+1 (4,9)	-1 (150)	6,5%	01:10
5	-1 (1,2)	-1 (3,5)	+1 (170)	7,0%	01:32
6	+1 (1,8)	-1 (3,5)	+1 (170)	11,0%	01:45
7	-1 (1,2)	+1 (4,9)	+1 (170)	4,0%	01:20
8	+1(1,8)	+1 (4,9)	+1 (170)	8,0%	01:20
9	0 (1,6)	0 (4,2)	0 (160)	5,5%	01:15
10	0 (1,6)	0 (4,2)	0 (160)	5,5%	01:20
11	0 (1,6)	0 (4,2)	0 (160)	5,0%	01:25
12	-1,68 (0,9)	0 (4,2)	0 (160)	4,0%	02:04
13	+ 1,68 (1,9)	0 (4,2)	0 (160)	9,0%	01:20
14	0 (1,6)	- 1,68 (3,0)	0 (160)	6,0%	01:51
15	0 (1,6)	+ 1,68 (5,4)	0 (160)	8,0%	01:15
16	0 (1,6)	0 (4,2)	-1,68 (143)	7,5%	01:30
17	0 (1,6)	0 (4,2)	+1,68 (187)	5,5%	01:21

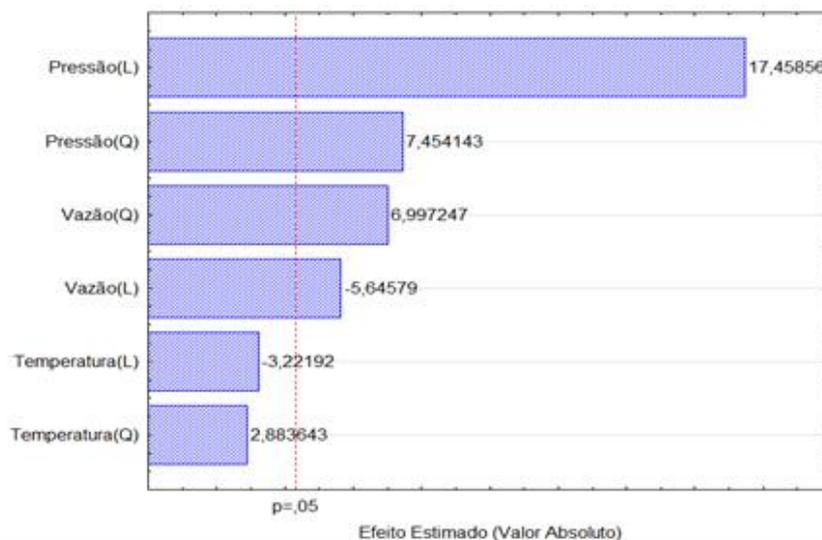
A máxima conversão obtida neste trabalho foi de 11% este baixo valor quando comparado com o teor de sólidos presentes no leite está associado a perdas no processo de secagem devido aos ensaios experimentais ter sido conduzidos com baixos volumes de produto (1L) e a dificuldades na etapa de atomização devido à grande presença de gordura neste leite a qual proporcionava a obstrução do bico e parada no processo de secagem para remoção das sujidades, além é claro do processo ter sido realizado em batelada, espera-se que com a padronização do teor de gordura (3%) a conversão de produto seja aumentada.

Durante a avaliação das influências das condições de operação do *spray dryer* piloto realizado por Perrone *et al* (2013), os mesmos constataram que a aderência de produtos lácteos a superfície das paredes do *spray dryer* pode

ser minimizada por meio do controle da umidade do ar de entrada e de saída da câmara, a qualidade do ar utilizado durante a realização dos ensaios não foi monitorada neste experimento.

A Figura 10 ilustra o gráfico de Pareto para os efeitos de temperatura, pressão e vazão. Este diagrama apresenta de forma rápida e clara o efeito que é estatisticamente importante, ou seja, significativo, no caso a pressão de alimentação (L) e (Q) cujo valor é maior que $p \geq 0,05$. O valor do efeito linear para a pressão foi positivo e significativo no nível de confiança de 95 %, ou seja, está é a variável mais relevante para o processo. Isso comprova o fato de que, quanto maior a pressão de alimentação, maior será a conversão do leite em pó.

Figura 10. Diagrama de Pareto das variáveis testadas no DCCR 2³, para a conversão do leite em pó.



Guerra *et. al.*, (2005), avaliou o processo de obtenção de leite em pó bubalino em secador por nebulização sendo que as melhores condições de secagem foram obtidas com as temperaturas do ar na entrada e saída do secador de 140°C e 75°C, respectivamente. Nestas condições o produto final não sofreu escurecimento característico da reação de Maillard.

A Equação 3 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve a conversão de produto em função das variáveis significativas analisadas (vazão e pressão), dentro das faixas estudadas. O modelo foi

validado pela análise de variância (Tabela 12) onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,54 e o F calculado 4,13 valor este maior que o valor tabelado, o qual permitiu a validação do modelo e a construção das superfícies de resposta e/ou curva de contorno apresentadas na Figura 11 (a) e (b).

$$\text{Rendimento} = 0,345 - 0,142 \times P + 0,067 \times P^2 - 0,094 \times V + 0,010V^2 \quad (3)$$

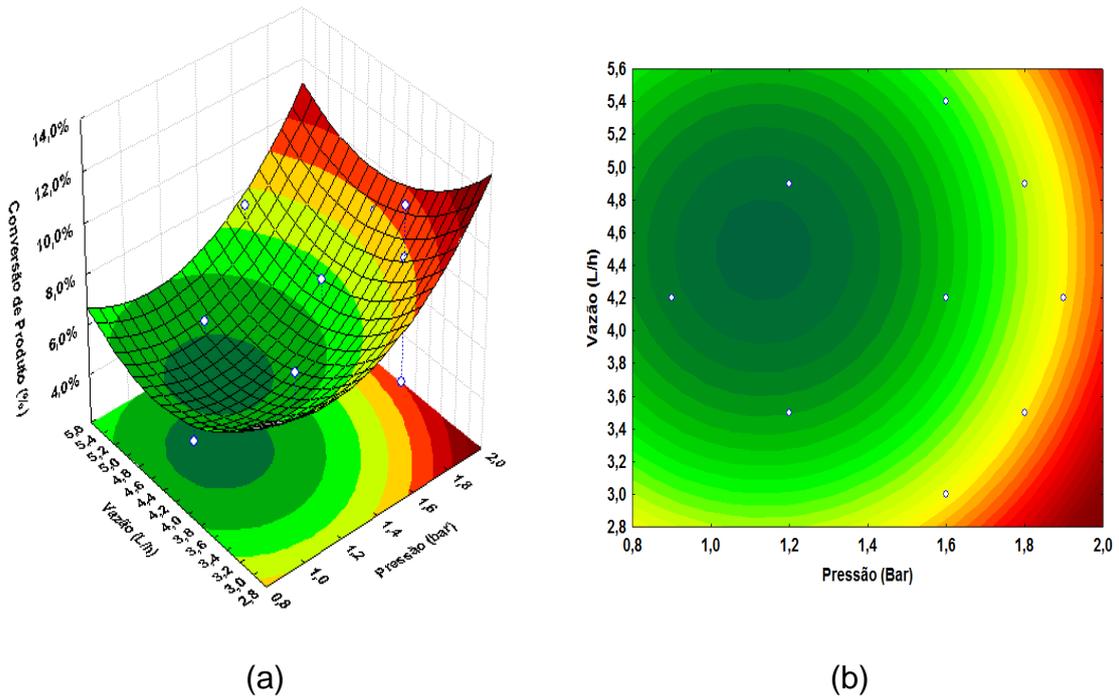
Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) para a variável conversão do leite em pó do DCCR 2³.

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	0,00375	5	0,0008	3,45
Resíduo	0,00239	11	0,0002	
Falta de Ajuste	0,00237	10		
Erro	0,00002	2		
Total	0,00561	16		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,54$; $F_{\text{tab}(5,11,0,05)} = 3,20$

Com relação ao tempo de processamento (Figura 12) podemos observar que as variáveis vazão e pressão foram significativas para o processo, ou seja, o efeito da variável vazão foi negativo o que na prática quer dizer que em valores menores deste parâmetro o processo terá melhores desempenhos. Já o efeito contrario é observado para a pressão, a qual poderia ser aumentada, mas cabe ressaltar que o equipamento utilizado durante a realização do experimento permite operar o mesmo apenas até 2 bar. O experimento 4 foi o que apresentou melhores resultados para esta variável, porém a vazão utilizada neste ensaio foi maior, o que acarreta na diminuição da conversão de produto, aumento da umidade e por conseqüência de sua atividade de água, por isso o balanceamento correto desta variável é fundamental para a obtenção de um leite em pó de qualidade.

Figura 11. Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) para a conversão do leite em pó em função da pressão e vazão de alimentação.



A análise estatística da variável tempo resultou em um modelo empírico codificado para a produção de leite em pó de ovelha. O modelo foi validado pela análise de variância apresentada na Tabela 13. A análise apresentou um coeficiente de determinação de 0,74, um alto valor do teste-F para a regressão.

Figura 12. Diagrama de Pareto das variáveis testadas no DCCR 2³, para o tempo de processamento do leite em pó de ovelha.

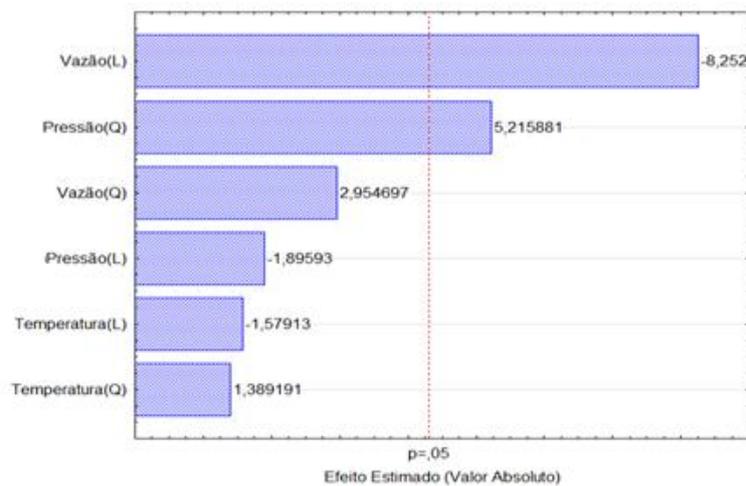


Tabela 13. Análise de variância (ANOVA) para a variável tempo de processamento do leite em pó do DCCR 2³.

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	0,00131	2	0,0007	20,34
Resíduo	0,00045	14	0,0000	
Falta de Ajuste	0,00043	12		
Erro	0,00002	2		
Total	0,00176	16		

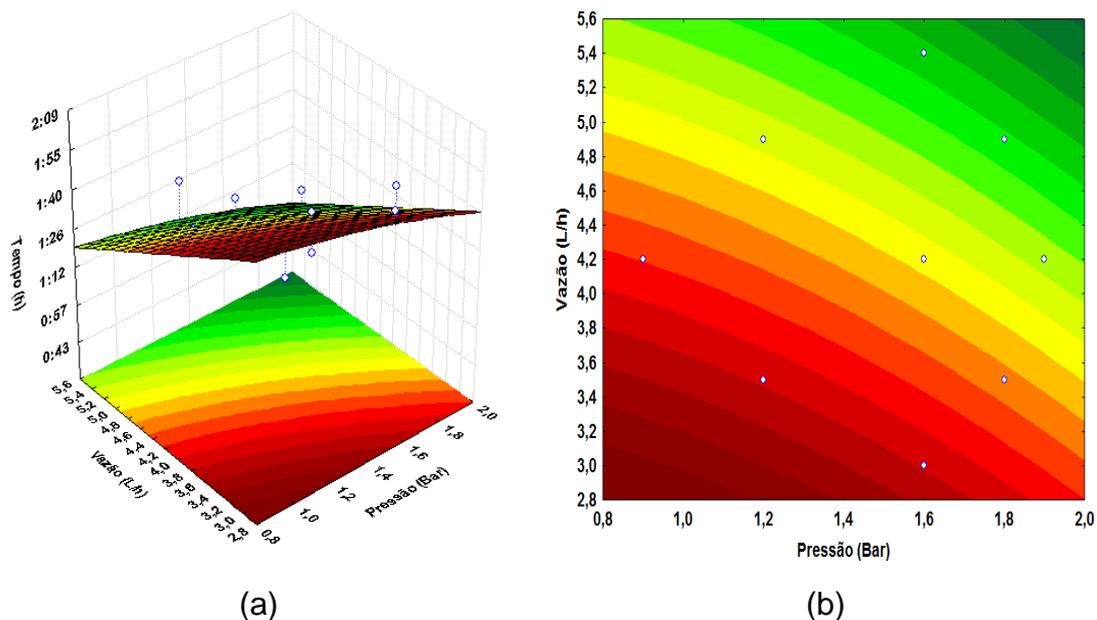
Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,74$; $F_{\text{tab}(2,14,0,05)} = 3,74$

A Equação 4 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve o tempo em função das variáveis (Vazão e Pressão), dentro da faixa estudada. A validação do modelo permitiu a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 13 (a e b).

O modelo empírico também foi validado, pois F-calculado maior que F-tabelado. O modelo empírico com as variáveis significativas está apresentado na Equação 4:

$$\text{Tempo} = 0,119 - 0,005 \times P^2 - 0,011 \times V \quad (4)$$

Figura 13. Superfície de resposta (a) e contorno (b) para a variável significativa “tempo de processamento” com 95% de significância.



5.3 Caracterização do leite em pó de ovelha

O método de secagem é o mais importante método de conservação de lácteos, pois possibilita a conversão do leite em leite em pó com perdas nutricionais mínimas.

O leite em pó pode ser definido segundo seu regulamento técnico de identidade e qualidade como um produto obtido através do método da desidratação de um leite de vaca integral, desnatado ou parcialmente desnatado e apto para alimentação humana, mediante processos tecnologicamente adequados (BRASIL, 1996).

O maior problema do leite em pó é a solubilidade do produto acabado. É necessário que o leite, no decorrer da secagem, não sofra modificações profundas que impeçam sua total dissolução em água durante a reconstituição do pó.

O leite em pó obtido foi caracterizado como integral por não ter sido submetido a nenhuma operação de padronização, mantendo as características do leite *in natura*. Na Tabela 14 estão apresentados os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos analisados.

Através das variáveis estudadas no planejamento experimental 2³ DCCR avaliou-se as interações entre as variáveis independentes (pressão, vazão e temperatura) sobre as dependentes (umidade, atividade de água (A_w), lipídeos, proteínas, lactose e cinzas).

Tabela 14. Parâmetros físico-químicos do leite em pó de ovelha obtidos pelo processo de secagem em *spray dryer*.

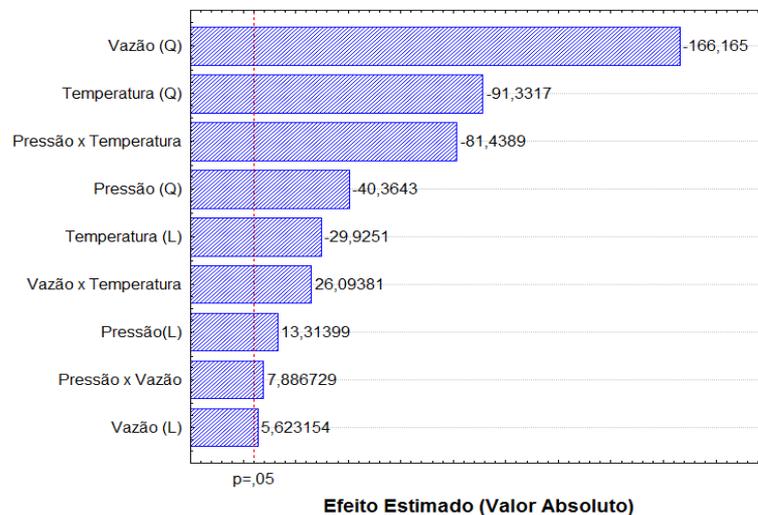
Amostra	Umidade (%)	Aw	Lipídeos(%)	Proteínas(%)	Lactose(%)	Cinzas(%)
1	2,93 ^e ± 0,02	0,24 ^{de} ± 0,01	32,02 ^{cdefg} ± 0,13	28,19 ^{bcdefg} ± 0,18	15,47 ^{defghi} ± 0,39	2,92 ^a ± 0,02
2	3,75 ^c ± 0,05	0,21 ^e ± 0,00	32,28 ^{bcdef} ± 0,12	28,89 ^{bcdefg} ± 0,04	16,99 ^{abcdeg} ± 0,36	3,03 ^a ± 0,09
3	2,70 ^e ± 0,04	0,20 ^{ef} ± 0,01	32,28 ^{bcdef} ± 0,62	28,89 ^{bcdefg} ± 0,26	16,74 ^{bcdefg} ± 1,15	2,98 ^a ± 0,00
4	3,78 ^c ± 0,04	0,34 ^{ab} ± 0,00	24,07 ^j ± 0,03	29,33 ^{bcdef} ± 0,20	13,79 ^{hij} ± 0,73	2,99 ^a ± 0,11
5	2,76 ^e ± 0,12	0,24 ^e ± 0,03	30,39 ^{fgh} ± 0,73	29,24 ^{bcdef} ± 0,13	15,94 ^{cdefg} ± 0,73	3,12 ^a ± 0,13
6	1,22 ^g ± 0,09	0,14 ^g ± 0,01	26,85 ⁱ ± 0,54	28,73 ^{bcdefg} ± 0,09	14,68 ^{efghijk} ± 0,21	3,07 ^a ± 0,03
7	3,11 ^{de} ± 0,08	0,22 ^{de} ± 0,00	21,56 ^k ± 0,14	29,36 ^{bcdef} ± 0,10	14,32 ^{efghijk} ± 0,03	3,05 ^a ± 0,13
8	1,85 ^f ± 0,08	0,23 ^{de} ± 0,00	31,45 ^{cdefgh} ± 0,79	26,55 ^g ± 0,31	14,03 ^{fghijk} ± 0,16	3,18 ^a ± 0,09
9	4,18 ^b ± 0,02	0,31 ^b ± 0,00	24,90 ^j ± 0,13	26,76 ^{fg} ± 0,15	17,85 ^{abcd} ± 0,48	3,07 ^a ± 0,07
10	4,21 ^b ± 0,02	0,32 ^b ± 0,02	24,96 ^j ± 0,21	26,75 ^{fg} ± 0,06	17,87 ^{abcd} ± 0,07	3,00 ^a ± 0,09
11	4,18 ^b ± 0,06	0,32 ^b ± 0,02	24,91 ^j ± 0,04	26,71 ^{fg} ± 0,49	17,91 ^{abcd} ± 0,41	2,95 ^a ± 0,06
12	2,88 ^e ± 0,02	0,18 ^f ± 0,00	24,91 ^j ± 0,63	27,47 ^{defg} ± 0,39	13,85 ^{ghijk} ± 0,09	3,05 ^a ± 0,02
13	4,53 ^a ± 0,05	0,37 ^{ab} ± 0,00	33,90 ^{abc} ± 0,12	27,44 ^{defg} ± 0,04	13,86 ^{ghijk} ± 0,10	3,14 ^a ± 0,02
14	1,92 ^f ± 0,08	0,17 ^{fg} ± 0,01	32,19 ^{bcdef} ± 0,46	27,62 ^{cdefg} ± 0,22	14,13 ^{efghijk} ± 0,40	3,13 ^a ± 0,01
15	1,72 ^f ± 0,03	0,21 ^{de} ± 0,00	30,57 ^{efgh} ± 1,32	28,03 ^{bcdefg} ± 0,95	13,58 ^{ghijk} ± 0,01	3,07 ^a ± 0,15
16	2,70 ^e ± 0,09	0,27 ^c ± 0,00	32,42 ^{abcdef} ± 0,20	31,16 ^a ± 0,73	18,40 ^{abc} ± 0,19	2,95 ^a ± 0,12
17	1,91 ^f ± 0,07	0,18 ^{ef} ± 0,00	33,62 ^{abcd} ± 0,23	27,11 ^{efg} ± 1,11	15,58 ^{cdefgh} ± 0,73	3,12 ^a ± 0,13

*Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente em nível de 5% de significância pelo teste de tukey.

5.3.1 Teor de Umidade

Os dados analisados em termos da umidade (Figura 14) mostram que a vazão de alimentação quadrática, influencia significativamente na queda da umidade ($p < 0,05$), sendo está de forma negativa para o processo de obtenção do leite em pó, ou seja, quanto menor a vazão melhor para a redução na umidade no produto final.

Figura 14. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de umidade.



Para a análise estatística referente o teor de umidade não foi possível a construção de um modelo empírico codificado para a produção de leite em pó de ovelha para este atributo, o modelo não foi validado pela análise de variância apresentada na Tabela 15, onde o valor do teste-F calculado foi menor que o tabelado e com isso não foi possível gerar as superfícies de resposta e de contorno.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite em Pó, pela portaria nº 146 do MAPA (BRASIL, 1996), estipula teor máximo de umidade para este produto em 3,5%. Com relação a este parâmetro os ensaios 2, 4, 9, 10, 11 e 13 apresentaram umidade superior aos 3,5% para o leite em pó integral.

Tabela 15. Análise de variância para o teor de umidade no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3 .

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	12,776	9	1,3318	2,41
Resíduo	3,868	7	0,5525	
Falta de Ajuste	3,867	5		
Erro	0,0005	2		
Total	16,454	16		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,77$; $F_{\text{tab}(9,7,0,05)} = 3,68$

5.3.2 Teor de Lipídeos

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite em Pó, pela portaria nº 146 do MAPA (BRASIL, 1996), estipula teor máximo de gordura de 26% para que o leite em pó seja considerado integral, dentre este requisito os ensaios 4, 7, 9, 10, 11 e 12 não atem a este critério (Tabela 14), lembrando que em atividades de água menores que 0,2 segundo Bobbio e Bobbio (1992) os processos de oxidação lipídica são favorecidos, então cabe destacar que a embalagem deve permitir uma baixa transferência de oxigênio para evitar a oxidação deste tipo de produto.

A Figura 15 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 2^3 DCCR, verifica-se que as variáveis: Vazão (Q), Temperatura (Q) e Pressão (Q) tiveram efeito negativo significativo, possivelmente a redução destas variáveis resultaria em um aumento do teor de lipídeos, apenas a interação vazão e temperatura não foram significativas para o processo.

O modelo não foi validado pela análise de variância (Tabela 16) onde obteve-se um valor F calculado de 1,32, sendo este menor que o valor tabelado, o qual não permitiu a validação do modelo e a construção das superfícies de resposta e/ou curva de contorno

Figura 15. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de lipídeos.

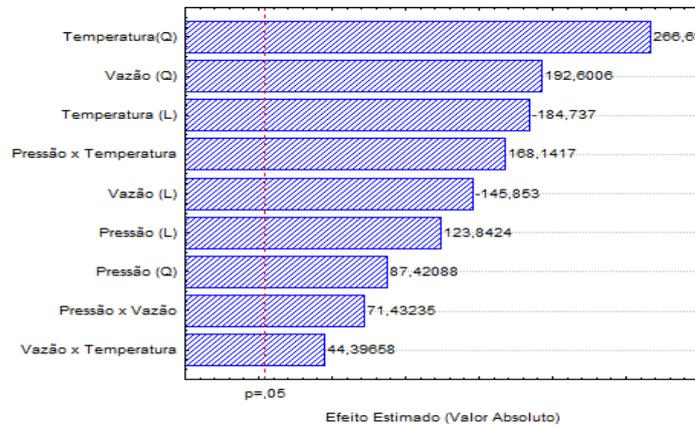


Tabela 16. Análise de variância para o teor de Lipídeos no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3 .

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	195,912	9	21,7680	1,32
Resíduo	115,344	7	16,4777	
Falta de Ajuste	115,342	5		
Erro	0,002	2		
Total	259,051	16		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,55$; $F_{\text{tab}(9,7,0,05)} = 3,67$

O coeficiente de determinação fornece a medida de quanto à variação observada nos valores de resposta poderá ser explicado pelos fatores e interações, ou seja, quantos pontos o modelo explica. Consideram-se melhor os modelos que apresentam coeficientes de regressão altos, normalmente acima de 0,9, pois, quanto maior o valor significa que o modelo explica a maior parte das variações na resposta. Quanto mais próximo de 1 o valor do coeficiente de regressão, indica que melhor é o modelo e com isso tem-se melhores respostas previstas.

5.3.3 Atividade de água

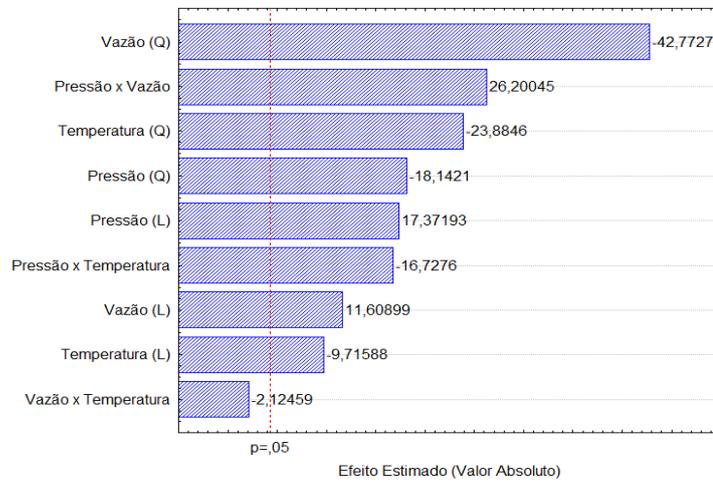
Para Ordóñez (2007), a quantidade de água que fica no leite em pó após a desidratação é fundamental para a qualidade final do produto. Se a quantidade de água ultrapassa 5%, a lactose pode cristalizar, provocando uma série de problemas, desde mau cheiro até a diminuição da solubilidade, escurecimento entre outros.

Contudo, visando entender e controlar as modificações químicas nos constituintes presentes no leite em pó durante o prazo de armazenamento deve-se analisar a atividade de água do mesmo. Para produtos alimentícios amorfos como o leite em pó a estabilidade durante o armazenamento está relacionada à temperatura de transição vítrea (T_g) do mesmo (PATEL *et al*, 2010). A atividade de água crítica, aquela na qual o produto apresenta baixa T_g , ficando susceptível a absorção de umidade ambiente e a modificações químicas dos seus constituintes, para a lactose pura é de 0,370 (JOUPIILA e ROOS, 1994). Segundo Thomas *et al* (2004), a transição vítrea está relacionada a difusão molecular e a viscosidade, dessa forma, em produtos alimentícios amorfos é necessário o fornecimento de energia na forma de calor (temperaturas superiores a T_g) para promover esta transição e conseqüentemente as modificações químicas como escurecimento, perda de fluidez e perda de solubilidade. Leite em pó com atividade de água de 0,370 apresenta T_g igual a 24 °C, enquanto que com atividade de 0,200 apresenta T_g igual a 50°C (ROOS, 2002).

Os tratamentos 3, 6, 12, 14 e 17 foram os únicos dentro dos empregados neste experimento que apresentou atividade de água inferior a 0,200, o que segundo Roos (2002), faz com que este leite em pó apresente T_g inferior a 50 °C, sendo portanto uma temperatura limite de conservação.

A Figura 16 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 2^3 DCCR estes demonstraram influência significativa em nível de confiança de 95% no teor de atividade de água para o processo de produção do leite em pó de ovelha.

Figura 16. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para a atividade de água (Aw).



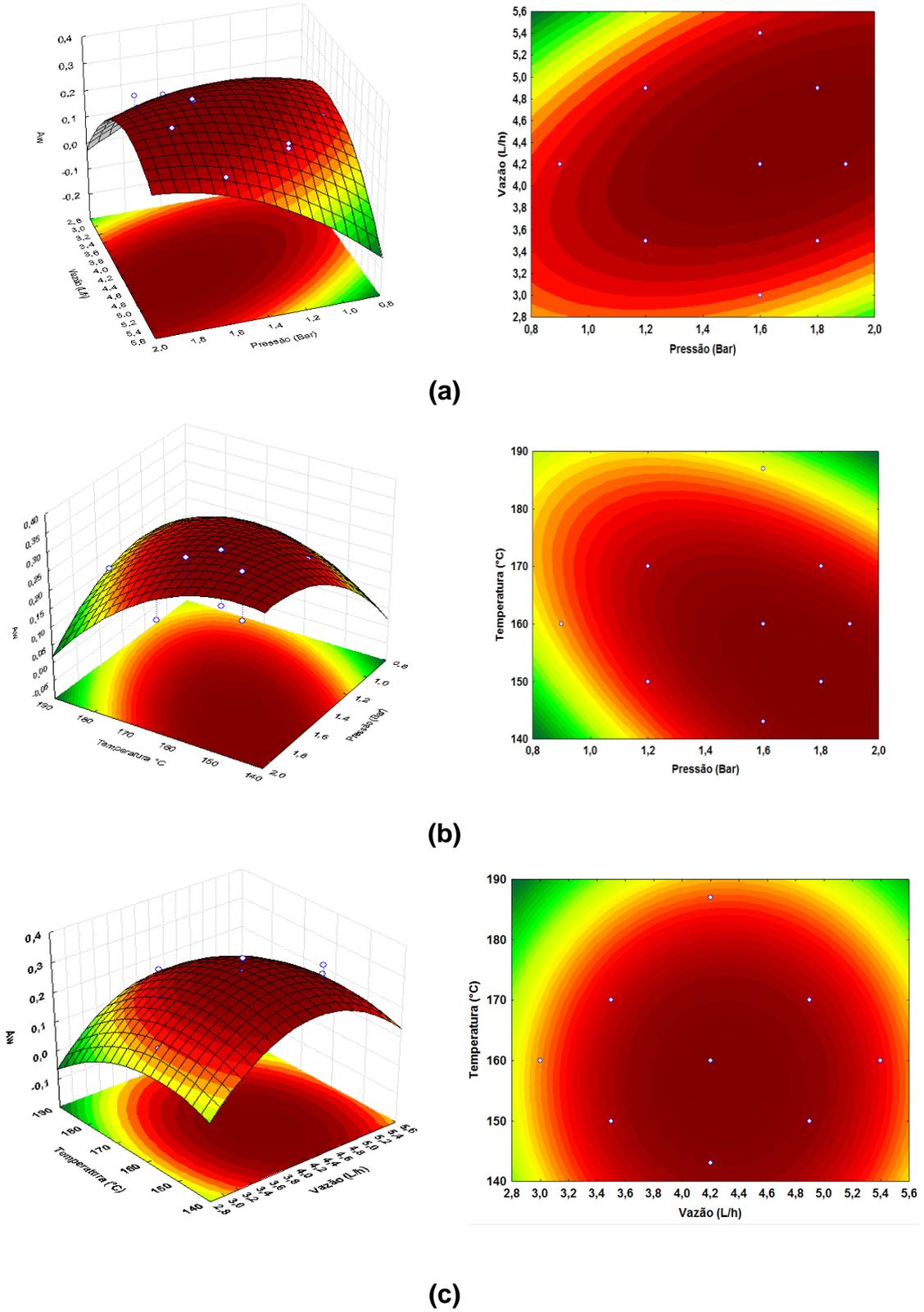
O modelo foi validado pela análise de variância (Tabela 17) onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,85 e o F calculado 6,28, sendo este maior que o valor tabelado (3,44), o qual permitiu a validação do modelo e a construção das superfícies de resposta e/ou curva de contorno apresentadas na Figura 17.

Tabela 17. Análise de variância para a atividade de água (Aw) no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3 .

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	0,065	8	0,0082	6,28
Resíduo	0,010	8	0,0013	
Falta de Ajuste	0,010	6		
Erro	0,000	2		
Total	0,070	16		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,85$; $F_{\text{tab}(8,8,0,05)} = 3,44$

Figura 17. Superfície de resposta e contorno para a variável significativa “Atividade de água” com 95% de significância (a) Vazão x Pressão; (b) Temperatura x Pressão; (c) Vazão x Temperatura.



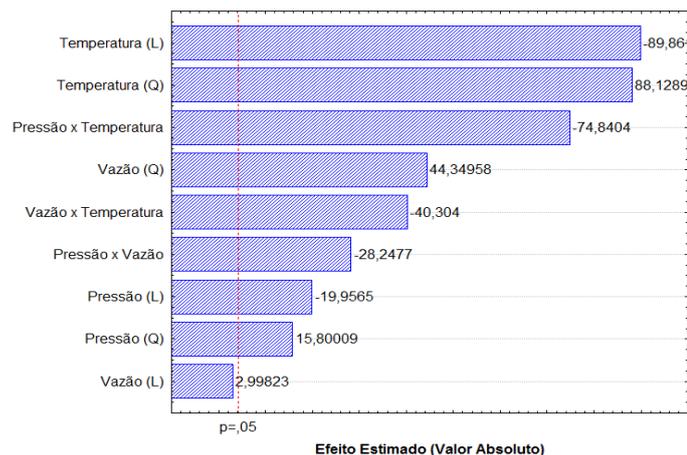
A ilustração da superfície de resposta e /ou do gráfico de contorno são importantes porque é possível visualizar com maior clareza as condições de processo e a influência dos fatores relacionados a estes. A equação (5) apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve a atividade de água (A_w) em função das variáveis estudadas (pressão, vazão e temperatura), dentro das faixas estudadas

$$A_w \% = -6,42 + 1,22 \times P - 0,23 \times P^2 + 0,56 \times V - 0,09 \times V^2 + 0,06 \times T - 0,00015 \times T^2 + 0,07 \times P \times V - 0,04 \times P \times T \quad (5)$$

5.3.4 Teor de Proteínas

A Figura 18 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 2^3 DCCR. Estes demonstraram influência significativa em nível de confiança de 95% no teor de proteína para o processo de produção do leite em pó de ovelha.

Figura 18. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de proteínas.



O modelo não foi validado pela análise de variância (Tabela 18). Ainda para o teor de proteínas (Figura 18) observa-se que a variável temperatura apresentou efeito significativo negativo ($p < 0,05$) sobre o teor de proteínas, indicando que possivelmente a diminuição da temperatura possivelmente

ocasionaria um incremento nos teores de proteína. Como o leite é um produto biológico quanto menor a temperatura utilizada durante o processo, melhor para a qualidade deste, em temperaturas mais elevadas ocorre à desnaturação protéica das proteínas presentes no leite sendo está intensificada sob temperaturas elevadas.

Tabela 18. Análise de variância para o teor de proteína no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3 .

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	20, 878	8	2, 6098	2,52
Resíduo	8, 288	8	1, 0360	
Falta de Ajuste	8, 286	6		
Erro	0, 002	2		
Total	25, 351	16		

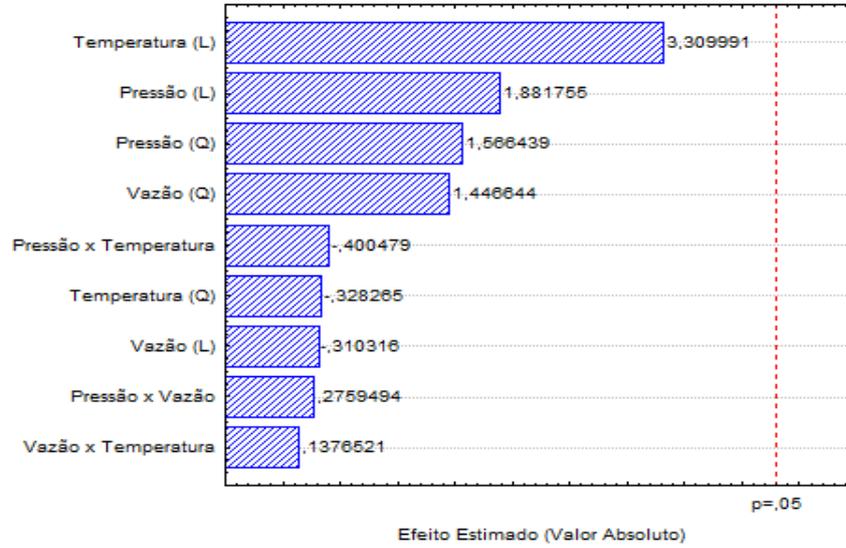
Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,67$; $F_{\text{tab}(8,8,0,05)} = 3,44$

5.3.5 Teor de Cinzas

Pena *et. al* (2005) durante a caracterização do leite bubalino em pó integral obtiveram um percentual de cinzas de 4,4%, neste trabalho foram encontrados valores entre 2,92 e 3,18 nos ensaios 1 e 8, respectivamente.

A Figura 19 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 2^3 DCCR estes não demonstraram influência significativa em nível de confiança de 95% no teor de cinzas para o processo de produção do leite em pó de ovelha.

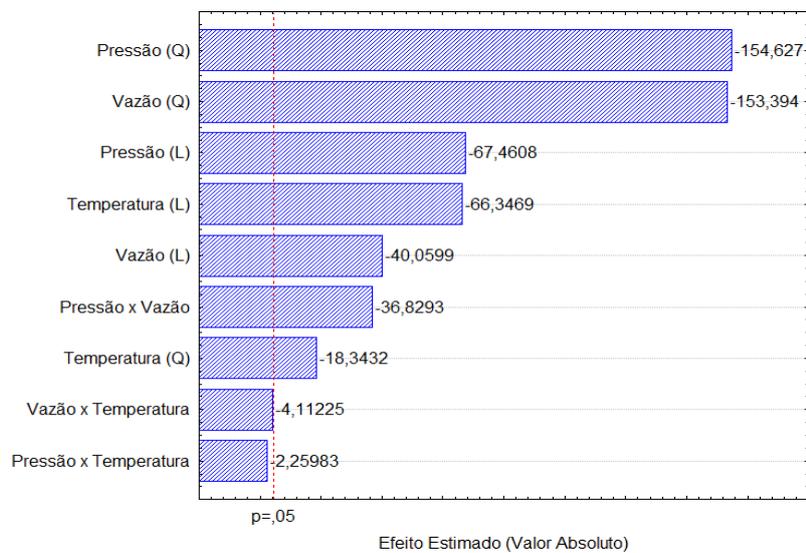
Figura 19. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de cinzas.



5.3.6 Teor de lactose

A Figura 20 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 2^3 DCCR, verifica-se que as variáveis pressão e vazão quadráticas tiveram efeito negativo significativo no nível de confiança de 95 % para o teor de lactose.

Figura 20. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento experimental para o teor de lactose.



A análise estatística para a variável teor de lactose resultou em um modelo empírico codificado para a produção de leite em pó de ovelha. O modelo foi validado pela análise de variância apresentada na Tabela 19, onde o valor do teste-F calculado foi maior que o tabelado.

A Equação 6 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve o teor de lactose em função das variáveis dentro da faixa estudada.

$$Lactose \% = -87,41 + 53,48 \times P - 16,01 \times P^2 + 24,71 \times V - 2,68 \times V^2 + 0,25 \times T - 0,001 \times T^2 - 1,76 \times P \times V \quad (6)$$

A validação do modelo permitiu a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 21. Esta ilustração da superfície de resposta é importante porque é possível visualizar com maior clareza as condições de processo e a influência dos fatores relacionados a ela.

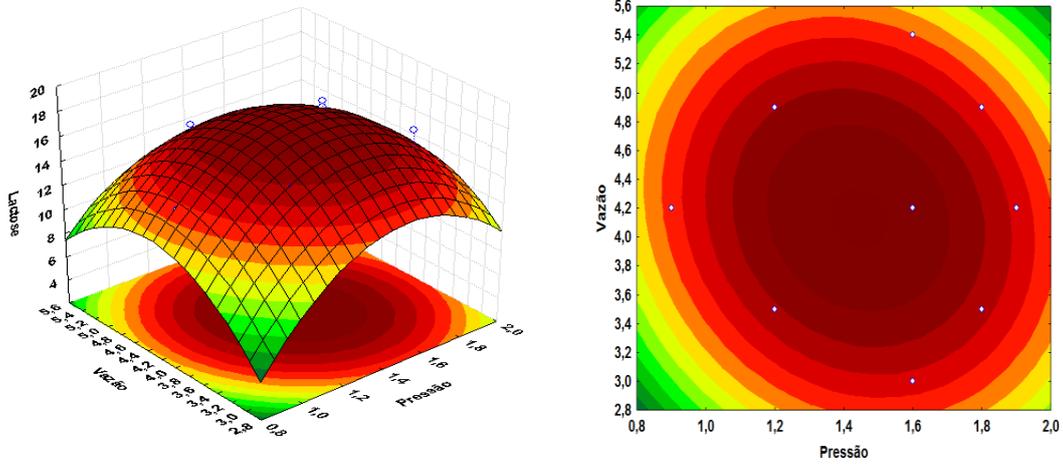
Tabela 19. Análise de variância para o teor de lactose no leite em pó do planejamento fatorial completo 2^3 .

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	50,739	7	7,2484	11,08
Resíduo	5,886	9	0,6540	
Falta de Ajuste	5,884	7		
Erro	0,002	2		
Total	47,281	16		

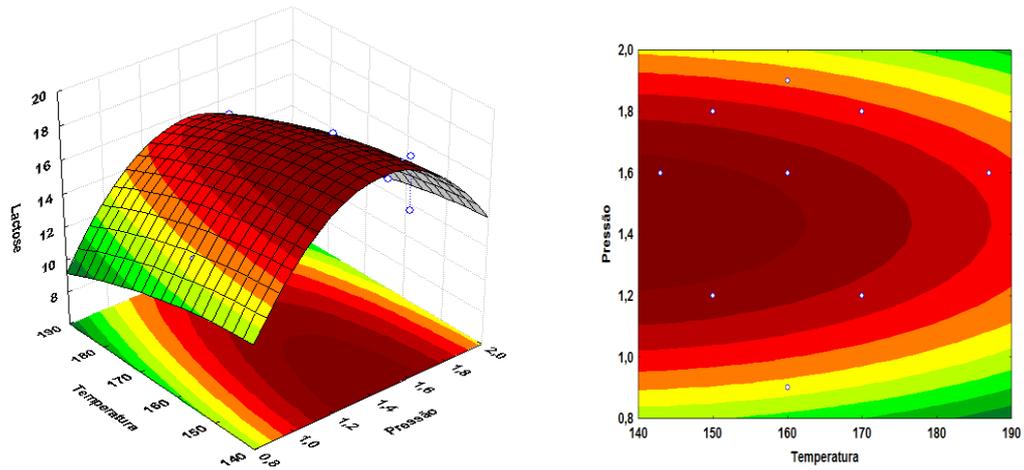
Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $R^2 = 0,88$; $F_{\text{tab}(7,9,0,05)} = 3,29$

A apresentação de uma região ótima ou que apresenta as melhores condições de processamento é de extrema importância sob a ótica industrial, pois, permite uma condição mais apropriada de processamento. Estes resultados conduzem a direcionamentos futuros sobre novas pesquisas em melhoramento de processo para a obtenção do leite em pó em nível industrial.

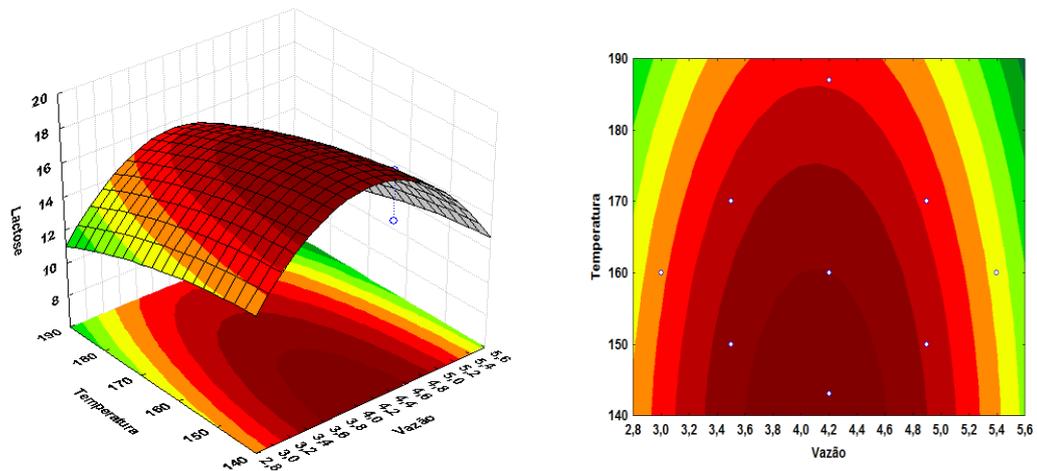
Figura 21. Superfície de resposta e contorno para a variável significativa “teor de lactose” com 95% de significância (a) Vazão x Pressão; (b) Temperatura x Pressão; (c) Vazão x Temperatura.



(a)



(b)



(c)

A lactose presente no leite bovino em pó segundo Walstra et al (2001) é de 38%, este valor é o dobro do obtido neste trabalho, sendo que o ensaio 16 foi o que apresentou maior teor de lactose ou seja, 18,60%.

O baixo teor de lactose obtido neste trabalho para o leite em pó possivelmente deva-se ao fato da etapa de concentração ter sido realizada em rota- evaporador no qual o tempo de exposição do leite nesta etapa tenha sido bastante significativo, ou seja, 30 minutos.

Diante dos resultados obtidos o experimento que melhor reproduziu os parâmetros do processo e manteve os macro-nutrientes foi o ensaio 6, portanto a partir deste será realizado a avaliação dos minerais presentes neste bem como a produção do iogurte natural.

5.3.6 Minerais

Na Tabela 20 estão apresentados os valores referente aos minerais presentes no Leite em pó com os parâmetros de processo utilizados no experimento 6.

O leite ovino contém quase todos minerais necessários ao ser humano, ou seja, cálcio, sódio, potássio e elementos traços, onde grande parte destes encontram-se ligados aos sólidos do leite, que quando transformado em queijos ou outros produtos mantêm seu valor mineral conservado (MWAURA; AKINSOYINU, 2010).

A informação das características nutricionais do leite ovino é essencial para o desenvolvimento otimizado da indústria láctea assim como para o *marketing* de seus produtos. Com o progresso do conhecimento da composição e papel dos componentes do leite, tornou-se visível durante os últimos anos que alguns componentes do leite possuem propriedades biológicas além da sua significância nutricional e acabam por impactar as funções orgânicas humanas ou condições de saúde (PANDYA; GHODKE, 2007).

Observando os dados da Tabela 20 vemos que para o Ca, Na e o K estão presentes em concentrações maiores em relação aos outros minerais. Em estudos realizador com leite fluido de ovelha por Park et al. (2007) e Hilali et al. (2011), que encontraram valores entre 184,6, 193 e 178 a 261 mg/100

mL, respectivamente. O potássio juntamente com o sódio são fundamentais na regulação osmótica dos fluidos corporais e no equilíbrio ácido-base do organismo humano.

Segundo Campos (2011), os minerais em leite ovino em pó ainda não foram extensivamente estudados como no leite bovino, mas podem ser de interesse nutricional e em saúde. O leite de ovelha contém ao redor de 0,9% de minerais totais ou cinzas, quando comparados com 0,7% no leite de vaca (Juárez e Ramos, 1986).

Os elementos mais abundantes são Ca, P, K, Na e Mg; Zn, Fe, Cu e Mn são elementos-traços. Os níveis em Ca, P, Mg, Zn, Fe e Cu são maiores no leite de ovelha que no de vaca; o oposto aparece no caso do K e Na. O teor mineral do leite de ovelha não é constante, mas influenciado por numerosos fatores como estágio da lactação, status nutricional do animal e fatores genéticos e do meio-ambiente devido às diferenças em alimentação e variações sazonais (PELLEGRINI, 2012).

Tabela 20. Composição média de minerais presentes no leite ovino em pó.

Minerais	mg/100g
Fe	0,642 ± 0,05
Ca	129,444 ± 0,30
Cr	0,118 ± 0,00
Na	112,9 ± 1,45
K	15,333 ± 1,15
Cu	0,201 ± 0,01
Mn	0,179 ± 0,00
Zn	3,717 ± 0,09
Pb	0,321 ± 0,01
Cd	0,626 ± 0,07

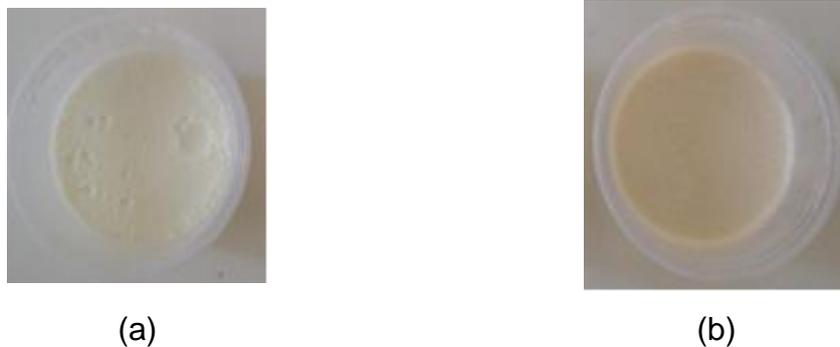
5.4 Caracterização físico-química e microbiológica do iogurte

Para Ramos e Richards (2003) o consumo de iogurte natural está diretamente ligado aos benefícios que este derivado lácteo traz ao organismo, tais como: aumenta a disponibilidade de vitaminas no intestino, facilita a ação das proteínas e enzimas digestivas, facilita a absorção de cálcio, fósforo e ferro é fonte de galactose, pode ser uma forma indireta de se tomar leite, já que não se conhecem casos de intolerância ligada ao iogurte, devido ao fato do teor de lactose dos produtos fermentados serem reduzida.

Diante do acima exposto foram elaboradas duas formulações de iogurte natural de leite de ovelha com leite pasteurizado e com leite em pó reconstituído conforme a Figura 22 (a e b) respectivamente.

Para atingir o teor de sólidos iniciais presentes no leite de ovelha foram realizados testes preliminares até obter a quantidade necessária (teor de sólidos iniciais), sendo que para produzir um litro de leite reconstituído precisa-se de 190 gramas de leite em pó obtido neste experimento.

Figura 22. Aspecto visual dos iogurtes de leite de ovelha.



Os resultados para determinação das bactérias lácticas estão apresentados na Tabela 21, sendo que segundo regulamento Técnico para leites fermentados do tipo fermentado ou cultivado, a contagem de bactérias lácticas totais deve estar na faixa de 10^6 UFC/g no produto final durante seu prazo de validade (BRASIL, 2000). Desta forma, ambos os experimentos estão dentro dos padrões que a legislação determina.

Segundo Laguna e Egito (2006) os derivados lácteos fermentados, especialmente o iogurte obtido pela fermentação com cultivos pró-simbióticos

de *Streptococcus thermophilus* e o *Lactobacillus bulgaricus*, são reconhecidos por suas propriedades nutritivas, medicinais e terapêuticas.

Tabela 21. Variação média da contagem de bactérias lácticas totais em UFC/g durante o armazenamento dos iogurtes naturais.

Tempo de armazenamento (dia)	logurte leite pasteurizado	logurte leite em pó reconstituído
0	$2,7 \times 10^8$	$2,6 \times 10^8$
7	$1,1 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$

Os dados apresentados na Tabela 22 mostram que não foi obtida diferença significativa na variação do pH ao longo dos 7 dias de estocagem ao nível de significância de 5%, fato este que permite a fabricação de iogurte com leite de ovelha em pó sem alterações nos valores de pH do produto final.

Tabela 22. Variação média dos parâmetros: pH, proteínas, gordura e lactose durante o armazenamento dos iogurtes naturais.

Análise	Tempo de Armazenamento	logurte Padrão	logurte leite em pó
Proteína (%)	0	$4,78^a \pm 0,04$	$4,57^a \pm 0,06$
	7	$4,52^b \pm 0,06$	$4,17^b \pm 0,01$
Gordura (%)	0	$6,58^a \pm 0,32$	$6,37^b \pm 0,27$
	7	$6,26^a \pm 0,05$	$6,20^b \pm 0,10$
Lactose (%)	0	$4,47^a \pm 0,08$	$3,41^a \pm 0,05$
	7	$4,39^a \pm 0,03$	$3,32^a \pm 0,03$
pH	0	$4,58^a \pm 0,03$	$4,18^a \pm 0,03$
	7	$4,43^a \pm 0,06$	$4,13^a \pm 0,05$

*Medias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si ($p > 0,05$)

Segundo Thamer & Penna (2006) e Preci (2011) o valor do pH é importante, uma vez que o iogurte com baixa acidez (pH inferiores a 4,0) proporciona maior separação do soro devido à redução da hidratação das proteínas e contração do coágulo, favorecendo a sinérese, neste trabalho os

valores de pH estão acima de 4,1. Ainda na Tabela 22 estão apresentados os dados referentes aos valores de proteína, lactose e gordura.

Ramos e Richards (2003) elaboraram iogurte natural com leite de ovelha onde o produto apresentou valores de pH de 4,4 sendo que o iogurte desenvolvido neste experimento ficou com pH na faixa de 4,55 a 4,68. Já o teor de gordura de 5,4% e teor de proteína de 5,06% encontrado por esses autores ficaram inferior aos obtidos tanto para o leite pasteurizado como para o leite em pó, porém o teor de proteína também teve resultados inferiores frente aos dados obtidos neste estudo.

A comparação dos resultados obtidos para o teor de proteína frente aos exigidos para o iogurte, mostrou que para este parâmetro o produto encontra-se dentro dos padrões já que não existe legislação para produtos derivados de leite de ovelha. Segundo a legislação, os leites fermentados devem apresentar conteúdo de proteína de no mínimo 2,9 g/100g, a partir da legislação as diferentes formulações de iogurtes elaboradas estão de acordo com o determinado (BRASIL, 2000).

Durante o armazenamento para as amostras de iogurte observa-se uma diminuição nas quantidades de lactose, sendo que inicialmente o teor de lactose das formulações era de aproximadamente 4,47 % e 3,41%. O iogurte elaborado com leite em pó reconstituído apresentou menor teor de lactose em relação ao iogurte padrão. De acordo com Becker, (2009) o consumo de lactose durante a fermentação e armazenamento de iogurtes varia entre 10 e 30 %, isto também se deve a redução de pH que a formulação desenvolvida com leite em pó sofreu.

O teor médio de gordura foi de 6,35 %, o que o classifica como leite fermentado integral (BRASIL, 2000). Os iogurtes foram elaborados com leite integral de ovelha e a legislação determina para leites fermentados integrais uma matéria gorda láctea de 3,0 a 5,9 g/100g, já para leite fermentado parcialmente desnatado de 0,6 a 2,9 g/100g. Desta forma, o produto elaborado se apresenta com um conteúdo de gordura maior em relação aos demais iogurtes integrais, comercializados no mercado.

O teor de gordura do leite afeta favoravelmente a qualidade do iogurte, a gordura estabiliza a contração do gel protéico, previne a separação do soro no

produto final e afeta a percepção sensorial do produto, que apresenta textura mais macia e cremosa (SILVA, 2007).

Na Figura 23 estão apresentados os resultados para sinérese das amostras, sendo que a amostra padrão apresentou valores inferiores em relação ao iogurte de leite em pó.

Através do relatado de Ramirez-Santiago et al., (2010), as causas que desencadeiam a sinérese ainda não são bem explicados, mas pode-se concordar que a está aumenta com o tempo de armazenamento, isto pode ser associado com graves rearranjos na rede da caseína, que promove a expulsão do soro.

Segundo Pimentel (2009), o aumento da sinérese ocorre também, devido ao decréscimo do pH durante a estocagem, o que provoca contração na matriz micelar de caseína, aumentando a liberação do soro.

Para Pimentel (2009) valores de sinérese abaixo de 39 % podem ser considerados satisfatórios. Neste caso, o iogurte elaborado com leite em pó no presente estudo apresentou um valor máximo de sinérese de 43,9%, sendo assim um valor fora do adequado para este produto.

Neste trabalho não foram utilizados agentes espessantes fato este que também possibilitou o aumento da sinérese, porém diversos materiais poliméricos podem ser utilizados como espessantes e sua origem pode ser vegetal ou microbiana. Entre os polissacarídeos, estão o amido, a pectina, a carragenana, os alginatos, a goma xantana, a goma gelana e a goma arábica. Entre os materiais proteicos, estão os caseinatos e a gelatina. Segundo Walstra et al. (2006) e Tamime e Robinson (1991), três dos espessantes mais utilizados são o amido, a pectina e a gelatina.

Na Tabela 23 estão apresentados os resultados da cor objetiva referente à Luminosidade L^* , cromaticidade (a^* e b^*), das formulações de iogurte no período de 7 dias de armazenamento a 4°C.

Figura 23. Percentuais de sinérese e desvio padrão das formulações de iogurte padrão e leite em pó.

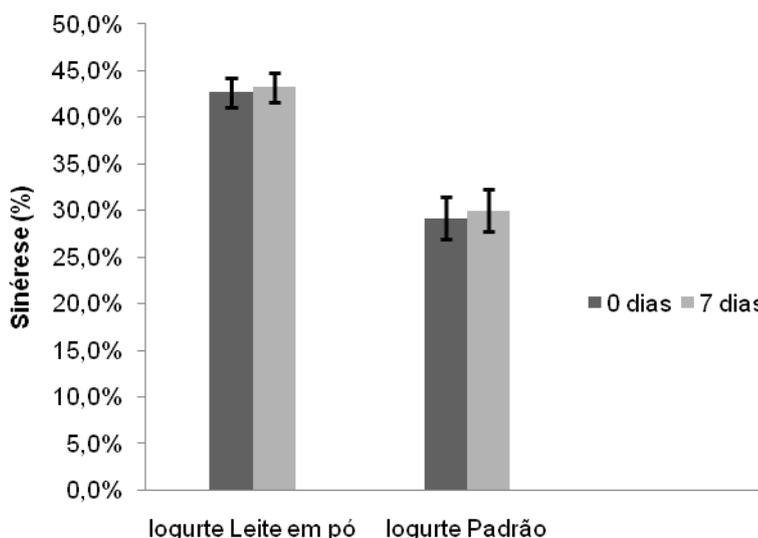


Tabela 23. Variação média dos parâmetros: L^* , a^* e b^* durante o armazenamento dos iogurtes naturais.

Cor	Armazenamento	Iogurte Padrão	Iogurte Leite em pó
L^*	0	65,69 ^a ± 0,33	72,07 ^a ± 0,13
	7	74,22 ^b ± 0,29	84,05 ^b ± 0,19
b^*	0	3,69 ^a ± 0,15	7,43 ^a ± 0,04
	7	5,59 ^b ± 0,01	6,44 ^b ± 0,20
a^*	0	-1,40 ^a ± 0,02	-0,68 ^a ± 0,11
	7	-2,17 ^b ± 0,02	-0,47 ^b ± 0,03

*Medias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si ($p > 0,05$)

Segundo Vasconcelos (2010), os iogurtes podem ser considerados claros, pois na escala de 0 (preto) e 100 (branco) apresentaram valores acima de 50 ($L^* > 50$).

A cromaticidade (b^*) reflete desta forma, b^* maior que zero em direção ao amarelo e b^* menor que zero em direção ao azul. Desta forma a cromaticidade (b^*) foi maior que zero tendendo ao amarelo sendo que para o iogurte padrão está aumento no decorrer do tempo de armazenamento já o efeito contrario ocorreu com o iogurte elaborado com o leite em pó de ovelha.

A cromaticidade (a^*) reflete cores, desta forma, a^* maior que zero vai em direção ao vermelho, a^* menor que zero em direção ao verde, assim, os valores de a^* foram negativos com o tempo de armazenamento, indo em direção ao verde tanto para o iogurte padrão quanto para o com leite em pó. Nas duas formulações observa-se o aumento dos valores de a^* durante a armazenagem.

Neste trabalho a coloração é um indicativo das reações não enzimáticas (caramelização e mailard) que podem ter ocorrido durante a produção do leite em pó fator este que justifica os valores de L^* superiores ao do iogurte padrão bem como a tendência do fator de cromaticidade b^* tender a coloração amarela.

5.5 Caracterização Reológica dos Iogurtes

5.5.1 Viscosidade

A textura do produto e a propensão à sinérese são umas das principais características que irão definir a qualidade do iogurte. Geralmente, para se aumentar a viscosidade do produto, a prática utilizada nas indústrias é o aumento do teor de sólidos pela adição de leite, ou soro de leite, em pó, porém, também podem ser adicionados espessantes com este fim, deixando uma textura mais firme, diminuindo a sinérese e aumentando a aceitabilidade do iogurte (MATHIAS, *et al.*, 2013).

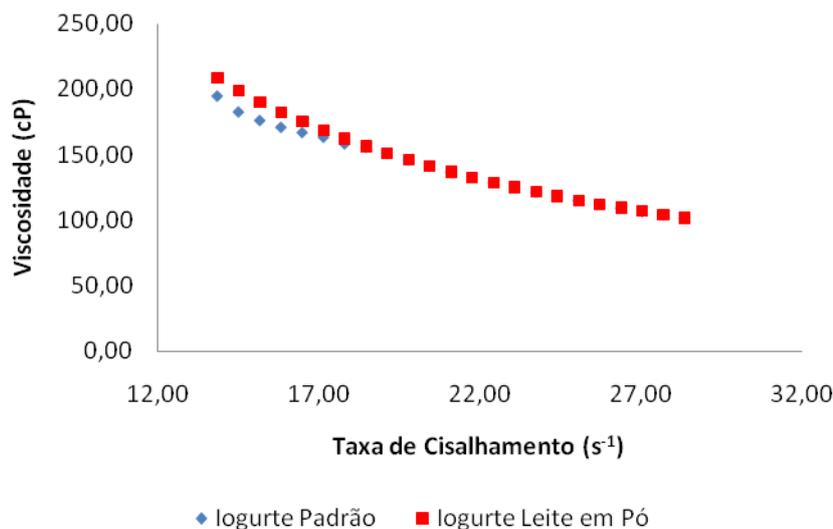
A viscosidade é a propriedade inversa da fluidez, ou seja, é a resistência do alimento a sofrer deslocamentos quando submetido a uma força externa, como a agitação. É uma propriedade básica que caracteriza o comportamento de escoamento (ROCHA, 2008). Esta característica reológica é de grande importância no desenvolvimento de novos produtos, pois determinam a consistência e a textura dos mesmos e influenciam sua aceitabilidade pelos consumidores. Atributos reológicos são utilizados para determinar as propriedades texturais e são algumas das propriedades mais importantes de iogurte (GUGGISBERG *et al.*, 2009).

A Figura 24 demonstra que a viscosidade para as amostras de iogurtes (25 °C) no primeiro dia de armazenamento, para ambas as formulações

diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento (s^{-1}), indicando que os iogurtes possuem comportamento de fluido não newtoniano.

A diminuição da viscosidade, com o aumento da taxa de cisalhamento, indica que o fluido apresenta características pseudoplásticas diminuindo a sensação de gomosidade durante a mastigação, o aumento da taxa de cisalhamento e a diminuição da viscosidade ocorrem devido à quebra das estruturas das macromoléculas em solução, em decorrência do cisalhamento (MATHIAS, *et al.*, 2013). Neste caso, a taxa de cisalhamento de aproximadamente $18 s^{-1}$ para todas as duas amostras no primeiro dia de armazenamento demonstrou pouca deformação na viscosidade com uma queda relativamente baixa neste parâmetro.

Figura 24. Viscosidade do iogurte padrão e do iogurte com leite em pó reconstituído no primeiro dia de armazenamento a $4^{\circ}C$.



O iogurte é considerado um material semi-sólido e sofre deformação irreversível após força exercida. Durante o cisalhamento há intensa quebra da estrutura, o que reflete na diminuição da tensão requerida com o aumento da taxa de deformação, devido à quebra das ligações que estabilizam a rede protéica (GAUCHE, 2007).

Com os dados obtidos neste trabalho pode-se dizer que a fabricação de iogurte de leite de ovelha a partir do leite em pó é possível, porém precisa se

realizar alguns ajustes nas formulações para reduzir a sinérese do produto final. Bem como adequar as formulações para a avaliação sensorial dos produtos.

6. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para a caracterização físico-química e microbiológica do leite fluido são compatíveis com os valores encontrados na literatura para o leite ovino e comparável com o leite bovino.

O uso da técnica de planejamento experimental possibilitou a otimização do equipamento utilizado para a secagem do leite em pó onde a melhor condição do processo ocorreu em: 170° C de temperatura, vazão de alimentação de 3,5L/h e pressão de 1,8 Bar o rendimento de produto obtido nestas condições de processamento foi de 11%, porém acredita-se que a padronização do teor de gordura possibilitará melhores resultados no rendimento do produto final.

A caracterização físico-química dos produtos (leite em pó de ovelha) obtidos mostrou diferenças significativas nos valores de: A_w , umidade lipídeos, proteínas e lactose com 95% de significância. Devido a poucas informações sobre a produção de leite em pó de ovelha não foi possível a comparação dos dados obtidos neste trabalho com os da literatura.

A presença de minerais no leite em pó ovino segue a mesma relação que para o leite fluido desta espécie conforme os dados disponíveis na literatura mostraram, com destaque para o: cálcio, sódio e o potássio.

A produção do iogurte a partir do leite em pó de ovelha mostra-se como alternativa para agregar valor a esta matéria prima tão nobre, porém alguns parâmetros do processo devem ser mais bem estudados tendo em vista que estes apresentaram resultados inferiores ao iogurte produzido com o leite fluido, porém ambas as formulações foram classificadas como fluido não newtoniano do tipo pseudoplástico.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Obter o leite em pó de ovelha variando os percentuais de gordura (semi-desnatado e desnatado) e classificá-lo conforme o tratamento térmico empregado;
- Acompanhar a oxidação lipídica do leite em pó obtido;
- Devolver as isotermas de sorção para o leite em pó obtido;
- Analisar o perfil de ácidos graxos presentes no leite em pó;
- Avaliar o comportamento da viscosidade ao longo do tempo de fabricação do iogurte;
- Avaliar sensorialmente o leite em pó obtido de ovelha, bem como a construção de um perfil de características para esse produto;

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMILLA-BELTRÁN L., **Description of morphological changes of particles along spray-drying**. Journal Food Engineering 67: 79-184, 2005.
- ASSENAT, L. Composición e propiedades. In: LUQUET, F.M. **Leche y productos lácteos: vaca-oveja-cabra**. Zaragoza: Acribia, 1991. p.277-313.
- BARBOSA, P.R.; BERGMANN, G. **Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação**. Ciência Rural, v.36, n.3, p. 942-948, 2006.
- BECKER, L. V. **Iogurte probiótico com teor reduzido de lactose adicionado de óleo de linhaça**. 2009. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- BENCINI, R.; PULINA, G. **The quality of sheep milk: a review**. Australian Journal of Experimental Agriculture, Melbourne, v. 37, nº 5. 1997.
- BOBBIO, A. P.,BOBBIO. F.O. **Química do processamento de Alimentos**, São Paulo, Livraria Varela, 2ª edição, 1992.
- BRANDÃO, S. C. C. **Tecnologia da fabricação de iogurte**. Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes, Juiz de Fora, v. 42, n. 250, p. 3-8, 1987.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (idr) para proteína, vitaminas e minerais**. Consulta Pública nº 80, de 13 de dezembro de 2004. Disponível em: <www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8989-1-0%5D.PDF>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 11 mar. 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa Nº 51**. Brasília. 2002. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 17 jul. 2013.
- BRASIL. Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados, Resolução nº 5, 13 de novembro de 2000. Disponível em: www.agricultura.gov.br/sislegis. Acesso em 18/01. 2014.
- BRITO, M. A. **Caracterização físico-química do leite de ovelha da raça Lacaune produzido na serra gaúcha**. 2003, 41 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Especialização)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BRITO, M. A. **Variação dos Perfis Metabólico, Hematológico e Lácteo de Ovinos Leiteiros em Confinamento**. 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BRITO, M. A.; GONZÁLEZ, F.D.; RIBEIRO, L.A; CAMPOS, R.; LACERDA, L.; BROADHEAD J, EDMOND ROUAN SK, RHODES CT. **The spray drying of pharmaceuticals**. *Drug Dev Ind Pharm* 18: 1169-1206. 1992.

CAMPOS, L. **Aspectos benéficos do leite de ovelha e seus derivados**. Casa da Ovelha, 2011. Disponível em: www.casadaovelha.com.br/arquivos/links/50.pdf. Acesso em: 23 jun. 2013.

CAO X.Q. **Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating**. *J Eur Ceram Soc* 20: 2433-2439. 2000.

CORDERO, M. A. O.; TORRES-HERNÁNDEZ, G.; OCHOA-ALFARO, A. E.; VEGARROQUE, L.; MANDEVILLE, P. B. **Milk yield and composition of Rambouillet ewes under intensive management**. *Small Ruminant Research*, v.43, n.3, p.269-274,2002.

CORRÊA, G. F. **Produção e composição química do leite ovino em diferentes genótipos**. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

DE CAMPOS A.M. **Desenvolvimento de extratos secos nebulizados de *Ilex paraguariensis* St. Hill. Aquifoliaceae (erva-mate)**. Porto Alegre, 149p. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, UFRGS, 1996.

DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S.; MORO, D. V. Determinação laboratorial dos componentes do leite. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S.(Eds.). **Uso do leite para monitorar a nutrição de vacas leiteiras**. Porto Alegre: UFRGS, p.5-22, 2001.

FAO. **Global livestock production and health atlas**. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/aga/glypha/index.jsp>>.. Acesso em: 15 Dez. 2012.

FENNEMA, Owen R. et al. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre : Artmed, 2010.

- FERREIRA, C. L. L. F. et al. **Verificação da qualidade físico-química e microbiológica de alguns iogurtes vendidos na região de Viçosa**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 56, n. 321, p. 152-158, 2001.
- FERREIRA, M.I.C. **Produção e composição do leite de ovelhas Santa Inês e mestiças Lacaune x Santa inês e biometria de seus cordeiros**. 2009. 80f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Escola de veterinária da UFMG – Belo Horizonte.
- FERREIRA, M. G.; SOUZA, L. T.; PELEJA, L.; CORASSIN, C. H.; GRATÃO, P.R. **Uréia e qualidade do leite**. Revista Científica Eletrônica de Medicina veterinária.n.6, ano 3, 2006.
- FOSTER T.P, LEATHERMAN M.W. **Powder characteristics of proteins spray-dried from different spray-dryers**. Drug Dev Ind Pharm 21: 1705-1723, 1995.
- FURTADO, M. M. **Queijos finos maturados por fungos**. São Paulo: Milkbizz, p.128, 2003.
- GAUCHE, C. **Polimerização de proteínas do soro de leite por transglutaminase e propriedades físicas de iogurte elaborado após tratamento enzimático**. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- GOETZE, M. **Avaliação da Qualidade de Leites De Ovelha Destinados À Elaboração de Queijos Tipo Pecorino Toscano e Feta**. 2010.54f. IFRS Campus Bento Gonçalves. Disponível em: <http://www.bento.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/2012429101512203marguit.pdf>. Acesso em: 28/11/12.
- GUERRA, R. B; NEVES E. C. A; PENA, R. S. **Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(3): 443-447, jul.-set. 2005443
- GUGGISBERG, D. et al. **Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition**. International Dairy Journal, Berne, Switzerland, v. 19, p. 107-115, 2009.
- GUTIÉRREZ, R.B. **Elaboración artesanal de quesos de ovejas**. Montevideo-Uruguay: MGAP – JUNAGRA – UAPAG, 1991. 130p.

- HAENLEIN, G. F. W. **About the evolution of goat and sheep milk production.** Small Ruminant Research, v.68, n.1-2, p.3-6, 2007.
- HILALI, M; EL-MAYDA, E; RISCHKOWSKY, B. **Characteristics and utilization of sheep and goat milk in the Middle East.** Small Ruminant Research, n.101, p.92-101, 2011.
- HOFF, D. N.; BRUCH, K. L.; PEDROZO, E. A. **Desenvolvimento de nichos de mercado para pequenos negócios: leite e laticínios de cabras e ovelhas em Bento Gonçalves, RS.** Teoria e Evidência Econômica, v.14, n.28, p.128-154, 2007.
- HURLEY, W. L. **Topic areas in lactation biology.** 2002. Disponível em:<<http://classes.aces.uiuc.edu/AnSci308/topicareas.html>>. Acesso em: 27 mai. 2013.
- IBGE. **Produção da pecuária Municipal 2010.** Volume 38. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=21. Acesso em: 15/11/2012.
- JANDAL, J.M. **Comparative aspects of goat and sheep milk.** Small Ruminant Research, v. 22, 1996, 177-185 p.
- JOUPPILA, K.;ROOS,Y. H. **Glass Transitions and Crystallization in Milk Powders.** Journal of Dairy Science, Ohio, v.77, n.10, p.2907-2915, 1994.
- JOUPPILA, K.;ROOS,Y. H. **Glass Transitions and Crystallization in Milk Powders.** Journal of Dairy Science, Ohio, v.77, n.10, p.2907-2915, 1994.
- KREMER, R.; ROSÉS, L.; RISTA, G. et al. **Machine milk yield and composition of non-dairy Corriedale sheep in Uruguay.** Small Ruminant Research, n.19, p.9-14, 1996.
- LAGUNA, L. E; EGITO. A.S. **logurte Batido de Leite de Cabra Adicionado de Polpa de Frutas Tropicais.** Circular técnica. Sobral, CE. Dezembro, 2006. Disponível em: <http://www.cnpc.embrapa.br/admin/pdf/00433001243.ct32.pdf>. Acesso em: 28/01/2014.
- LARA, Vivian. **O Mercado Nacional da Ovinocultura.** 2009. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/palestras/22279-mercado-nacional-ovinocultura.html> . Acesso em: 01/12/2012
- LUCEY, J. A.; SINGH, H. **Formation and physical properties of acid Milkels: a review.** Food Research International, v. 30, n. 7, p. 529-539, 1998.

- LUIZ, M. T. B. Leite de Cabra: **Hipoalergenicidade, composição química e Aspectos Nutricionais**. Revista Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”, v. 54, n. 306, Jan./Fev. 1999, 23-31 p.
- MARTÍNEZ S.; FRANCO I.; CARBALLO J. **Spanish goat and sheep Milk cheeses**. Small Ruminant Research, n.101, p. 41-54, 2011.
- MARTINS, E.C. **Ovinocultura no Brasil: Novas fronteiras**. Embrapa Caprinos. Dez. 2006. Disponível em: <
<http://www.portaldoagronegocio.com.br/index.php?p=texto&&idT=862> >.
Acesso em: 31 mai. 2013.
- MASTERS, K. **Spray dryer Handbook**. 3rd Ed. New York: John Wiley & Sons INc. 1979. 687p.
- MATHIAS, Thiago Rocha dos Santos; ANDRADE, Kelita Carlos Silva; ROSA, Cíntia Letícia da Silva e SILVA, Bárbara Amorim. **Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais**. *Braz. J. Food Technol.* [online]. 2013, vol.16, n.1, pp. 12-20. Epub 05-Mar-2013. ISSN 1981-6723.
- MEDEIROS, D.F.M. **Viabilidade técnica de uma rota não convencional para a produção de leite em pó em cooperativas do Rio Grande do Norte**. 2010. 166f. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Rio Grande do Norte. 2010.
- MORAND-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.
- MUNDIM, S. A. P. **Elaboração de iogurte funcional com leite de cabra, saborizado com frutos do cerrado e suplementado com inulina**. Rio de Janeiro, 2008. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.
- MWAURA S. M.; A.O AKINSOYINU. **Calcium and phosphorus in milk of Yankansa ewes as influenced by stages of lactation**. Journal of Applied Biosciences, Nigéria, v.26, p.1623-1630, 2010.
- PANDYA, A. J.; GHODKE, K. M. **Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt**. Small Ruminant Research, n.68, p.193-206, 2007.

- PINHEIRO, A. J. R.; MOSQUI M, M. C. A. V. Apostila: **Processamento de leite de consumo**. Dep. Tecnologia de Alimentos. UFV: Viçosa, 1991.
- OLIVEIRA O. W., PETROVICK P. R. **Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações**. Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy 20(4): 641-650, Ago./Set. 2010
- OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. **Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações**. *Rev. bras. farmacogn.* [online]. 2010, vol.20, n.4, pp. 641-650. ISSN 0102-695X.
- O'HAGAN, P.; HASAPIDIS, K.; CODER, A.; HELSING, H.; POKRAJAC, G. Particle size analysis of food powders. In: ONWULATA, C. (Ed.). **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton, Taylor & Francis, 2005, p.215-245.
- PARK K. J. B. **Considerações Termodinâmicas das Isotermas**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.1, p.83-94, 2008.
- PARK, K. J.; BIN. A.; BROD .F. P. R. **Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*pyrus sp.*) Com e sem desidratação osmótica**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 21(1): 73-77, jan.-abr. 2001
- 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.
- PATEL, K. et al. **One-dimensional simulation of co-current, dairy spray drying systems – pros and cons**. Dairy Science and Technology, Rennes, v.90, n.1, p.181-210, 2010.
- PATEL, K. et al. **One-dimensional simulation of co-current, dairy spray drying systems – pros and cons**. Dairy Science and Technology, Rennes, v.90, n.1, p.181-210, 2010.
- PELLEGRINI, L.G. **Caracterização do leite ovino em função do período de lactação**. 2012. 60f. Tese (Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Santa Maria, RS. Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/websites/ppgcta/download/Dissertaco/Pelegri.pdf>. Acesso em: 20/11/2012.

- PENNA, C. F. A. M. **Produção e parâmetros de qualidade de leite e queijos de ovelhas Lacaune, Santa Inês e mestiças submetidas a dietas elaboradas com soja ou linhaça**. 2011.154f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Escola de veterinária da UFMG – Belo Horizonte. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8MEFPT/claudia_freire_de_andrade.pdf;jsessionid=7BE7FC81AE1F53CCF62365AC34F8E5C2?sequence=1. Acesso em: 25/11/2012.
- PERES, J. R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S. (Eds.). **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 29-43.
- PERRONE, Í. T. **Influência das condições de operação em *spray dryer* piloto sobre a umidade e a atividade de água do leite em pó integral**. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 68, nº. 393, p. 5-9, jul/ago., 2013.
- PIMENTEL, T. C. **Iogurte probiótico com inulina como substituto de gordura**. 2009. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.
- PRECI, D. et al. **Desenvolvimento de iogurte light com extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) e adição de probióticos**. Alim. Nutr., Araraquara, v. 22, n. 1, p. 27-38, jan./mar. 2011.
- RAMOS, C. RICHARDS, N.S.P.S. **Elaboração de iogurte natural de leite de ovelha**. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNISINOS 2003.
- RAMOS, J. M. S. **Efeito da refrigeração em leite de ovelha – evolução da flora microbiana e efeito na aptidão tecnológica para queijo**. 2009. 93f. Tese (Engenharia Zootécnica – Produção Animal. Lisboa. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1121/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Jo%C3%A3o%20Ramos.pdf>. Acesso em: 18/11/2012.
- RÉ, M.I. **Microencapsulation by spray drying**. Drying Technology, v.16, n.6, p.1195-1236, 1998.
- RIBEIRO, L. C. **Produção, composição e rendimento em queijos do leite de ovelhas Santa Inês**. 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

- RICHARDS, N. S. P. S.; MIRANDA, J. D.; RAMOS, C. **Determination of mineral elements in milk of different species (buffalo, goat, sheep and cow) by atomic emission spectroscopy.** In: III Congresso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 2009, Cordoba - Argentina. **Anais...** Actas de lo III Congresso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Cordoba - Argentina: Gobierno de la Provincia de Cordoba, 2009. v. 1. p. 41-41.
- ROCHA, L. A. C. **Qualidade do leite de búfala e desenvolvimento de bebida láctea com diferentes níveis de iogurte e soro de queijo.** 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil.
- RODA, D.S. et al. **Produção de leite de ovelhas Ideal e Corriedale e desenvolvimento do cordeiro.** Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, v.44, n.2, p.297-307, 1987.
- ROOS, Y.H. **Importance of glass transition and water activity to spray drying and stability of dairy powders.** Le Lait, Rennes, v.82, n.4, p.478-484, 2002.
- ROOS, Y.H. **Importance of glass transition and water activity to spray drying and stability of dairy powders.** Le Lait, Rennes, v.82, n.4, p.478-484, 2002.
- ROSA, E.D., TSUKADA, M. FREITAS, L.A.P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: Fundamentos e aplicações.** Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/Exclusivo/Inserir/Anexos/LinkAnexos/secagem%20de%20materiais.pdf>. Acesso em: 15/02/2013.
- ROSÉS, L. B. **Composición de la leche Corriedale.** In: JORNADA DE CAMPO – TAMBO OVINO, 18 nov. 1993, Mígues. **Anais...** Mígues: Universidad de la Republica, Facultad de Veterinária, INIA, 1993. p.31-33.
- ROVAI, M. **Caracteres morfológicos y fisiológicos que afectan la aptitud al ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega y Lacaune.** 2001. 281 f. Tese (Doutorado). Universita Autônoma de Barcelona Barcelona.
- SANTOS, J. A. **Iogurte: um bom negócio se feito com profissionalismo.** Indústria de Laticínios, n. 18, p. 20-27, 1998.

- SILVA, S. V da. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- SILVA, S. V da. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- SILVEIRA, A. C. P. **Secagem por spray: uma revisão**. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 68, n. 391, p. 51-58, mar./abr., 2013
- SOARES L.A.L. **Obtenção de comprimidos contendo alto teor de produto seco por aspersão de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek – Celastraceae. Desenvolvimento tecnológico de produtos intermediários e final**. Porto Alegre, 285p. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, UFRGS, 2002.
- SOUZA, A. C. K. O. **Produção, composição química e características físicas do leite de ovinos da raça corriedale**. R. bras. Agrociência, v.11, n. 1, p. 73-77, jan-mar, 2005.
- STRADIOTTO, M. M. **Efeito da gordura protegida sobre a composição do leite anestro pós-parto, resposta as infecções parasitárias e desempenho de cordeiros, em ovelhas da raça Bergamácia**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q. **Milk yield and milk composition of Santa Inês ewes**. *Journal of Animal Science*, v.83, suppl.1, p.66. 2005.
- TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Yogurt: ciencia y tecnologia**. Zaragoza: Acribia, 1991. 368 p.
- THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. **Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, SP, v. 26, n. 3, p. 589-595, jul./set. 2006.
- THOMAS, M.E.C.; et al. **Milk Powders Ageing: Effect on Physical and Functional Properties**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, London, v.44, p.297–322, 2004.
- TONON R.V; BRABET C, HUBINGER, M. D. **Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying**. *J Food Eng* 88: 411-418, 2008.

- TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese de Doutorado (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas. 2009.
- TORMEN, E. **Leite em pó de ovelha**. Rural Pecuária, 2011. Disponível em: <http://www.ruralpecuaria.com.br/2011/04/leite-em-po-de-ovelha.html>. Acesso em: 03/12/2012.
- Treyball, R.B. **Drying. mass transfer operations**. New York: McGraw-Hill, 1968, p. 569-575.
- UEDA, A. **Relationship among Milk density, composition and temperature** Master's thesis, University of Guelph, Ontario, Canada. 1999.
- VALDUGA, Alice Teresa; BATTESTIN, Vania and FINZER, José Roberto Delalibera. **Secagem de extratos de erva-mate em secador por atomização**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* [online]. 2003, vol.23, n.2, pp. 184-189. ISSN 1678-457X .
- VASCONCELOS, C. M. **Caracterização físico-química e sensorial de iogurte “light” com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- WALSTRA, P., GEURTS, T.J., NOOMEN, A., JELLEMA, A., and VAN BOEKEL, M.A.J.S. 1999. **Dairy Technology: Principles of Milk, Properties and Processes**. New York: Marcel Dekker.
- WALSTRA, P.; GEURTS, T. J.; NOOMEN, A.; JELLEMA, A.; BOEKEL, M. A. J. S. **Ciência de la leche y tecnología de los productos lácteos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 2001.
- WENDORFF, B. **Milk composition and cheese yield**. In: **Great lakes dairy sheep symposium**, 2002, Ithaca. *Proc ...* Ithaca: Cornell University, 2002. p. 104-117.
- WITSCHINSKI, FABIELE. **Elaboração de iogurte com adição de fruto-oligossacarídeo e cultura probiótica (*Bifidobacterium*)**. 2012. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus de Erechim.

ZIMMERMANN¹, N. P; MONREAL², A. C. D; OLIVEIRA³, J. V; RASI⁴, L.
Controle leiteiro e análise centesimal do leite de ovelhas suffolk. Arq.
Ciênc. Vet. Zool. Unipar, Umuarama, v. 12, n. 1, p. 37-45, jan./jun. 2009.

ANEXO

Tabela de Panreac: usada para determinar a quantidade de lactose (monohidratada e anidra) em miligramas e a quantidade de cobre e óxido em miligramas.

Cobre Óxido (Cu_2O) em mg	Lactose 1 – hidrato ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}\text{H}_2\text{C}$) em mg	Lactose – anidra ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) em mg
10	5,1	4,8
11	5,3	5,5
12	6,4	6,1
13	7,1	6,7
14	7,7	7,3
15	8,4	8,0
16	9,0	8,6
17	9,7	9,2
18	10,3	9,8
19	11,0	10,5
20	11,6	11,0
21	12,3	11,7
22	12,9	12,3
23	13,6	12,9
24	14,2	13,5
25	14,8	14,1
26	15,8	14,7
27	16,2	15,4
28	16,8	16,0
29	17,5	16,6
30	18,1	17,2
31	18,7	17,8
32	19,4	18,4
33	20,0	19,0
34	20,7	19,7
35	21,3	20,2
36	22,0	20,9
37	22,6	21,5
38	23,3	22,1
39	23,9	22,7
40	24,6	23,4
41	25,2	23,9
42	25,9	24,6
43	26,5	25,2
44	27,2	25,8
45	27,8	26,4
46	28,5	27,1
47	29,1	27,6
48	29,8	28,3
49	30,4	28,9
50	31,4	29,5