

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS**

MAURÍCIO RADAELLI MORAES

**ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO E SEGREGAÇÃO DO LEITE CRU COM ÊNFASE
NA PRODUÇÃO DE QUEIJO MUÇARELA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2018

MAURICIO RADAELLI MORAES

**ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO E SEGREGAÇÃO DO LEITE CRU COM ÊNFASE
NA PRODUÇÃO DE QUEIJO MUÇARELA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas”.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira

PATO BRANCO

2018

M827e Moraes, Maurício Radaelli.

Estudo da classificação e segregação do leite cru com ênfase na produção do queijo muçarela / Maurício Radaelli Moraes . – 2018. 84 f : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Pato Branco, PR, 2018.

Bibliografia: f. 76 - 84.

1. Derivados do leite. 2. Laticínios - Processamento . 3. Queijo – Fabricação. 4. Leite - Classificação. I. Oliveira, Gilson Adamczuk, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22.ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 45

A Dissertação de Mestrado intitulada "**Estudo da classificação e segregação do leite cru com ênfase na produção de queijo muçarela**", defendida em sessão pública pelo candidato **Mauricio Radaelli Moraes**, no dia 30 de novembro de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira - Presidente - UTFPR

Dr. Jean Carlos Brustolin – Aurora Alimentos

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 24 de janeiro de 2019.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a força que move o universo e a certeza de que todas as coisas sempre dão certo.

A minha Esposa Franciely pela paciência e compreensão nos momentos de ausência e principalmente por cuidar tão bem de nossos filhos para que eu pudesse me dedicar a este trabalho.

Aos meus filhos, Vicente e Luísa por serem crianças amadas e que foram fonte de energia e inspiração durante essa caminhada.

Ao meu Orientador, Sr. Gilson Adamczuk de Oliveira pelo apoio, auxílio e parceria durante a realização destes trabalhos.

A Aurora Alimentos e Sr. Celso Inácio Lermen pelo apoio incondicional, pelas oportunidades oferecidas e por acreditar neste trabalho.

Aos meus Líderes, Diego Perosa, Cristiane Rodrigues da Silva e Ediane Menegotte por suprirem com tanta maestria minhas ausências, me deixando tranquilo para realizar este trabalho.

A minha Equipe de trabalho pela compreensão e apoio, em especial a Equipe do Laboratório de recebimento de leite, equipe responsável pela maioria dos dados levantados para este trabalho.

Aos Professores membros da banca Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin e Dr. Jean Carlos Brustolin por terem aceitado participar da banca, com importantes contribuições para a dissertação.

Muito obrigado a todos!

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

(Ayrton Senna)

MORAES, Mauricio Radaelli; **ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO E SEGREGAÇÃO DO LEITE CRU COM ÊNFASE NA PRODUÇÃO DE QUEIJO MUÇARELA**. 2018. 78 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

RESUMO

O leite, alimento com alta densidade de nutrientes, é a principal fonte de cálcio para consumo humano. O Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo, produzindo 35 bilhões de toneladas em 2016. Desse total, aproximadamente 24 bilhões foram projetados para processamento industrial e 11 bilhões especificamente para produção de queijos. O leite recebido para processamento industrial não é homogêneo. As características desta matéria-prima influenciam o rendimento durante a fabricação de produtos lácteos. O tema central desta dissertação é a alocação do "leite correto" para a produção de queijo muçarela, cujo efeito da composição e proporção entre os constituintes é mais significativo. Para a fabricação de queijo muçarela, o principal fator envolvendo a composição físico química da matéria prima leite é o teor de caseína. Este trabalho tem um objetivo principal, melhorar a qualidade e rendimento na produção de queijo muçarela, por meio da análise do teor de caseína. Em primeiro lugar, através de uma revisão sistemática da literatura sobre a cadeia de produção de leite, apresenta-se os aspectos de qualidade envolvidos e os fatores intrínsecos do leite cru que influenciam o rendimento na produção de queijo. Em seguida, através de um estudo de caso desenvolvido em uma empresa, construiu-se um modelo para alocação do leite cru em uma indústria de lácteos multiprodutos, com base na análise do teor de caseína e foco na otimização da produção de queijo muçarela. Para tanto, foi necessário conhecer o perfil do teor de caseína do leite cru recebido pela indústria. Após três meses de coleta de dados, o perfil de caseína do leite recebido foi estabelecido a partir de 15.236 amostras analisadas e a partir deste perfil foi definida uma estratégia de classificação e segregação do leite cru a ser utilizado na produção de queijo muçarela. Esta nova estratégia de segregação oferece um potencial ganho teórico calculado anualizado em R\$3.700.000,00. A partir da implantação da estratégia de segregação foram realizadas avaliações práticas de potencial ganho e a avaliação direta de potencial ganho ofertou para a companhia a possibilidade de incremento a sua receita de R\$5.912.820,00. Para a implantação total da estratégia de segregação é necessário a realização de investimentos em infraestrutura. O plano de investimento foi avaliado através de uma abordagem determinista que resultou em uma avaliação de investimento com alto retorno (VPL R\$ 14.153.166,39), baixo risco (*playback* de três meses) e baixa sensibilidade (variação da TMA acima de 5900%). Também foi avaliado através de uma abordagem estocástica por meio da Simulação de Monte Carlo com 10.000 e 100.000 simulações que mostrou um investimento altamente lucrativo e promissor. O estudo de melhorias através do perfil físico-químico do leite é um campo frutífero para futuras pesquisas com implicações práticas para empresas multiprodutos do setor lácteo.

Palavras-chave: Processamento de leite cru, teor de caseína, produção de queijo, queijo muçarela, segregação de leite, classificação de leite.

MORAES, Mauricio Radaelli; **STUDY OF CLASSIFICATION AND SEGREGATION OF RAW MILK WITH EMPHASIS IN THE MOZZARELLA CHEESE PRODUCTION.** 2018. 78 pages. Thesis (Master's degree in Production Engineering and Systems) Federal Technology University of Paraná. Pato Branco.

ABSTRACT

Milk is the primary source of calcium for human consumption and has high nutrient density. Brazil, the world's fourth-largest milk producer, processed 35 billion tons in 2016. The milk received for industrial processing is not homogeneous. The characteristics of this raw material significantly influence the yield during the manufacture of dairy products. The central theme of this investigation is the allocation of the 'right milk' for each dairy product, especially in cheese processing. The principal factor to manufacture mozzarella cheese is the casein content. This work has a principal objective, improving quality and yield in the production of mozzarella cheese, by of the analysis of the casein content and prioritization of raw milk destined for this process. Firstly, through a systematic review of the literature on the milk production chain, we present the quality aspects involved, and the intrinsic factors of the raw milk that influence yield in cheese production. Then, through a case study developed in a cooperative company, a model for the allocation of raw milk in a multi-product dairy industry was built based on the analysis of the casein content and focus on the optimization of the production of mozzarella cheese. To do so, it was necessary to know the profile of the casein content of all raw milk received by the dairy processing industry. After three months of data collection, the casein profile of the milk received was established from 15,236 samples analyzed and from this profile a strategy of segregation of the raw milk to be used in the production process of mozzarella cheese was defined. This new strategy of segregation offered an estimated theoretical gain power calculated in annualized R \$ 3,700,000.00. Based on the implementation of the segregation strategy, a practical evaluation of direct potential gain were made that offered the company the possibility of increasing its revenue of R\$ 5.912.820.00. In order to fully implement the segregation strategy, it is necessary to make investments in infrastructure. The investment plan was evaluated through a deterministic approach that resulted in an investment valuation with high return ((VPL R\$ 14.153.166,39), low risk (Payback – Three months) and low sensitivity (TMA variation 5,900%). It was also evaluated through a stochastic approach through Monte Carlo Simulation with 10,000 and 100,000 simulations which has returned a highly profitable and exciting investment for the industry. The study of improvements through the physical-chemical profile of milk is a fruitful field for future research with practical implications for multiproducts companies of the dairy sector.

Keywords: Raw milk processing, casein content, cheese production, mozzarella cheese, milk segregation, milk classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Framework</i> teórico-conceitual para Alocação de Leite Cru.....	30
Figura 2 - Modelo proposto de segregação e alocação do leite cru	36
Figura 3 - Estratégia de segregação usando a distribuição normal.....	38
Figura 4 - Fluxograma geral do processo de produção de queijo muçarela.....	40
Figura 5 - Fluxograma geral do processo.....	44
Figura 6 - Cadeia de abastecimento de leite	46
Figura 7 - Resultado das análises de caseína - setembro de 2017.....	48
Figura 8 - Resultado das análises de caseína - outubro de 2017	49
Figura 9 - Resultado das análises de caseína - novembro de 2017.....	49
Figura 10 - Histograma de dados históricos (15.236 cargas).....	58
Figura 11 – Média diária de caseína sem classificação e segregação do leite	59
Figura 12 – Comparativo de média diária de caseína	59
Figura 13 - Distribuição de probabilidade do VPL e ajuste da normal.....	71
Figura 14 - Distribuição de Probabilidade do VPL - 90%	72
Figura 15 - Distribuição de Probabilidade do VPL - 95%	72
Figura 16 - Distribuição de Probabilidade do VPL - 99%	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo composição do leite Brasil X Nova Zelândia	17
Tabela 2 - Histórico de caseína: Dados mensais	50
Tabela 3 - Perfil dos teores de caseína do leite recebido (continua).....	51
Tabela 4 - Produção teórica de queijo Muçarela 2017 – Sem segregação	56
Tabela 5 - Potencial de produção extra de muçarela – base 2017	57
Tabela 6 - Potencial de produção extra de muçarela – base 2017	60
Tabela 7 - Resultados das bateladas teste produzidas com o leite segregado.....	62
Tabela 8 - Comparativos de ganho anualizado em kg de queijo muçarela	63
Tabela 9 - Ganhos esperados estimados anual e mensal	64
Tabela 10 - Faixa de variação do ganho anual	66
Tabela 11 - Necessidades de investimento para a implantação da segregação.....	67
Tabela 12 - Incremento de custos para a implantação da segregação	68
Tabela 13 - Informações para a análise da viabilidade	69
Tabela 14 - Análise do investimento – abordagem determinística	70
Tabela 15 - Análise do investimento – Abordagem estocástica (SMC).....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ai	Disponibilidade diária de leite cru
ABCBRH	Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da raça Holandesa
APCBRH	Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da raça Holandesa
Cs	Teor de caseína
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPPi	Caminhão de primeiro percurso
CSPi	Caminhão de segundo percurso
CV	Coeficiente de variação
Di	Leite cru para a produção de queijo muçarela
DP	Desvio Padrão
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPPi	Equipamento de padronização e pasteurização
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FC	Fluxo de caixa
fi	Fração ideal do leite
IBC	Índice de Benefício/custo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MMI	Metodologia Multi-índice
MMIA	Metodologia Multi-Índice Ampliada
N	Horizonte de planejamento
OST	Tanques para a fabricação de queijo
PI	Plano de investimento
Pi	Produtor de leite
PPPi	Produtor de leite de primeiro percurso
PRLi	Posto de resfriamento de leite
PROKNOW-C	<i>Knowledge Development Process – Constructivist</i>
PSPi	Produtor de leite de segundo percurso
ROI	Retorno sobre investimento
\$ \Lambda € \pi	<i>Software</i> para auxílio na análise de investimento

SELCi	Silos de estocagem de leite cru
SELPi	Silos de estocagem de leite Pasteurizado
SMC	Simulação de Monte Carlo
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
UHT	<i>Ultra-high temperature processing</i>
UPL	Unidade de Processamento de Lácteos
USDA	Departamento da Agricultura dos Estados Unidos da América
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VPL	Valor presente líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	19
1.3.1	Objetivo Geral	20
1.3.2	Objetivos Específicos	20
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	A CADEIA PRODUTIVA E O PERFIL FÍSICO QUÍMICO DO LEITE	24
2.2	AS VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA E A PRODUÇÃO DE QUEIJO	26
2.3	ANÁLISE DE PROJETO DE INVESTIMENTO	31
3	METODOLOGIA DO ESTUDO	34
3.1	MÉTODO DE COLETA DE AMOSTRAS.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	A EMPRESA E SEUS PROCESSOS	45
4.2	A AVALIAÇÃO DA CASEÍNA	48
4.3	ESTRATÉGIA DE SEGREGAÇÃO.....	54
4.4	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTRATÉGIA DE SEGREGAÇÃO.....	58
4.4.1	Resultado da avaliação indireta do potencial ganho	58
4.4.2	Resultado da avaliação direta do potencial ganho	61
4.5	ANÁLISE DE INVESTIMENTOS PARA PREPARAÇÃO DA FÁBRICA.....	64
5	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresentam-se os seguintes tópicos: (i) Contextualização; (ii) Formulação do problema de pesquisa; (iii) Declaração dos objetivos da pesquisa e (iv) Delimitação da pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em recente publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI), órgão oficial do Estado de Santa Catarina, o Brasil é o 4º maior produtor de leite de vaca do mundo (EPAGRI, 2017), totalizando mais de 35 bilhões de toneladas produzidas em 2016. Deste total, aproximadamente 24 bilhões de toneladas foram destinados ao processamento industrial e aproximadamente 11 bilhões de toneladas foram destinadas a fabricação de queijos conforme a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (FAO, 2017) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2017a). Com 2,44 bilhões de litros de leite captados pelas indústrias, o estado de Santa Catarina se torna o quarto maior produtor de leite industrializado do país, como evidenciam as informações recentemente publicadas pelo IBGE (2017a). Enquanto a captação de leite pelas indústrias no Brasil diminuiu 3,7% em 2016, em Santa Catarina o crescimento foi de 3,82%. O maior produtor do país, Minas Gerais teve redução de 5,21% na captação de leite nas indústrias; no Rio Grande do Sul a produção foi 6,84% menor do que em 2015; e no Paraná a queda foi de 3,32%. Goiás, que antes ocupava o quarto lugar no *ranking* de produção de leite industrializado no país, teve uma redução de 5,55% no último ano. Considerando a produção de Santa Catarina, a região Oeste do Estado, foi responsável no ano de 2016 por aproximadamente 70% do leite produzido no Estado, demonstrando desta forma a importância da região Oeste do Estado de Santa Catarina, e a evolução desta produção nos anos recentes (IBGE, 2017b).

Por outro lado, o desperdício de alimentos afeta significativamente a cadeia de abastecimento mundial. Por exemplo, cerca de 40% do total de alimentos produzido anualmente nos Estados Unidos da América é perdido, o que equivale a US\$ 165 bilhões (PANDEY et al., 2016). Este grande desperdício, aumenta a pressão por uma maior eficiência na cadeia como um todo. Assim sendo, são necessárias práticas

inovadoras com o objetivo de otimizar a utilização de todos os recursos, incluindo a alocação da matéria prima correta para cada processo. A redução do desperdício de alimentos necessita de ações em diferentes escalões dentro da cadeia de abastecimento alimentar (ZHONG; XU; WANG, 2017).

Todas as entidades da cadeia de abastecimento de alimentos devem ser responsáveis por neutralizar o desperdício de alimentos, o que pede por iniciativas conjuntas Bilska et al., 2016, de maneira a garantir o abastecimento de alimentos a toda a população mundial. A qualidade requerida dos alimentos é obtida através das relações entre os participantes ao longo da cadeia de abastecimento, incluindo os consumidores, exigindo qualidade de processo em todas as etapas da cadeia produtiva. Desta forma é conveniente afirmar que responsáveis por cada etapa da cadeia precisam participar ativamente com o intuito de evoluir os seus processos e otimizar os recursos disponíveis.

Levando em consideração os impactos em todas as etapas da cadeia de abastecimento, existe a necessidade de melhorias no gerenciamento de processos para minimizar o desperdício de leite durante o processamento de diferentes produtos (BERLIN, 2005; BERLIN; SONESSON; TILLMAN, 2007). Considerando ainda o aspecto do impacto ambiental, esforços para reduzir a perda de leite/queijo em todas as fases da cadeia de abastecimento tem um potencial significativo para reduzir o impacto global do consumo de queijo (KIM et al., 2013).

Nesse aspecto, a indústria de processamento de lácteos desempenha papel fundamental na cadeia, se trata de uma área inovadora, com a missão de manter seus processos nos mais altos níveis de qualidade e reduzir os desperdícios e os impactos causados (BERLIN; SONESSON; TILLMAN, 2007), consequentemente aumentando os seus lucros. Pode-se caracterizar como desperdício a destinação de leite cru sem considerar se as características são adequadas a um determinado produto lácteo. Isso urge por uma etapa de gerenciamento, que controle a utilização do leite cru a partir de padrões pré-definidos e resultados de análises disponíveis, fazendo com que o processo direcione o “leite certo” para cada processo, tornando toda a cadeia mais eficiente (ZHONG; XU; WANG, 2017).

A incerteza ao longo da cadeia de fornecimento de leite cru para uma indústria de processamento, surgida a partir das variáveis que influenciam o perfil físico químico do leite cru, sugerem a necessidade de uma melhor alocação do leite cru de acordo com sua aptidão para processos subsequentes, levando a um *upgrade* de processo

para a indústria de processamento. Um dos maiores obstáculos na correta determinação da qualidade do leite advém de uma grande variabilidade entre amostras de leite (AGRANOVICH et al., 2016). Incapacidade de gerenciar tais incertezas pode levar a um projeto inviável ou o desempenho da cadeia de abastecimento abaixo do ideal (TONG; YOU; RONG, 2014).

Existe ainda, e não menos importante, o compromisso com o consumidor. É necessário rastrear o leite cru utilizado no processamento de alimentos em caso de incidentes. Conforme Dabbene, Gay e Tortia (2014) os aspectos de rastreabilidade tornaram-se essenciais para garantir a segurança alimentar e a qualidade dos alimentos. Ali, Tan e Ismail (2017) em seu trabalho a respeito da integridade da cadeia de suprimentos de alimentos, destacam que materiais crus sempre foram um ponto crucial de discussão após um incidente, enfatizando ainda que para o caso de alimentos, existe fusão de matérias primas em seus processamentos (o que torna o assunto mais crítico). Destaca-se ainda a importância de um bom processo de rastreabilidade e um profundo conhecimento das características das matérias primas utilizadas no processamento para uma ágil redução de impactos em casos de incidentes com alimentos.

Fazem parte do perfil físico químico do leite cru suas variáveis de composição que são os teores de lactose, gordura, proteínas e minerais, regulamentados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), órgão oficial responsável pela fiscalização referente a produtos de origem animal (MAPA, 2011; MAPA, 2017). Estes teores sofrem influência de eventos tais como: rebanho, raça, região, época, ano, mês, período de conservação da amostra, estágio da lactação, alimentação, nutrição, estado de saúde das vacas leiteiras, contagem de células somáticas, procedimento de ordenha, intervalo entre ordenhas e outras fontes de variabilidade. Todos estes fatores apresentam influência isoladamente e também influência inter-relacionadas entre mais de um fator (COFFEY et al., 2016; LARSEN et al., 2010; SNEDDON et al., 2016).

Além dos fatores apresentados, existe o fato de que o transporte do leite é realizado através de caminhões tanque, onde o leite de um determinado conjunto de produtores é misturado. Assim como estabelecem Tong, You e Rong (2014) em seu trabalho referente a uma Cooperativa na Colômbia, onde os produtores que fazem parte de cada conjunto de coleta do leite são definidos de maneira a reduzir distâncias de transporte, reduzindo desta forma a distância percorrida, o tempo de viagem e

consequentemente a influência na composição do leite cru. Portanto, para ser definido a melhor aptidão do leite cru é necessário avaliar a amostra coletada nos tanques do caminhão, que é referente ao conjunto de produtores que foram carregados naquele caminhão.

A cada recebimento do leite cru é necessário realizar uma avaliação da composição da amostra coletada nos tanques dos caminhões de transporte para comprovação do atendimento ao perfil legal de caracterização de leite cru (MAPA, 2017). Neste momento, é possível utilizar as amostras coletadas para a realização de análises complementares para a caracterização da melhor aptidão de processo da carga de leite, ou seja, avaliando o teor de lactose e determinando se o leite deve ser classificado e segregado para o processamento em queijo muçarela.

O principal componente do leite, que tem um grande impacto sobre o seu valor nutricional e adequação tecnológica, é a proteína. Proteínas do leite são um grupo heterogêneo de compostos que diferem em composição e propriedades. Eles são divididos em complexos de caseína e frações de proteína de soro de leite (BARLOWSKA et al., 2011). Legalmente, o leite de vaca no Brasil precisa apresentar no mínimo 2,9g/100g de proteína (MAPA, 2017). Alguns estudos apontam níveis médios de proteína superiores a 3% (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007). De acordo com relatório anual de 2016 da Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da raça Holandesa APCBRH (2017), entidade de referência quanto à caracterização da composição do leite da região sul do Brasil, região a qual pertence o Estado de Santa Catarina, o leite desta região apresenta aproximadamente 3,2% de proteína.

Comparando as cadeias de produção entre Brasil e Nova Zelândia, de acordo com Almeida (2013) enquanto que naquele país os rebanhos médios possuem 392 vacas, no Brasil os rebanhos médios possuem 24 vacas. Pode-se ainda verificar uma considerável diferença na composição, conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo composição do leite Brasil X Nova Zelândia

		País	
		Brasil	Nova Zelândia
Parâmetro	Gordura	3,60%	4,80%
	Proteína	3,20%	3,61%
	Lactose	4,51%	4,97%

Fonte: Adaptado de Almeida (2013).

As frações centesimais descritas acima evidenciam um dos principais motivos da falta de competitividade dos produtos lácteos brasileiros no mercado internacional, e, além disso, demonstram uma grande oportunidade de evolução para o leite brasileiro. De acordo com Machado (2008), a análise da literatura mundial mostra que existe uma tendência de se pagar em função da concentração de sólidos. Vale ressaltar ainda, que a própria Instrução Normativa nº 62 de 29 de dezembro de 2011 MAPA (2011), prevê que os aspectos relacionados a remuneração do produtor baseada na qualidade do leite devem ser estabelecidos mediante acordo setorial específico. Nos EUA, a partir de janeiro de 2000 foi implantado o sistema de precificação por múltiplos componentes (KENNETH, 2000). O produtor recebe pela quantidade de proteína, gordura e outros sólidos. O custo de produção de cada componente não é o mesmo.

A presente pesquisa, a nível de Brasil é original no campo da engenharia de produção e controle de processos no que tange os conceitos da otimização da utilização da matéria prima leite a partir de suas características de qualidade, mais especificamente seu teor de caseína, conforme informações levantadas junto aos principais fabricantes de equipamentos e embalagens (TetraPak), e ingredientes (Chr Hansen) para indústrias processadoras de lácteos do mundo. A TetraPack é referência mundial segundo Bigoloti et al. (2016) e Varejista (2012), uma das maiores empresas do mundo em inovação de acordo com Mazon (2016) e soluções de processamento e envase de alimentos, a maior fabricante de embalagens cartonadas do Brasil (MILKPOINT, 2012). A Chr Hansen, é uma empresa global de biociência que desenvolve soluções para vários ramos da indústria, alimentícia, nutricional, farmacêutica e agrícola, maior produtora de culturas lácteas do mundo conforme Milkpoint (2005) e líder mundial no fornecimento de culturas para a produção de queijos como cita (MILKNET, 2016).

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente, com a disseminação de novas tecnologias, e a necessidade de competitividade entre as empresas, as organizações devem buscar a diferenciação através de padrões de qualidade, políticas, ações e de métodos que otimizem seus lucros (STACANELLI et al., 2015). Com o objetivo de atender as necessidades globais por alimentos, cada vez mais os produtos alimentícios viajam através das fronteiras.

Esta globalização dos alimentos, desloca também os modelos de gestão locais com o objetivo de otimizar a cadeia de abastecimento alimentar mundial. Esta migração de produtos aumenta consideravelmente a importância de todas as etapas da cadeia, ao longo de todo o ciclo de vida do produto (AHUMADA; VILLALOBOS, 2009).

De acordo com Malafaia (2007), muito embora existam diferentes fatores que influenciam as performances das firmas, o entendimento dos recursos considerados essenciais, ou estratégicos, permite o direcionamento de prioridades pelos gestores, como fonte de vantagem competitiva. Quando correto, é obtida, no aspecto temporal a sustentabilidade do negócio.

Evidenciam-se, de acordo com Machado (2008), políticas claras de incentivo a melhoria da qualidade da produção primária, buscando preencher uma grande lacuna de oportunidade quando comparada a cadeia de produção primária brasileira com a de outros grandes produtores mundiais de leite. Estas políticas de incentivo acabam refletindo em uma pressão as indústrias de processamento quanto a busca de alternativas para a melhor utilização do leite cru, a partir de suas características físico químicas.

Essa prática de alocação é inovadora para o mercado brasileiro, reduzindo os desafios operacionais relacionados a custos e confiabilidade da cadeia de suprimentos de um mercado emergente (LORENTZ; KITTIPANYA-NGAM; SINGH, 2013).

Dessa forma, a essência da pesquisa está no seguinte questionamento: É possível melhorar significativamente o rendimento e a qualidade de produção de queijo muçarela através da classificação e segregação da matéria prima utilizada a partir de seu perfil físico químico?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

O tema central desse trabalho é a alocação do “leite certo” para a produção de queijo muçarela, cujo efeito da composição e da proporção entre os constituintes é mais significativo.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é melhorar a qualidade e o rendimento na produção de queijo muçarela, por meio da avaliação dos teores de caseína, uma vez realizada a classificação e segregação do leite cru destinado para tal processo.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos:

- Construir um modelo para a alocação do leite cru para indústria de laticínios (plantas multiproduto) com base na análise do teor de caseína e foco na otimização da produção de queijo muçarela;
- Conhecer o perfil dos teores de caseína de todo o leite cru recebido;
- Definir uma estratégia de segregação do leite destinado a produção de queijo muçarela e avaliar o potencial ganho teórico oferecido pela estratégia;
- Aplicar a estratégia de segregação e avaliar o potencial ganho indiretamente através da disponibilidade extra de caseína em um projeto piloto;
- Aplicar a estratégia de segregação, realizar um rearranjo fabril e avaliar o potencial ganho diretamente através da avaliação do rendimento em litros de leite utilizados para produzir cada kg de queijo muçarela;
- Avaliar a viabilidade de um projeto de investimento em infraestrutura (silos de armazenamento de leite cru e linhas de abastecimento) e alteração na programação dos *softwares* de controle do processo para possibilitar a implementação total da estratégia de segregação.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para efeito de melhor aproveitamento do leite cru, o trabalho considera influenciar e propor novas estratégias de processamento a partir do recebimento do leite cru na indústria. Não são consideradas alterações em processos anteriores ao recebimento do leite como por exemplo, melhorar a quantidade de caseína presente

no leite produzido a nível de produtor rural ou estratégias de logística para agrupar o leite de produtores com melhores resultados para o teor de caseína.

A estratégia proposta poderá ser utilizada apenas por indústrias de processamento de leite multiprodutos, onde se tem a possibilidade de realizar a classificação e segregação do leite e destinar para cada linha de produção com necessidades diferentes de características de matérias primas.

O fator de influência ao rendimento de queijo estudado neste trabalho é a quantidade de caseína, não foram considerados características de processo (tempos e temperaturas), bem como o efeito dos demais constituintes do leite e de ingredientes utilizados para a fabricação de queijo muçarela.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Devido à necessidade de esclarecer e sistematizar a escolha dos conceitos utilizados para fundamentar pesquisas na cadeia produtiva do leite, aliada à dificuldade de selecionar artigos de prestígio científico em meio ao grande volume de informação disponível, a construção do conhecimento sobre o tema de pesquisa, tem como base a metodologia *Knowledge Development Process-Constructivist Proknow-C* de (ENSSLIN et al., 2010).

A utilização do Proknow-C nessa pesquisa, se justifica por ser um método que permite sistematizar esta, o que simplifica e organiza as tarefas de pesquisa, gerando, como resultado, a ampliação do conhecimento do pesquisador sobre o tema desejado assim como meios de justificativa das referências utilizadas na pesquisa (VILELA, 2012). Conforme Bortoluzzi et al. (2011) o Proknow-C divide-se em duas principais fases: (I) seleção do banco de artigos bruto; e, (II) filtragem do banco de artigos. A primeira fase, seleção do banco de artigos bruto é subdividida, por sua vez, em três etapas, quais sejam: (i) definir palavras-chave; (ii) definir bases de dados; e (iii) buscar artigos nas bases de dados com as palavras-chave. A segunda fase, filtragem do banco de artigos é, subdividida, por sua vez, em cinco etapas, quais sejam: (i) eliminação de artigos repetidos; (ii) alinhamento pela leitura do título; (iii) alinhamento quanto ao reconhecimento científico; (iv) alinhamento pela leitura do resumo; e, (v) alinhamento pela leitura integral dos artigos.

Para o desenvolvimento da primeira fase, foram definidos dois eixos de pesquisa relacionados ao tema. Para o primeiro foram definidas as palavras chaves *raw milk processing*, *raw milk allocation* e *raw milk segregation*, já para o segundo eixo foram definidas as palavras *cheese production*, *mozzarella cheese*, *protein* e *casein*.

Foram utilizadas para a realização da pesquisa as bases disponíveis através da plataforma CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, fundação ligada ao Ministério da Educação. Dentre todas as disponíveis foram utilizadas as bases científicas mais comumente utilizadas, que possuem reconhecimento científico para a área de pesquisa, que são alinhadas com o tema de pesquisa de acordo com o conhecimento do autor, permitem a busca dos artigos com a utilização de operadores booleanos e que permitam a exportação dos artigos encontrados para o software Mendeley.

As bases utilizadas foram Science Direct, Scopus, Web of Science e Emerald. Com as palavras chave de cada eixo foram gerados um total de oito combinações que foram pesquisadas nas bases de dados definidas. As combinações das palavras chaves de cada eixo definido foram todas utilizadas em língua inglesa para a pesquisa nas bases definidas e retornaram um número total de 2615 artigos brutos.

Na segunda fase, foi gerado o portfólio bibliográfico através da aplicação das cinco etapas nos 2615 artigos brutos. Primeiramente, foram eliminados os artigos duplicados, restando 1485 artigos brutos não repetidos, em seguida foi realizado o alinhamento pelo título, onde resultou um total de 184 artigos alinhados pelo título. Para a aplicação do terceiro filtro, foram pesquisados no google acadêmico o número de citações que cada um dos 184 artigos brutos alinhados pelo título. Após esta pesquisa, os artigos brutos alinhados pelo título foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo é composto pelos artigos que possuem reconhecimento científico confirmado (94 artigos). O segundo grupo é composto pelos artigos com reconhecimento científico ainda não confirmado (86 artigos).

Os 94 artigos alinhados pelo título e com reconhecimento científico já confirmado passaram pelo quarto filtro, que diz respeito ao alinhamento pela leitura dos resumos sendo que 56 artigos demonstraram alinhamento pela leitura dos resumos e fizeram a composição do Repositório A.

Os artigos que não possuem o reconhecimento científico confirmado foram avaliados quanto ao seu ano de publicação e quanto aos seus autores previamente a leitura do resumo. Os artigos publicados mais recentemente, ou seja, nos últimos dois anos e os artigos que possuem como autores os mesmos autores que já fazem parte do repositório A tiveram a leitura de seus resumos realizada para avaliação de alinhamento ao tema. Dos 86 artigos com reconhecimento científico não confirmado, 51 artigos tiveram a necessidade de leitura dos resumos, destes 25 artigos foram classificados para o repositório B.

A partir da soma dos artigos do repositório A e dos artigos do repositório B, obteve-se a composição do repositório C, que é formado pelos artigos destinados à leitura do texto completo para avaliação de alinhamento ao tema de pesquisa com um total de 76 artigos.

Após a leitura completa dos artigos do repositório C, foram identificados 33 artigos que obtiveram alinhamento pela leitura completa ao tema de pesquisa e que formaram o portfólio bibliográfico deste trabalho.

As subseções seguintes (2.1 e 2.2), foram descritas através da análise de conteúdo dos 33 artigos do portfólio formado a partir da aplicação do Proknow-C com o complemento de informações estatísticas oferecidas através de órgãos governamentais ou entidades específicas e de duas referências clássicas (livros), o primeiro trata da química e bioquímica de produtos lácteos e o segundo de um importante pesquisador brasileiro que trata especificamente sobre queijo muçarela.

2.1 A CADEIA PRODUTIVA E O PERFIL FÍSICO QUÍMICO DO LEITE

O leite é o principal alimento como fonte de cálcio para a nutrição humana (FAO, 2013). Esse componente possui elevada densidade nutritiva, uma vez que apresenta grande concentração de nutrientes em relação ao seu teor calórico (DREWNOWSKI, 2010); USDA, 2010). O leite de vaca é a principal matéria prima para processamento de produtos lácteos, o que resulta num variado portfólio de produtos. Portanto, o conhecimento sobre essa matéria prima tem uma importância fundamental na nutrição humana (BARLOWSKA et al., 2011). Constitui-se um componente importante na dieta, em sua forma crua, como leite desnatado, leite *Ultra-high temperature processing* (UHT), creme de leite, queijo, ou como um ingrediente em produtos dietéticos (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007).

Meneghini et al. (2016) menciona que os problemas mais frequentes dos laticínios estão relacionados com a qualidade de sua principal matéria-prima. A qualidade do leite cru afeta o rendimento industrial, o processamento de leite, a qualidade dos produtos lácteos e a rentabilidade dos produtores e laticínios (BLOWEY; EDMONDSON, 2010).

No Brasil, leite é o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta de vacas saudáveis em condições de higiene, bem alimentadas e descansadas. O leite de outros animais deve denominar-se segundo a espécie de que proceda (MAPA, 2011). Considera-se leite adequado para processamento o produto que atenda, dentre outras, as seguintes especificações com respeito à sua composição (MAPA, 2017):

- Teor mínimo de gordura de 3.0g/100g;
- Teor mínimo de proteína de 2.9g/100g;
- Teor mínimo de lactose de 4.3g/100g;
- Teor mínimo de sólidos não gordurosos de 8.4g/100g;
- Teor mínimo de sólidos totais de 11.4g/100g.

O leite brasileiro possui aproximadamente 12,02% de sólidos totais (variando entre 11,72% e 12,17%) (DEITOS; MAGGIONI; ROMERO, 2010; PELLEGRINI et al., 2012). O leite brasileiro em 2015 apresentou uma média de proteína de 3,12% conforme informações da Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (ABCBRH, 2016).

O leite é também a mais importante matéria-prima na fabricação de queijos. Sólidos do leite (12.3%, sendo 4.9% de lactose 3.4% de gordura, 3.3% de proteína e minerais 0.7%) representam a fração importante do leite cru (87.7% restante é água) em termos de produção industrial (KIM et al., 2013). Um parâmetro crítico no estabelecimento da qualidade do leite cru para a indústria alimentar é justamente a proporção de componentes sólidos para componentes líquidos.

A composição do leite sofre a influência de muitas variáveis, tais como, a época do ano, estágio da lactação, alimentação, estado de saúde da vaca, intervalo de ordenha e fatores genéticos (HECK et al., 2009; e STOOP et al., 2009). A composição do leite varia devido à raça, fisiologia, criação e fatores sazonais conforme Palladino et al. (2010) e nutrição (FERLAY et al., 2008; LARSEN et al., 2010).

Existe grande variação entre vacas leiteiras, a qual se reflete também em grande variação na composição e qualidade do leite (KADRI et al., 2015). Isto está em parte relacionado com a diversidade biológica entre diferentes vacas e variabilidade entre amostras diferentes de leite de uma mesma vaca leiteira (HUYBRECHTS et al., 2014). Büttel, Fuchs e Holz (2008) e Geary et al. (2010) sugeriram que as vacas Jersey potencialmente poderiam render mais queijo por unidade de leite em comparação com vacas Holsteins (Holandesas). No entanto, a maior produção de leite de vacas Holstein em comparação com os contemporâneos de Jersey relatados por Coffey et al. (2016) e Sneddon et al. (2016) poderia compensar essa pretensa menor produtividade.

Uma avaliação realizada com aproximadamente 800.000 amostras em cada ano referente aos rebanhos da região Sul do Brasil, durante os anos de 2013, 2014 e 2015, apresentam valores médios de proteína superiores a 3,2%, gordura superiores a 3,8%, lactose próximos a 4,4% e sólidos totais próximos a 12,4% conforme Relatório Anual APCBRH (2017), relatório este que divulga os resultados médios dos rebanhos analisados anualmente pelo laboratório.

Larsen et al. (2014) descrevem que a variação sazonal relatada na composição gordura do leite do tanque dos laticínios dinamarqueses é da ordem de $\pm 1\%$,

demonstrando igualmente que a sazonalidade puramente tem seu efeito reduzido quando se tem bons gastos com nutrição e alimentação.

A fração de proteína no leite de vaca é de aproximadamente 3,4%, sendo que a fração de caseína apresenta aproximadamente 2,8%, de acordo com o descrito no livro Dairy Chemistry and Biochemistry (FOX; MCSWEENEY, 1998). Conforme dados entre 2013 a 2015 pela APCBRH (2017), observa-se uma variação mensal no perfil físico químico do leite com uma elasticidade dos teores de proteína entre os valores de 3,09% no mês de janeiro e 3,35% no mês de junho. Os teores de gordura tiveram uma variação entre os mínimos de 3,67 e 3,68% nos meses de janeiro, novembro e dezembro e máximos de 4,06% e 4,08% no mês de maio e junho respectivamente.

Em estudo recente referente ao efeito da sazonalidade em um rebanho do Reino Unido, Chen, Lewis e Grandison (2014) descrevem que as concentrações de proteína e caseína mostraram variabilidade quanto à sazonalidade, variando de 2,89% para 3,56%. No entanto, significativamente maior teor de proteína foi observada na primavera, em comparação com os períodos de outono e verão. Isto não seria esperado de estatísticas do Reino Unido, que iria prever níveis mais elevados de proteína nos meses de outono e inverno e podem refletir o regime de alimentação particular usado para este rebanho, ou seja, o efeito da alimentação se sobrepôs ao efeito puramente da sazonalidade. Portanto, é possível afirmar que alguns fatores podem ter seus efeitos minimizados ou potencializados por outros fatores.

Por fim, o desafio devido à variabilidade na qualidade do leite é intensificado pela baixa qualificação do pessoal responsável pela produção leiteira, falhas no planejamento de produção, falta de conhecimento de ferramentas de suporte a decisão, à ausência ou adoção de práticas rudimentares de controles e à falta de familiaridade com coeficientes técnicos e indicadores de eficiência industrial relacionados com a utilização de equipamentos, estrutura, recursos materiais e humanos das unidades de transformação de produtos lácteos (BANASZEWSKA et al., 2013). A seguir aprofunda-se na questão de maior interesse desse trabalho, a produção de queijo e as respectivas variáveis de influência.

2.2 AS VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA E A PRODUÇÃO DE QUEIJO

O rendimento na produção de produtos lácteos permite medir a eficiência da utilização do leite no processo de produção e pode ser usado em áreas experimentais

e industriais (SALES et al., 2016). O rendimento pode dar provas do sucesso produtivo em termos práticos e objetivos, comportando-se como uma valiosa ferramenta para melhoria de processos (EL-GAWAD; AHMED, 2011). Rendimento de queijo é um importante indicador do lucro para a indústria de laticínios, pois reflete a quantidade de queijo obtido a partir de uma determinada quantidade de leite (DE MARCHI et al., 2008).

A qualidade do leite cru pode afetar a produção em laticínios, rendimento, qualidade e segurança através de uma variedade de diferentes mecanismos (MURPHY et al., 2016). As características do leite têm influência significativa no rendimento de produtos lácteos, embora o teor de sólidos do leite influencie o rendimento da maioria dos produtos lácteos em geral, é no processamento de queijos que o efeito da composição e da proporção entre os constituintes é mais significativo (VIOTTO; CUNHA, 2006).

O volume e, em parte, a escolha do produto final a ser produzido depende da composição do leite cru, que muda durante o ano (conforme descrito na seção 2.1). A produção de produtos lácteos está inter-relacionada: um subproduto de um processo de produção pode ser usado em outro processo de produção, que geralmente ocorre em diferente localização (BANASZEWSKA et al., 2013).

Em diversas variedades, ou configurações de produção industrial, a consistência da composição de queijo também pode ser controlada pela padronização do leite na entrada (KELLY; HUPPERTZ; SHEEHAN, 2008). A proporção dos componentes do leite juntamente com o tipo e composição do queijo feito são os fatores primários ligados diretamente ao rendimento industrial (EL-GAWAD; AHMED, 2011). Isso ocorre porque a quantidade máxima possível de sólidos de leite deverá ser mantida no queijo, permitindo uma menor proporção do volume de leite utilizada na fabricação de um quilograma de queijo, (SALES et al., 2016).

O fluxo de sólidos (lactose, gordura, proteína e sais), pode ser conceitualmente separado e tratado como entradas distintas para o sistema de fabricação, permitindo que o conteúdo de sólidos possa ser usado como mecanismo para definir a carga de leite atribuída a cada produto (FEITZ et al., 2007). Nas fábricas onde mais de um tipo de produto de leite é fabricado, há uma oportunidade para selecionar leite que seria mais adequado para esse produto. (CHEN; LEWIS; GRANDISON, 2017).

A fração de caseína, proteína do leite, é o fator dominante para o rendimento do queijo, influenciando a firmeza da coalhada, taxa de sinérese (dessoramento),

retenção de umidade e, finalmente, afetando o rendimento e a qualidade do queijo. A coalhada é formada pela rede de fosfoparacaseinato de cálcio, na qual as micelas de caseína coaguladas se unem através de pontes de cálcio. Quanto mais forte for essa rede, mais elementos como gordura, lactose e sais minerais são retidos na coalhada (FURTADO, 2016). Teores de caseína, juntamente com o teores de gordura, estão incluídos em todas as fórmulas atuais para queijo de vaca (EL-GAWAD; AHMED, 2011). Conforme destacado em Banville et al. (2013) e Pretto et al. (2013) o conteúdo de gordura, proteína e caseína estão positivamente e fortemente correlacionados com rendimento de queijo.

Um rendimento na faixa de 9,5 a 10,5 litros de leite para produzir 1kg de queijo podem ser considerados normais. Estima-se que a cada 0,5g/100g no teor de caseína presente no leite cru possa oferecer ganhos de até 16% de rendimento na produção de queijo muçarela, Estima-se por estudos realizados na Itália que 1kg de caseína a mais no leite representa entre 2,5 e 2,8 kg de queijo a mais (FURTADO, 2016). Desta forma, fica ainda mais evidente a importância dos teores de caseína como fator de influência no rendimento do processo de fabricação de queijos. Sendo esses teores variáveis ao longo do ano, existe um desafio extra ao planejamento das indústrias de processamento.

A capacidade de tecnologia desempenha um papel importante na obtenção de eficiência em uma empresa de processo de produção. É associada com as habilidades e conhecimentos necessários para uma empresa poder absorver, usar, adaptar, desenvolver e transferir tecnologias. (MORI; BATALHA; ALFRANCA, 2016). Empresas, portanto, estão buscando maneiras de resolver este problema crescente, e uma maneira que isto está a ser tratado é através do aumento da utilização de sistemas de controle de processos e automatização (ROUPAS, 2008).

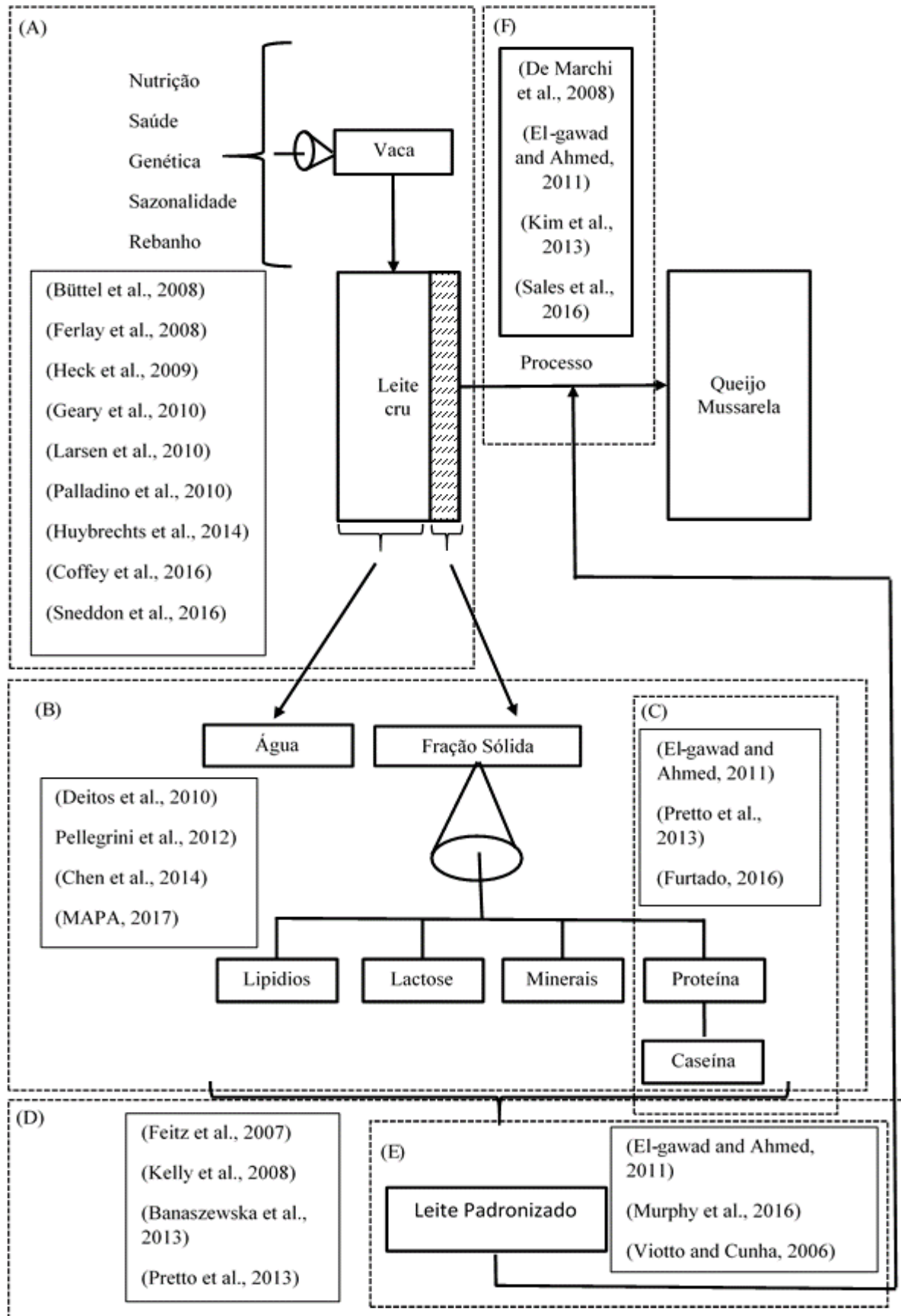
A necessidade de um modelo para avaliação da alocação do leite cru em uma indústria de laticínio foi impulsionada pelos processos inter-relacionados de produção de laticínios que dificultam a tomada de decisão. As condições voláteis do mercado e algumas características específicas das cadeias de abastecimento de produtos lácteos agregam complexidade. Um modelo deve facilitar a compreensão da dinâmica da produção leiteira, auxiliando assim a gestão dos processos produtivos. (BANASZEWSKA et al., 2013).

Conforme a Figura 1 cada subárea (espaço demarcado pelas linhas pontilhadas) visa demonstrar o conjunto de autores nos quais cada uma das etapas

deste *framework* foi embasada conceitualmente. A subárea (A) demonstra alguns dos principais fatores de influência da composição físico-química do leite de vaca, já a subárea (B) define a composição físico-química do leite através de uma literatura clássica, que trata da química e bioquímica de produtos lácteos (FOX; MCSWEENEY, 1998) e logo após retratando a realidade de outros países e em seguida a realidade do Brasil. A subárea (C) trata da importância de uma fração muito particular da composição do leite cru, a caseína. A subárea (D) relata a possibilidade de separação do fluxo de sólidos para a melhor atribuição de cada carga de leite, além de destacar a padronização da gordura do leite para a utilização no processamento de fabricação de queijo muçarela. A subárea (E) destaca a importância da qualidade do leite utilizado no processamento de queijos e finalmente a subárea (F) busca destacar a importância do rendimento de processo de fabricação de queijo muçarela para avaliar a eficiência da utilização do leite, indicando o sucesso do processo e consequentemente o lucro da empresa.

Ainda conforme a Figura 1 em sua subárea (E) que trata da padronização do leite utilizado, esta padronização se refere aos teores de gordura (teores superiores a 2,8% de gordura no leite cru) do leite utilizado como matéria prima no processo produtivo. Somado a isso, a umidade do produto final obedece a valores padronizados entre 41 e 48% e sem margem de alterações devido à necessidade de manutenção das características de qualidade do produto final, ainda com relação a padronização, na subárea (F) pode-se destacar a necessidade de um processo padronizado para obtenção de um produto padrão, sendo assim a proteína e mais especificamente a caseína se torna uma boa possibilidade de melhoria deste processo, como passo importante rumo à otimização de toda a cadeia produtiva.

Figura 1 - *Framework* teórico-conceitual para Alocação de Leite Cru



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

2.3 ANÁLISE DE PROJETO DE INVESTIMENTO

Ao se realizar um investimento, comparam-se os prováveis rendimentos alcançados pelo projeto com aplicações disponíveis no mercado financeiro Bernardi (2018). Empreender é sempre um risco, mas com um planejamento bem estruturado, pode-se minimizar os riscos e ampliar a possibilidade de sucesso na tomada de decisões (LIMA et al. 2018).

O software SAVEPI é uma ferramenta amplamente utilizada para sistematizar a análise de investimentos (BERNARDI, 2018; GULARTE et al, 2017; LIMA et al., 2018; SHIUS; SPERANDIO; DELAZZARI, 2018; VIEIRA et al., 2018) que permite uma avaliação via abordagem determinística através dos indicadores de retorno, risco e sensibilidade e via abordagem estocástica através da Simulação de Monte Carlo (SMC).

A Metodologia Multi-índice (MMI) é caracterizada pela utilização simultânea de dois grupos de indicadores com o objetivo de representar as dimensões retorno e riscos de certo Projeto de Investimento, resultando em informações mais consistentes para auxiliar na tomada de decisão (LIMA et al., 2015; SOUZA; CLEMENTE, 2009).

A abordagem determinística pode ser avaliada através da metodologia multi índice ampliada (MMIA), facilmente aplicada a projetos que objetivam uma alteração estrutural e um conseqüente aumento de receita (SHIUS; SPERANDIO; DELAZZARI, 2018). A Metodologia multi-índice ampliada (MMIA) abrange as duas dimensões de retorno e riscos (BERNARDI, 2018) e uma ampliação que envolve a análise de sensibilidade (GULARTE et al. 2017).

Cada uma das dimensões da abordagem determinística pode ser avaliada a partir de um grupo de indicadores. A dimensão retorno, é mensurada a partir dos indicadores de valor presente (VP), valor presente líquido (VPL), valor presente líquido por período (VPLA), índice benefício custo (IBC) e retorno sobre o investimento (ROI). A dimensão risco é avaliada a partir dos indicadores de taxa interna de retorno (TIR), *Payback* (N) e Índice *Payback/N*. A dimensão sensibilidade é caracterizada a partir dos indicadores de variação da taxa mínima de atratividade ($\Delta\%$ TMA), possibilidade de aumentos dos custos iniciais ($\Delta\%$ FC0) e redução máxima no fluxo de caixa (FCj) (BERNARDI, 2018; GULARTE et al., 2017; LIMA et al., 2015; LIMA et al., 2018; SOUZA; CLEMENTE, 2009).

O valor presente (VP) representa o valor acumulado de maneira descapitalizada produto da série de períodos resultante do plano de investimento (PI). O valor presente líquido representa, em valor monetário atual (presente), a diferença entre os recebimentos e os pagamentos (incluindo os investimentos) e expressa o ganho do projeto em relação à TMA para um horizonte igual à duração do projeto. A partir da necessidade de se avaliar a oportunidade de ganho por período do projeto, surge o VPLA que nada mais é do que o VPL ajustado por período do PI (LIMA et al. 2016; SOUZA; CLEMENTE, 2009).

Ainda referente a dimensão retorno, o IBC indica o quanto se pretende ganhar para cada unidade monetária investida em relação com o que seria ganho se o capital fosse investido na TMA, no momento atual. O ROI representa em termos percentuais a riqueza gerada pelo projeto, caracteriza a rentabilidade periódica do projeto oferecida além da TMA (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

Para a dimensão risco, a TIR demonstra a taxa que torna o VPL de um determinado fluxo de caixa igual a zero. A TIR delimita a variação da TMA, ou seja, quanto mais próximo elas estão, maior é o risco de o PI retornar um valor abaixo do valor que retornaria se o capital fosse investido na TMA. O *payback* determina o número de períodos necessários para que o investimento seja recuperado e o *payback/N* indica em percentual o quanto o projeto precisa se manter para o investimento ser recuperado (GULARTE et al. 2017; CORREIA NETO, 2009; RASOTO et al., 2012).

A ideia de utilizar a análise de sensibilidade, é a de verificar quão sensível é a variação do VPL frente a variação de um dos componentes do fluxo de caixa (SOUZA; CLEMENTE, 2009). Dentre os componentes, é indicado avaliar o percentual de variação da TMA, o percentual de variação dos custos iniciais e a possibilidade em percentual de variação do fluxo de caixa em todos os períodos (SHIUS; SPERANDIO; DELAZZARI, 2018).

Ainda, conforme destacado por Shius, Sperandio e Delazzari (2018), é útil complementar os indicadores tratados como exatos na abordagem determinística com uma possibilidade de avaliação de variações futuras através da SMC. É conveniente inserir a aleatoriedade em avaliações de PI.

Devido à aleatoriedade dos componentes do fluxo de caixa projetado, a Simulação de Monte Carlo apresenta-se como forma comumente aplicada de melhor

avaliar o risco envolvido no plano de investimento (PI) (GULARTE et al., 2017; SOUZA; CLEMENTE, 2009).

Aleatoriedade pode ser incrementada aos valores da TMA, do fluxo de caixa e do valor do investimento inicial. Para iniciar uma SMC, deve-se criar uma elevada quantidade de cenários, aleatoriamente, para cada uma das variáveis incertas (LIMA et al., 2018).

3 METODOLOGIA DO ESTUDO

Esta pesquisa se define com uma abordagem quantitativa e qualitativa. O ato de mensurar variáveis de pesquisa é a característica mais marcante da abordagem quantitativa. A mensurabilidade é uma das principais preocupações da abordagem quantitativa por exercer um papel central no processo de realização da pesquisa. Também é qualitativa devido à preocupação ser em obter informações sobre a perspectiva dos indivíduos, bem como interpretar o ambiente em que a problemática acontece. De acordo com Cauchick (2012) na pesquisa em engenharia de produção, significa o pesquisador visitar a organização pesquisada fazendo observações e, sempre que possível, coletando evidências. Para Cauchick (2012), a abordagem do estudo se caracteriza como exploratório, visto que a fase qualitativa foi aplicada anteriormente a fase quantitativa.

A abordagem aplicada nesse ocorre na forma de um estudo de caso compreendendo as seguintes etapas: (i) estrutura teórico-conceitual; (ii) planejamento e coleta de dados, e (iii) análise e discussão. A revisão sistemática de literatura (seção 2) contempla “i”. Essa etapa permitiu visualizar as variáveis que afetam a qualidade do leite e mais especificamente o rendimento na produção de queijo muçarela, na forma de um *framework* conceitual. A etapa “iii” compreenderá a seção 4, Resultados e Discussões.

A etapa “ii” abrange a escolha de unidade de análise para aplicação de um modelo proposto para a classificação, segregação e alocação do leite cru (Figura 2) e o método de coleta de amostras.

A empresa escolhida situa-se no oeste de Santa Catarina. Trata-se de uma Cooperativa Central, formada por 13 Cooperativas singulares, as quais contribuem com agregação de valor aos produtos oriundos de seus mais de 70.000 produtores cooperados. Cada Cooperativa singular atua em uma determinada região dos estados brasileiros do Paraná, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os negócios da Cooperativa Central são relacionados a produção de alimentos à base de proteína animal, sendo as áreas de carnes (aves, suínos e industrializados) e leite e derivados. A Cooperativa conta com 15 Unidades Industriais e aproximadamente 30.000 empregados.

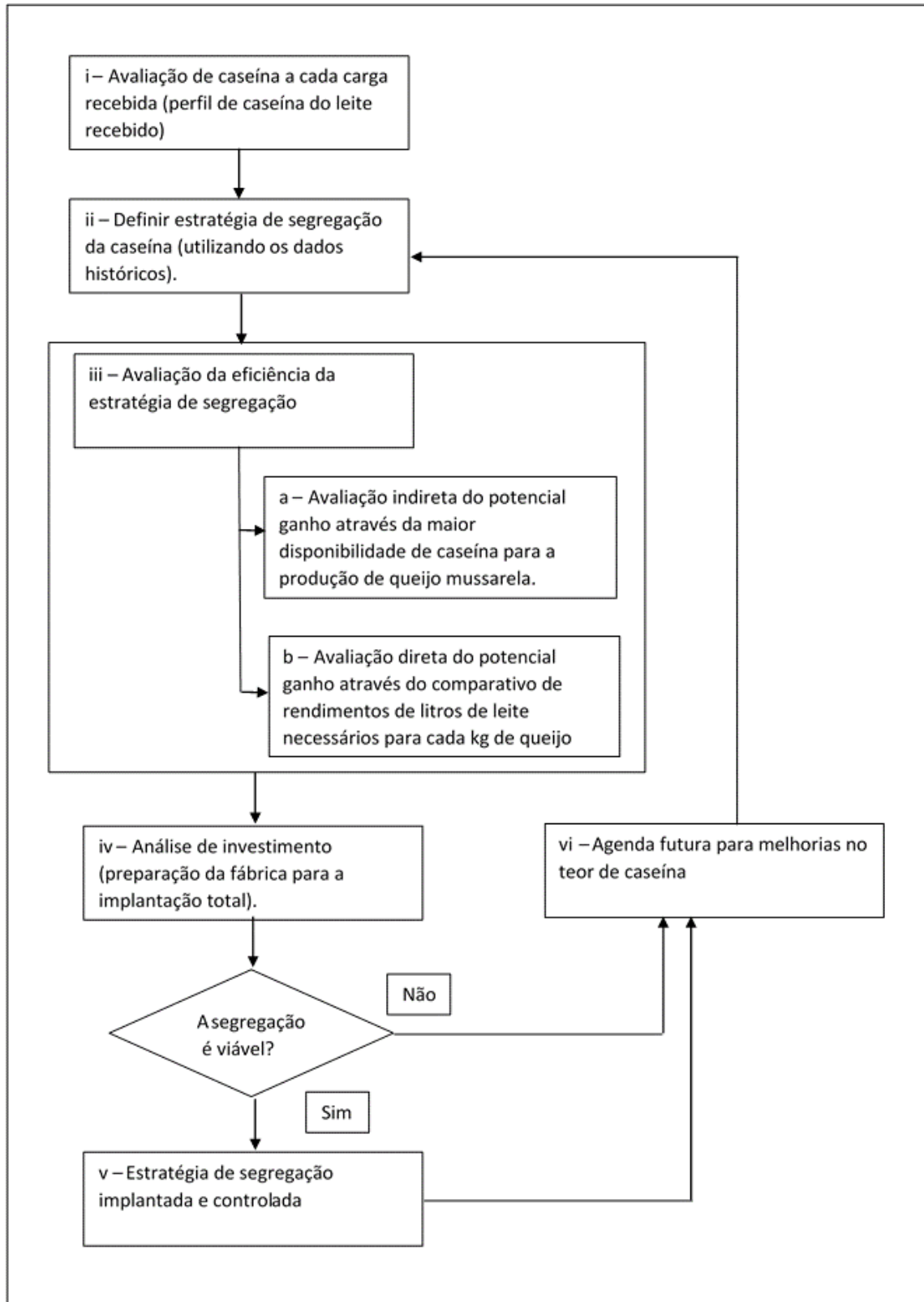
A Unidade Industrial alvo da pesquisa é a única unidade processadora de leite e derivados da Cooperativa. Processa aproximadamente 1.500.000 litros de leite por

dia em um parque fabril dividido em três plantas industriais altamente automatizadas e que geram um *mix* de produção com mais de 50 itens em processos rigorosamente padronizados e controlados. A escolha dessa unidade industrial se justifica pelo amplo acesso aos dados assim como manifestação de interesse da alta gerência em efetivamente intervir/modificar o atual sistema de alocação de leite cru. Além disso, a Unidade possui três plantas industriais principais: leite UHT; leite em pó e queijo muçarela. Esta diversidade a torna indicada para uma estratégia de segregação, o que seria mais difícil de implantar em empresas de menor porte que utilizam a planta para um único produto.

Conforme a Figura 2, para a definição da estratégia de segregação e posterior avaliação de seu sucesso, incluindo uma análise preliminar de ganhos futuros, será necessário realizar intervenções no processo atual, inicialmente agregando etapas de avaliação dos teores de caseína no leite cru e pasteurizado e posteriormente realizando um rearranjo fabril provisório para a correta mensuração dos rendimentos industriais proporcionais ao leite segregado. O primeiro ponto para avaliação do teor de caseína será a amostra coletada em cada caminhão de recebimento de leite, o segundo ponto avaliado será o leite que estará estocado nos silos de leite cru e o terceiro ponto avaliado será o leite estocado nos silos de leite pasteurizado, e que será destinado ao processo de produção de queijo muçarela, conforme indicado na Figura 5.

Além das etapas de análise, esta proposição incluirá uma nova etapa no fluxo de recebimento de matéria prima da empresa com o objetivo de indicar a melhor destinação do leite e um rearranjo no processo produtivo para efetivar a melhor utilização proposta, proporcionando desta forma uma agregação de valor para toda a cadeia de processamento, por meio de um melhor aproveitamento de um recurso, a caseína, a qual já está disponível na matéria prima utilizada.

Figura 2 - Modelo proposto de segregação e alocação do leite cru



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

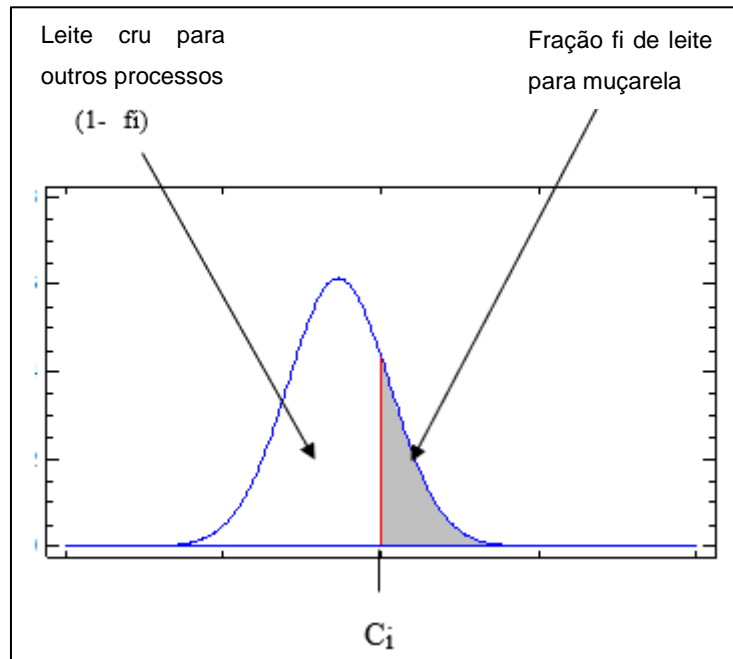
Com base na Figura 2, em i) busca-se determinar o perfil de caseína de todas as cargas de leite recebidas na unidade de processamento de lácteos, para este caso,

foram avaliados pelo período de três meses, setembro, outubro e novembro de 2017 todos os caminhões recebidos em cada um de seus compartimentos, aproximadamente 78 caminhões e 220 compartimentos (2, 3 ou 4 em cada caminhão) a cada dia. Cada um dos caminhões realiza uma rota e recolhe o leite em um conjunto pré-determinado de produtores pelo sistema de roteirização. O teor de caseína analisado representa o leite daquele conjunto de produtores. A partir do histórico formado com os resultados dos teores de caseína para o conjunto de produtores carregados em cada um dos compartimentos de cada caminhão, foi possível aplicar a estratégia de segregação do leite apresentada no item ii). A ideia central foi ajustar os dados a uma distribuição de probabilidade, optou-se pela distribuição normal. Entende-se que esta escolha foi adequada, pois a amostra foi grande o que faz com que os intervalos de confiança para os valores médios sejam robustos à violação da presunção da normalidade. Considerando a disponibilidade diária de leite cru (A_i) e a demanda de leite cru por muçarela no dia i (D_i), a fração f_i é, portanto, a taxa de utilização do leite cru disponível, definida como a razão entre demanda e disponibilidade conforme Equação (1).

$$f_i = \frac{D_i}{A_i} \quad (1)$$

O produto (queijo) é fabricado em lotes. “Classificação e segregação” significa, neste caso, o estabelecimento de um limite mínimo de teor de caseína C_i para as cargas de leite cru destinadas ao silo de leite que abastecerá o processo de produção da muçarela. Este limite, observando a distribuição normal (Figura 3), corresponde ao valor da probabilidade acumulada até $(1 - f_i)$. Dessa forma, a produção de queijo ocorre com o máximo possível de caseína, de acordo com o perfil estabelecido na etapa anterior (histórico de dados). Portanto, este procedimento incluirá uma estratégia com o objetivo de indicar o melhor uso do leite cru, agregando valor a toda a cadeia de processamento.

Figura 3 - Estratégia de segregação usando a distribuição normal



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Logo, em iii) foram realizadas as seguintes avaliações: a) avaliação indireta do potencial ganho real, através da maior disponibilidade de caseína para a produção de queijo muçarela e b) avaliação direta do potencial ganho através do comparativo de rendimentos de litros de leite necessários para produzir cada kg de queijo;

Determinar (a) – avaliação indireta do potencial ganho, envolveu a avaliação dos teores de caseína em amostras de leite coletadas nos silos de leite cru e silos de leite pasteurizado (Figura 5). Cabe salientar que cada amostra de leite coletada em silos de estocagem (seja de leite cru ou de leite pasteurizado) é representativa para um novo conjunto de produtores formado pelo somatório de cada um dos conjuntos de produtores de cada caminhão. Este resultado amostral, representa uma informação valiosa para a realização de um cálculo de ganhos potenciais (avaliação teórica indireta).

Os ganhos potenciais devido à segregação foram avaliados indiretamente através da análise dos teores de caseína em amostras de leite pasteurizado coletadas antes e após a implantação da estratégia de segregação e alocação do leite cru definida no item II) da Figura 2.

A primeira etapa (a) – Figura 2, buscou evidenciar se é possível estabelecer uma estratégia adequada de segregação do leite cru e disponibilizar ao processo de produção de queijo muçarela a matéria prima leite com um maior teor de caseína.

Com base nos resultados obtidos em i), foi definido um conjunto de 10 caminhões que apresentaram altos teores de caseína. Este conjunto de caminhões, durante um período de sete dias foram classificados e segregados em cada uma das etapas do processo, e estocados em um único silo de leite pasteurizado para a produção de queijo muçarela. O período de 7 dias foi considerado para avaliar um ciclo de produção ao longo de uma semana, ou seja, todo o período entre dois dias de parada de produção, período entre domingos.

Este leite classificado seguirá um fluxo devidamente segregado, sendo destinado a um silo de leite cru pré-definido como silo que dará origem após as operações de padronização e pasteurização ao silo de leite pasteurizado que será utilizado no processo de fabricação de queijo muçarela. O leite pasteurizado que estará em cada silo de leite pasteurizado que será destinado ao processo de queijo muçarela é o ponto onde será realizada a coleta da segunda amostra de leite para avaliação do teor de caseína. Neste ponto, o conteúdo de caseína C_s real é o resultado de uma mistura de várias cargas classificadas e segregadas.

Então, a avaliação indireta do potencial ganho se dará pela análise do teor de caseína em amostras coletadas nos silos de leite pasteurizado, comparando as amostras coletadas durante sete dias antes e sete dias após a implantação da segregação destas 10 cargas diárias, avaliando desta forma se a segregação destas cargas é capaz de disponibilizar uma quantidade extra de caseína para a produção de queijo muçarela.

A forma direta, além de indicar com exatidão a melhora na produtividade, 'transporta' outros fatores correlacionados com a produção de queijo não considerados neste estudo. Porém a forma indireta oferece um resultado prático mais rápido, sendo importante para a primeira tomada de decisão frente a implantação prática do rearranjo fabril necessário para a realização dos testes que poderão gerar os dados necessários para a avaliação direta.

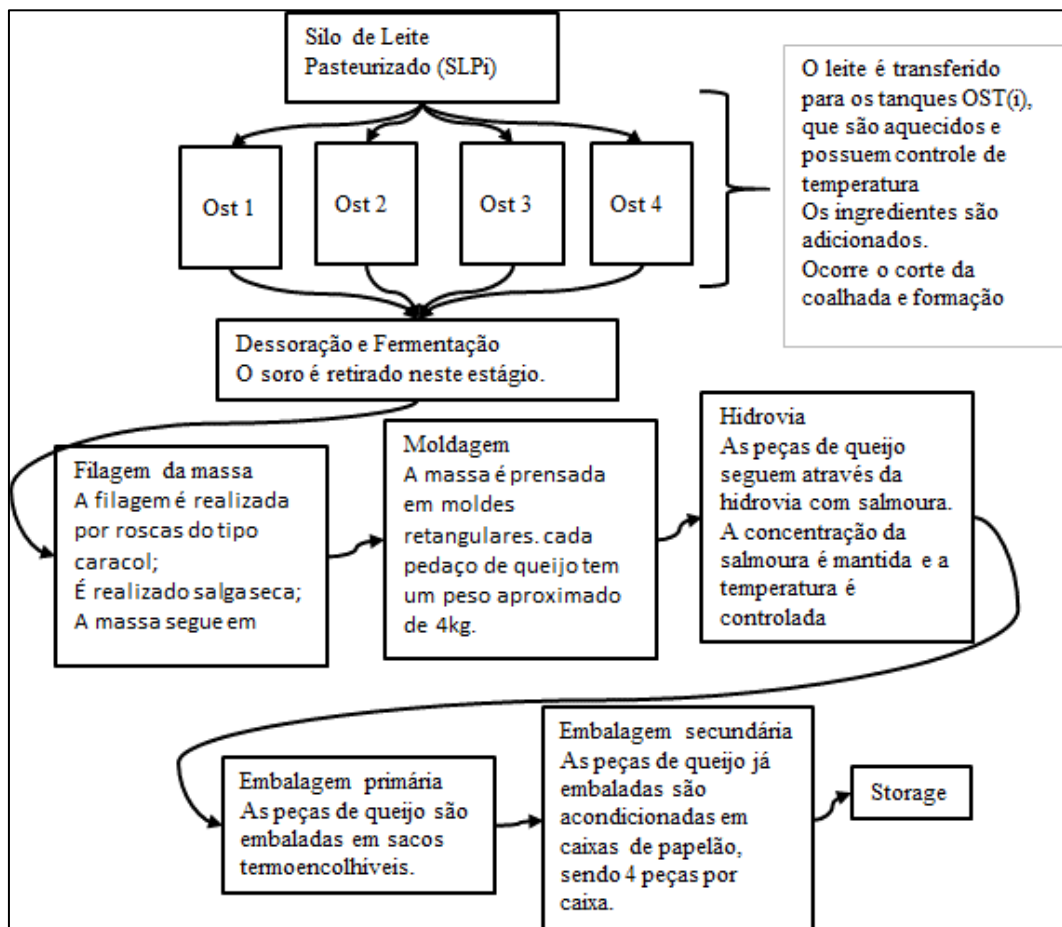
A etapa seguinte (b) – Figura 2, envolveu a manutenção da estratégia de segregação da matéria prima leite cru, que foi comprovada como significativamente eficiente na primeira etapa (a) adicionada de um rearranjo fabril para uma correta mensuração do rendimento do processo industrial. O leite segregado da mesma forma como definido em ii) foi utilizado em oito bateladas de produção de queijo muçarela.

A amostragem reduzida (oito), para determinar (b) – Figura 2, foi devido à complexidade envolvida na realização de cada uma das bateladas teste para a correta

mensuração dos valores produzidos. Esta complexidade é referente a dificuldade na separação do volume de queijo muçarela produzido em cada uma das bateladas teste, visto que no processo produtivo existe uma sobreposição entre o final de uma batelada e o início de outra na etapa de fermentação e dessoração (Figura 4), e para a realização dos testes foi necessário separar a sobreposição, gerando atrasos no processo.

Para se obter o valor exato do rendimento de cada batelada, a produção ao longo do processo produtivo foi devidamente segregada em cada uma das etapas do processo descritos na Figura 4, não existiu a mistura de produtos provenientes de outras bateladas. Os resíduos e perdas que eventualmente aconteceram ao longo do processo produtivo, foram acrescidos ao volume total produzido, visto que mesmo representando um prejuízo para a empresa, foram frutos do processo produtivo estudado.

Figura 4 - Fluxograma geral do processo de produção de queijo muçarela



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Estas oito bateladas de produção tiveram seus rendimentos em litros de leite necessários para produzir cada kg de queijo muçarela mensurados e comparados aos rendimentos históricos da mesma linha de processamento, determinando desta forma a avaliação direta do potencial ganho através do comparativo dos rendimentos.

Em cada uma das oito bateladas testadas, foi conhecido o valor do teor de caseína contido no silo de leite pasteurizado que deu origem ao abastecimento dos tanques OST, o volume de leite utilizado e a quantidade final em quilogramas de queijo muçarela obtidos.

Este indicador, litros de leite utilizado por quilograma de queijo muçarela produzido já é um indicador conhecido e acompanhado a longo tempo pela empresa, de tal maneira que os resultados das oito bateladas realizadas puderam ser comparados com os rendimentos históricos mensais de maneira a representar uma possibilidade de ganho real obtido a partir da implementação da estratégia de classificação segregação.

A total segregação do leite cru exigirá investimentos, principalmente devido aos períodos de maior disponibilidade de leite *in natura* (período de safra – julho a fevereiro). Assim, a análise de investimento (iv) permitirá definir a viabilidade da segregação. Foi utilizado o software \$ \Lambda V \in \pi\$ Lima et al. (2017), que aplica uma metodologia multi-índice ampliada Lima et al. (2015), que computa indicadores em três dimensões: análise de retorno, risco e sensibilidade através de seu módulo de abordagem determinística. Além disso, será utilizado o módulo de análise estocástica, que utiliza a Simulação de Monte Carlo (SMC) para considerar variações futuras, aumentando a percepção de risco e lucratividade dos tomadores de decisão.

A segregação, se economicamente viável, poderá ser implementada totalmente ou parcialmente e controlada (v), uma vez que existe uma intenção declarada pela alta gestão em implementar essa estratégia inovadora no contexto nacional. Os dados históricos deverão ser constantemente atualizados, bem como a verificação dos ganhos esperados. Se a estratégia não for economicamente viável a empresa poderá estabelecer uma agenda futura para melhorias no teor de caseína (vi). A partir do conhecimento aprofundado do perfil do leite por regiões, ações sistêmicas poderão ser tomadas, priorizando os grupos de produtores cuja qualidade do leite precisa melhorar, principalmente em relação aos níveis proteicos, ampliando o conceito de estratégia de segregação as etapas anteriores a indústria (produtores) e agilizando o transporte e utilização do leite, minimizando efeitos microbiológicos e enzimáticos.

3.1 MÉTODO DE COLETA DE AMOSTRAS

As análises serão realizadas pela equipe de analistas de laboratório. A equipe de Analistas é composta por empregados com ensino superior em Engenharia de Alimentos ou área correlata com as áreas de laboratórios. Cada um dos analistas receberá treinamentos específicos antes de iniciar cada uma das atividades. A atividade de coleta de amostras é uma atividade extremamente padronizada e periodicamente acompanhada pelo gestor direto do laboratório de recebimento de leite.

A cada caminhão, um empregado prepara o material de coleta, composto por uma cesta, contendo frascos de coleta já identificados e concha para realizar a coleta. O analista de laboratório, com a utilização dos equipamentos de proteção individual e da linha de vida, sobe pela escada na parte superior do tanque do caminhão e com o controle remoto da talha elétrica, conduz o agitador automático até próximo do bocal do tanque do caminhão, ao se aproximar o empregado para a talha, abre o bocal do tanque e introduz o agitador automático no tanque com o auxílio da talha elétrica.

O analista realiza o processo de agitação do leite, retira o agitador com o auxílio da talha elétrica e realiza a coleta do leite cru com auxílio da concha e fecha o bocal do tanque. Este processo se repete para cada tanque do caminhão.

O equipamento que foi utilizado para realização da análise (MilkoScan FT1 – FOSS) não será efetivo se as amostras forem coletadas do leite sem uma homogeneização ideal nos tanques. O leite é um líquido composto, que naturalmente tende a formar sedimentos no fundo dos tanques. A tarefa manual, dolorosa para os funcionários que a realizavam, não era confiável. Assim, a empresa entendeu a necessidade de desenvolver um método de homogeneização mais rápido e eficiente. O equipamento desenvolvido pela equipe do laboratório de recebimento de leite em conjunto com a área de manutenção, é um agitador que consiste em um motor elétrico que gira um eixo que tem uma hélice blindada no seu final. Este equipamento é movido ao longo das rampas de coleta para os tanques dos caminhões, para trás e para frente e para cima e para baixo. Esses movimentos ocorrem com a ajuda de um guincho elétrico controlado remotamente.

A cesta com as amostras é encaminhada a área de recebimento de amostras, onde de acordo com o procedimento operacional padrão da empresa, é realizada a codificação de cada amostra de acordo com as informações da origem da carga. As

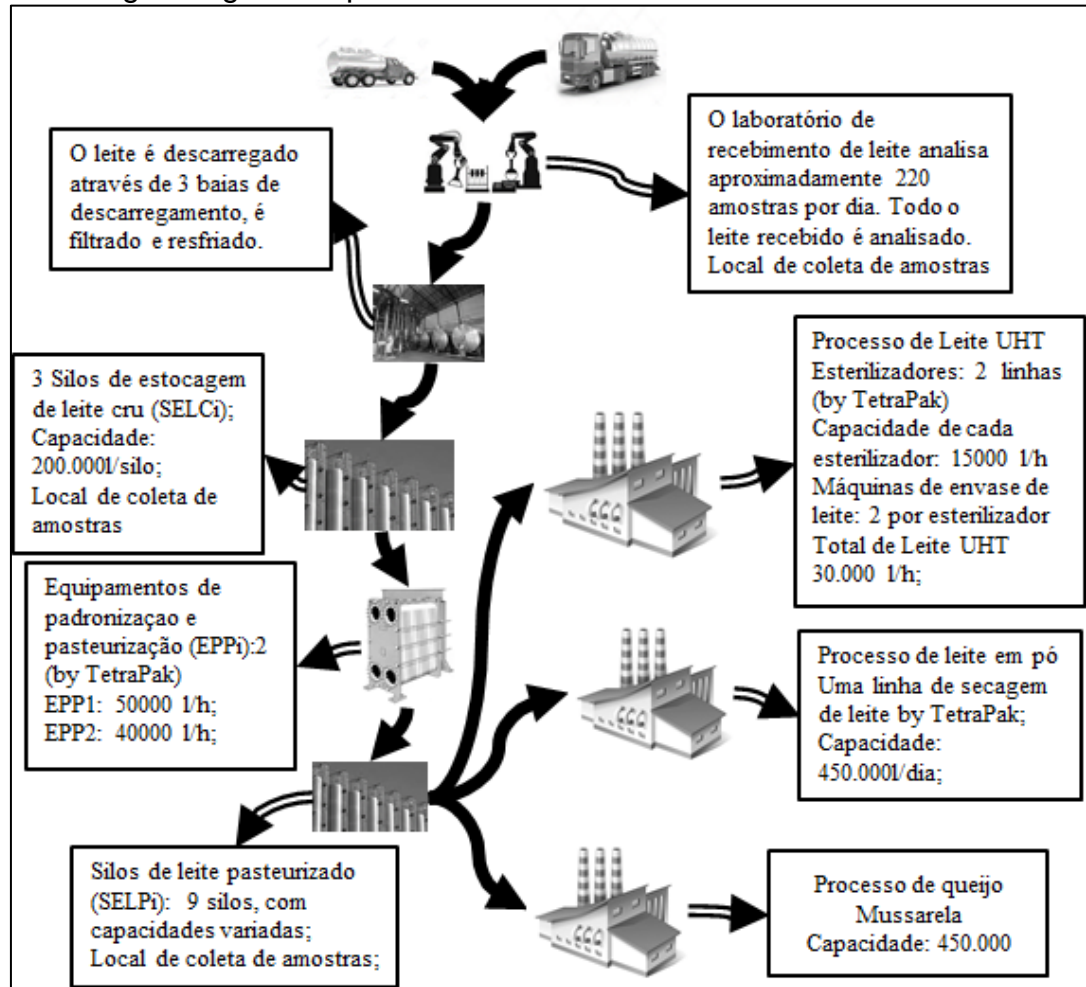
amostras seguem para o óculo de entrada do laboratório onde serão recebidas por um outro Analista que conduzirá a realização das análises.

Parâmetros de qualidade como as variáveis de composição centesimal de umidade, gordura e proteína são na prática, difíceis de medir de forma rápida e confiável. Portanto, é difícil determinar se a matéria-prima está sendo transformada em produtos finais da forma mais eficiente (ROUPAS, 2008). Visando contornar esse problema as análises serão realizadas pelo equipamento MilkoScan FT1 (fabricante FOSS), o qual utiliza a tecnologia de infravermelho médio para determinação do teor de caseína. A análise do teor de caseína, será realizada após à realização das análises para comprovação do atendimento a legislação e liberação oficial do leite e será em uma amostra composta, ou seja, um *pool* das amostras de cada tanque de um mesmo caminhão. As análises para a liberação oficial do leite são realizadas com o objetivo de avaliar a composição centesimal do leite (proteína, gordura, extrato seco desengordurado e extrato seco total), a presença de metabólitos de antibióticos e pesquisas de fraudes (aguagem, neutralização de acidez e inibição microbiológica).

Visentin et al. (2017) sugere que as análises por *mid-infrared spectroscopy* podem ajudar processadores a gerenciar seus sistemas de processamento, especialmente em países caracterizados pela oferta sazonal de leite e gerenciar sua carteira de produtos. Espectroscopia de infravermelho, através da exploração de interações entre a radiação infravermelha e as moléculas da amostra, é a técnica mais comumente utilizada para fornecer medições rápidas e de baixo custo da composição do leite e recentemente tem sido destacada como uma técnica de análise de qualidade do leite (DE MARCHI et al., 2014; MCDERMOTT et al., 2016a; MCDERMOTT et al., 2016b).

A Figura 5 demonstra o fluxograma geral de todo o processo a partir do recebimento do leite cru na indústria, até sua transformação em produto acabado.

Figura 5 - Fluxograma geral do processo



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo de alocação de leite cru (Figura 2) é discutido na forma de um estudo de caso. É um procedimento que pode ser expandido para outros contextos. Na seção 4.1 apresentamos a empresa e seus processos. Apresentamos as etapas i, ii, iii e iv nas seções 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, respectivamente, a avaliação da caseína, a estratégia de segregação, a avaliação da eficiência da estratégia de segregação e a análise de investimento para preparação da fábrica para a adoção da estratégia ao longo de todo o ano.

4.1 A EMPRESA E SEUS PROCESSOS

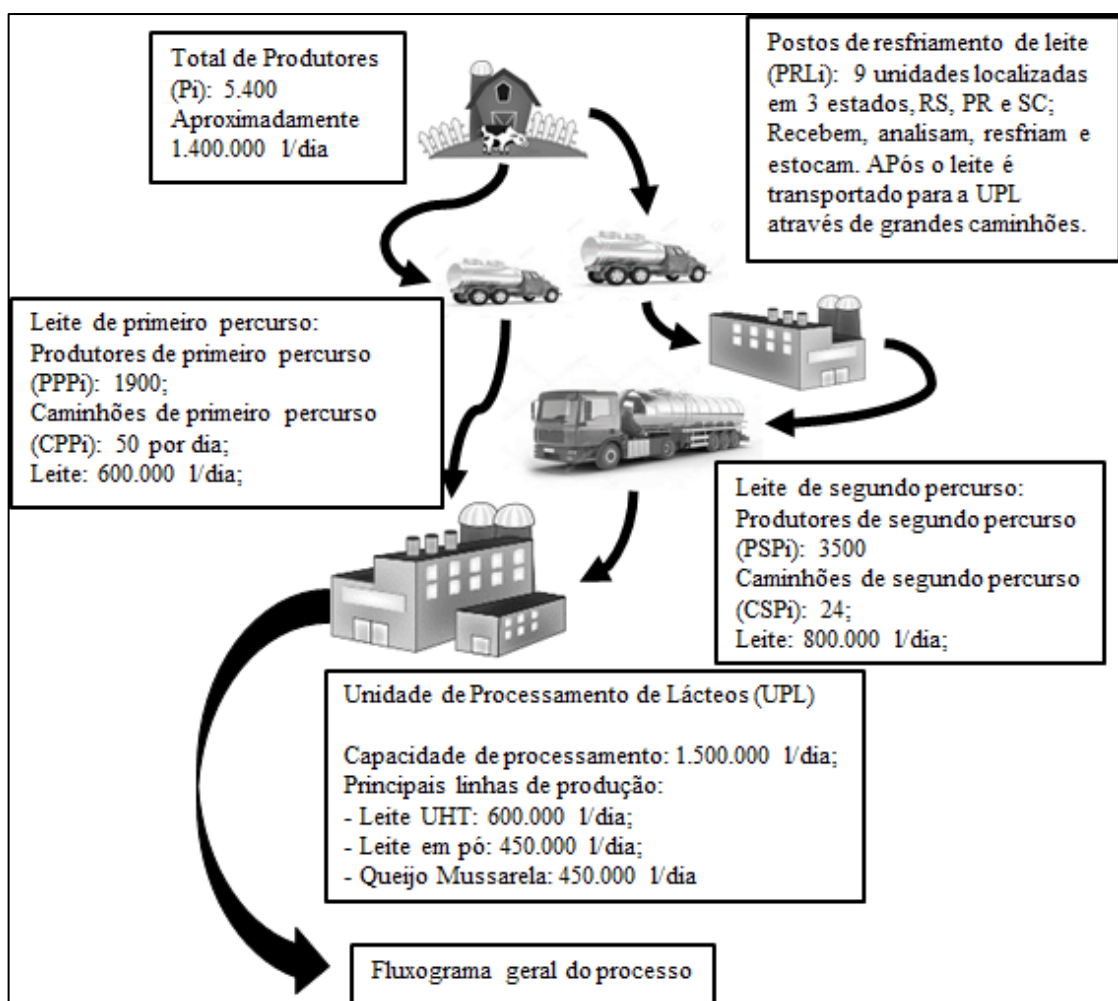
É necessário iniciar o entendimento de como o transporte de leite é realizado para a indústria processadora e como na prática esta situação se transforma em uma variável de influência ao rendimento de produção de queijo muçarela. O transporte do leite para o processador de lácteos é contratado pelo processador e realizado de duas maneiras distintas conforme pode ser visualizado na Figura 6 – Cadeia de abastecimento de leite. Para ambas as maneiras, o transporte é realizado por caminhões tanque isotérmicos (Caminhão de primeiro percurso – CPPi e Caminhão de segundo percurso CSPi), sendo que “i” define a sequência de chegada dos caminhões a cada dia, que carregam em cada tanque o leite de um conjunto de produtores (Produtor - Pi) pré-definidos de maneira a otimizar essa operação logística.

Conforme demonstrado, existe o leite que é transportado diretamente do produtor (Produtor de primeiro percurso - PPPi) para a Unidade de processamento de lácteos (UPL) por um transportador (CPPi), que se denomina de leite de primeiro percurso e existe o leite que é transportado do produtor (Produtor de segundo percurso - PSPi) para um posto de resfriamento (Posto de Resfriamento de Leite - PRLi) e do posto de resfriamento através de um transportador de segundo percurso (CSPi) para a UPL.

Ao chegar na UPL, tanto o leite de primeiro percurso como o leite de segundo percurso seguem o mesmo fluxo de processo. Conforme pode ser visualizado na Figura 5. Fluxograma geral do processo da UPL, a unidade de processamento de lácteos possui um laboratório para análise físico-química de leite cru antes do recebimento. O laboratório possui duas rampas de coleta, equipadas com agitador

automático inventado pela equipe da empresa, e funciona durante sete dias por semana em três turnos de trabalho. Para atender toda a necessidade de análises de recebimento conta-se com uma equipe de 18 empregados e o equipamento milkoScan FT1 (marca FOSS), que foi o equipamento utilizado para a realização da análise do teor de caseína por infravermelho médio. São coletadas amostras de todos os tanques de todos os caminhões recebidos pela indústria. Cada teste tem duração de aproximadamente 30 minutos.

Figura 6 - Cadeia de abastecimento de leite



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

O leite cru aprovado nas análises de recebimento segue para a área de descarregamento, onde um empregado realiza os procedimentos de descarregamento do leite cru através de uma das baias de descarregamento. Nesta etapa ocorre a designação do silo de leite cru (SELCi) que será o destino desta carga. A partir deste momento, o leite de cada tanque daquele caminhão será misturado com

o leite dos caminhões que já descarregaram naquele silo e que ainda irão descarregar ao longo do período, ou seja, em cada silo de leite cru tem-se uma mistura de vários caminhões, que por sua vez já se constituem como uma mistura de vários produtores. Existem três possibilidades de destino do leite cru recebido, pois a unidade possui três silos de estocagem de leite cru com capacidade de estocagem de 200.000 litros cada silo.

O leite cru recebido e estocado é todo padronizado e pasteurizado antes de sua utilização. Nesta etapa existe a geração de gordura excedente, a qual é retirada e processada como creme de leite a granel (subproduto do processo de padronização). A quantidade de gordura reincorporada no leite é de acordo com o produto que se pretende produzir. A Unidade de processamento possui dois pasteurizadores: um com capacidade de pasteurização de 50 mil litros/hora e outro com capacidade de pasteurização de 40 mil litros/hora.

O leite pasteurizado e padronizado é encaminhado para um dos silos de estocagem de leite pasteurizado. Este leite será utilizado pelo processo de uma das três plantas de processamento, a planta de processo de leite UHT, a planta de processo de leite em pó e a planta de queijo muçarela.

O processo de queijo muçarela é automatizado e trabalha com leite pasteurizado padronizado, de acordo com processo pré-definido e receitas utilizadas conforme padrão da empresa. O fluxo deste processo segue conforme descrito na Figura 4 - Fluxograma geral do processo de produção de queijo muçarela. Uma característica importante deste processo é o resultado final – queijo muçarela em peças - altamente dinâmico e padronizado e que necessita atender ao alto rigor de qualidade almejado pela empresa.

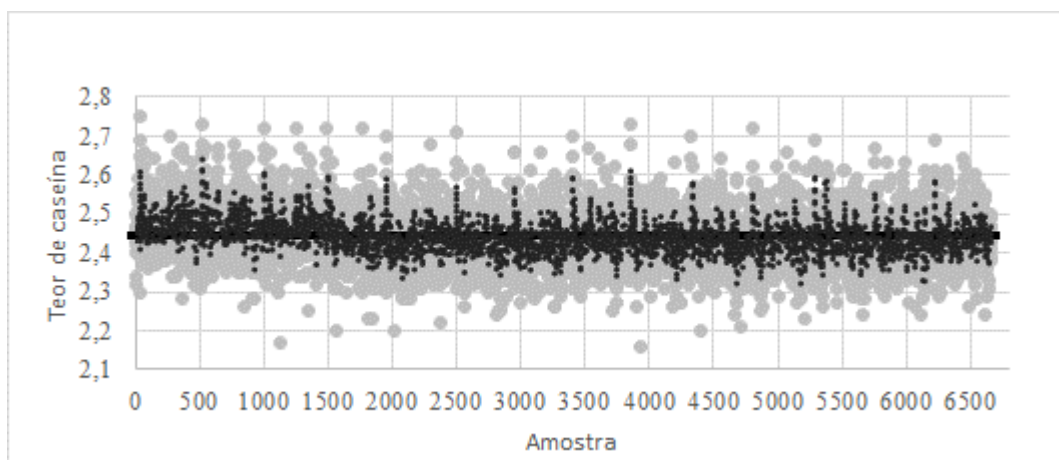
O produto final precisa atender aos padrões de fatiabilidade, uma vez que a própria Cooperativa utiliza uma parte do queijo produzido para fatiar e comercializar na forma fatiada em porções de 150g e 500g. O restante da produção é comercializado em peças de peso pré-definido que igualmente terão como destino o fatiamento, logo a característica final do produto de fatiabilidade que é fortemente influenciada pelos teores de umidade e gordura que por sua vez atendem a padrões pré-definidos de processo se tornam padrões inegociáveis devido à importância para o atendimento ao padrão de qualidade do produto final.

4.2 A AVALIAÇÃO DA CASEÍNA

O laboratório de análise forneceu um histórico inicial de um período de três meses (setembro, outubro e novembro de 2017). O período de coleta coincide com a primavera no Brasil, de temperaturas amenas a quentes, quando se aproxima do verão (em dezembro), sendo este um período de bons níveis de caseína.

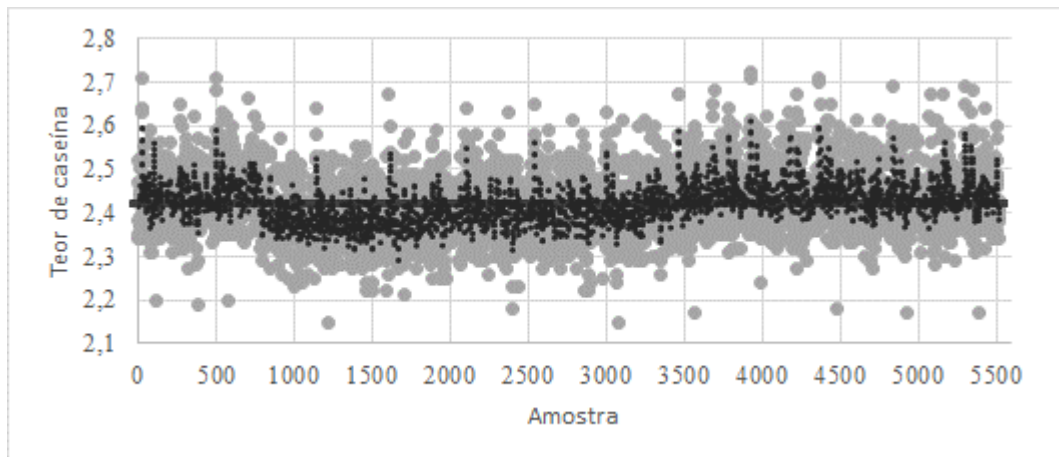
A partir do resultado das análises do leite cru das cargas recebidas ao longo dos meses de setembro, outubro e novembro, conforme demonstrado nas Figura 7, Figura 8 e Figura 9, pode-se observar uma grande variabilidade dos teores de caseína ao longo de cada mês, o que significa que existe leite com teores maiores de caseína e leite com teores menores de caseína (natural pela variabilidade existente), exatamente o que evidêcia a possibilidade de classificação e segregação. As Figuras 7, 8 e 9 apresentam em seu eixo horizontal o número de análises realizadas em cada mês e no eixo vertical o resultado do teor de caseína.

Figura 7 - Resultado das análises de caseína - setembro de 2017



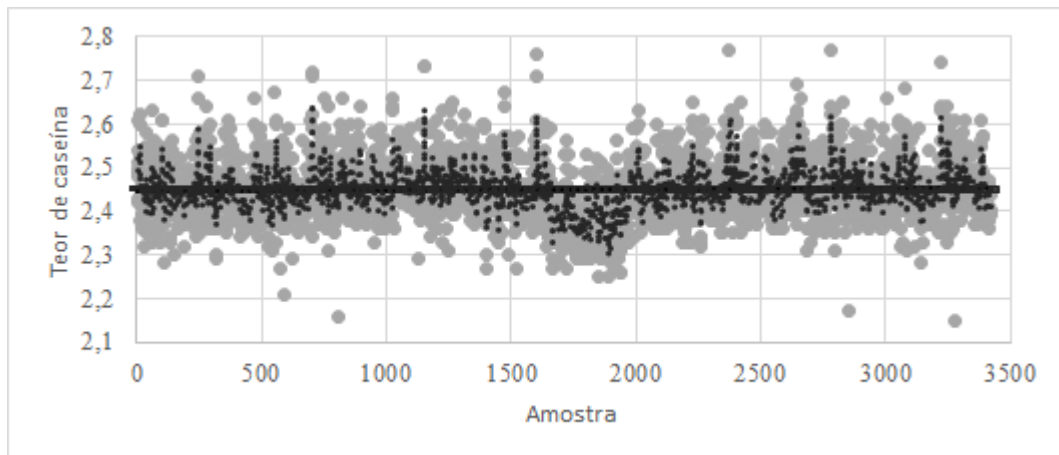
Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Figura 8 - Resultado das análises de caseína - outubro de 2017



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Figura 9 - Resultado das análises de caseína - novembro de 2017



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A equipe do laboratório examinou o teor de caseína em todas as amostras de leite nos meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2017, formando um grande volume de informações (15.236 cargas). O teste de bondade de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) ($\alpha = 5\%$) indicou que o conteúdo de caseína não provém de uma distribuição normal. Portanto, adotou-se o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 5\%$) para analisar o conteúdo de caseína entre os meses e os caminhões. Os resultados apresentam valores médios e DP (Tabela 2) que corroboram a possibilidade de se implementar uma classificação e segregação do leite que compõem a faixa entre a média e o DP máximo.

Essa rotina exigiu que a empresa introduzisse um novo formulário com a indicação do uso do leite, entregue aos motoristas de caminhão, que enviam esse documento aos operadores responsáveis pelo descarregamento do leite. Foram

avaliadas todas as cargas do período (15.236), o que é uma amostra grande, um censo. O período é relativamente curto neste tipo de agronegócio. No futuro, espera-se fazer a coleta de ciclos sazonais completos (pelo menos dois ou três anos) que podem ter implicações práticas para a segregação do leite, algo que ainda é inconclusivo.

Tabela 2 - Histórico de caseína: Dados mensais

	Setembro	Outubro	Novembro	Todo período
Amostras avaliadas	6.611	5.321	3.304	15.236
Média	2,441	2,422	2,450	2,436
Mediana	2,44 ^a	2,42 ^a	2,45 ^a	2,43
DP	0,0643	0,0653	0,0658	0,0659
CV	2,6%	2,7%	2,7%	2,7%
^a Significativo por Mann-Whitney Wilcoxon (W-test, $\alpha = 5\%$)				

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

O perfil de caseína (Tabela 3) apresenta a classificação dos caminhões pelo teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 5\%$). O teste de Kruskal-Wallis testa a hipótese nula de que as medianas de caseína por caminhão dentro de cada um dos 78 níveis (os caminhões) são as mesmas. Os dados de todos os níveis são combinados primeiro e classificados do menor para o maior. A classificação média é então calculada para os dados em cada nível. Como o $p < 0,05$, existe uma diferença estatisticamente significativa entre as medianas no nível de confiança de 95,0%.

Esses resultados são a base para a aplicação da segregação. Além disso, a médio e longo prazo, as ações de melhoria podem ser avaliadas para os produtores da cooperativa, de maneira a amplificar a investigação das influências aos teores de caseína em nível de fazendas. Cada caminhão tem uma rota fixa (primeira ou segunda rota) e carrega as características de um grupo de produtores. Este perfil permite, além do controle histórico do conteúdo de caseína, o estabelecimento de uma agenda prioritária. Os produtores com o melhor desempenho são *benchmarking* e também podem contribuir para o processo de melhoria contínua. Entende-se que essa agenda, mesmo que bem-sucedida, não elimina a possibilidade de segregação, já que a variabilidade é inerente a qualquer processo. A variabilidade é a essência da estratégia de segregação. Algumas dessas ações, como mencionado no modelo (Figura 2) (vi-agenda futura de melhorias), incluem práticas já realizadas pela companhia tais como: incentivos financeiros por meio de pagamento por qualidade;

padronização do rebanho através de pesquisas sobre melhoramento genético e distribuição do sêmen; melhor suporte técnico para produtores com a orientação de veterinários; e, finalmente, treinamento para os produtores com foco na qualidade do leite.

Tabela 3 - Perfil dos teores de caseína do leite recebido (continua)

Caminhão	Amostras	Média	Mediana	DP	CV	Rank (*)
1	132	2,625	2,62	0,0662	2,5%	14880,8
2	213	2,518	2,52	0,0503	2,0%	12888,7
3	402	2,520	2,52	0,0595	2,4%	12734,7
4	256	2,492	2,49	0,0573	2,3%	11426,9
5	386	2,491	2,48	0,0680	2,7%	11060,7
6	351	2,486	2,49	0,0666	2,7%	10825
7	164	2,489	2,48	0,0808	3,2%	10474,9
8	314	2,483	2,47	0,0721	2,9%	10403,7
9	191	2,466	2,46	0,0494	2,0%	10015,5
10	395	2,463	2,46	0,0579	2,4%	9585,88
11	326	2,460	2,45	0,0657	2,7%	9323,09
12	269	2,453	2,45	0,0490	2,0%	9239,64
13	181	2,458	2,47	0,0802	3,3%	9178,83
14	185	2,455	2,46	0,0536	2,2%	9177,9
15	258	2,443	2,45	0,0602	2,5%	8245,05
16	190	2,437	2,44	0,0384	1,6%	8069,73
17	197	2,438	2,44	0,0633	2,6%	8029,77
18	349	2,440	2,44	0,0666	2,7%	7944,27

19	173	2,442	2,44	0,0854	3,5%	7846,74
20	185	2,435	2,44	0,0541	2,2%	7789,48
21	258	2,435	2,435	0,0661	2,7%	7695,4
22	151	2,432	2,44	0,0427	1,8%	7683,39
23	139	2,432	2,43	0,0352	1,4%	7624,14
24	157	2,430	2,43	0,0406	1,7%	7448,99
25	136	2,430	2,43	0,0423	1,7%	7448,46
26	116	2,430	2,43	0,0397	1,6%	7420,41
27	274	2,429	2,43	0,0537	2,2%	7335,47
28	115	2,426	2,43	0,0506	2,1%	7243,35
29	150	2,427	2,43	0,0375	1,5%	7242,68
30	130	2,427	2,43	0,0341	1,4%	7223,37
31	147	2,427	2,43	0,0380	1,6%	7165,8
32	165	2,428	2,42	0,0377	1,6%	7159,58
33	199	2,429	2,41	0,1047	4,3%	7110,58
34	200	2,426	2,43	0,0573	2,4%	7075,02
35	131	2,426	2,43	0,0418	1,7%	7037,36
36	166	2,426	2,43	0,0368	1,5%	7034,51
37	201	2,425	2,43	0,0450	1,9%	7002,87
38	159	2,424	2,43	0,0505	2,1%	6980,95
39	114	2,424	2,43	0,0355	1,5%	6977,4
40	209	2,425	2,42	0,0416	1,7%	6956,44
41	148	2,424	2,43	0,0363	1,5%	6921,2
42	123	2,424	2,43	0,0381	1,6%	6919,47

43	108	2,424	2,425	0,0401	1,7%	6896,91
44	201	2,424	2,42	0,0504	2,1%	6889,04
45	118	2,424	2,42	0,0370	1,5%	6885,65
46	182	2,423	2,42	0,0393	1,6%	6861,32
47	139	2,424	2,42	0,0338	1,4%	6861,02
48	375	2,415	2,43	0,0780	3,2%	6845,38
49	140	2,423	2,43	0,0335	1,4%	6843,88
50	163	2,423	2,43	0,0347	1,4%	6834,28
51	199	2,426	2,41	0,0666	2,7%	6822,11
52	133	2,422	2,43	0,0416	1,7%	6798,27
53	138	2,422	2,42	0,0409	1,7%	6796,38
54	133	2,425	2,43	0,0634	2,6%	6698,21
55	132	2,420	2,42	0,0335	1,4%	6565,42
56	250	2,419	2,41	0,0523	2,2%	6563,16
57	138	2,419	2,42	0,0417	1,7%	6551,55
58	201	2,416	2,42	0,0604	2,5%	6450,18
59	178	2,418	2,42	0,0387	1,6%	6434,9
60	128	2,417	2,43	0,0392	1,6%	6416,49
61	92	2,418	2,42	0,0355	1,5%	6368,1
62	216	2,415	2,42	0,0473	2,0%	6282,5
63	151	2,416	2,42	0,0386	1,6%	6244,2
64	197	2,416	2,41	0,0626	2,6%	6211,77
65	150	2,416	2,41	0,0301	1,2%	6073,94

Tabela 3 - Perfil dos teores de caseína do leite recebido (conclusão)

66	135	2,415	2,42	0,0404	1,7%	6056,1
67	200	2,413	2,41	0,0425	1,8%	6011,59
68	81	2,413	2,42	0,0433	1,8%	6000,52
69	235	2,405	2,41	0,0616	2,6%	5615,71
70	201	2,405	2,4	0,0673	2,8%	5377,12
71	106	2,406	2,41	0,0350	1,5%	5367,22
72	395	2,399	2,4	0,0542	2,3%	5143,89
73	197	2,402	2,4	0,0533	2,2%	5105,88
74	201	2,398	2,4	0,0491	2,0%	4881,71
75	197	2,388	2,4	0,0649	2,7%	4852,82
76	263	2,390	2,39	0,0493	2,1%	4403,97
77	200	2,382	2,39	0,0531	2,2%	3939,34
78	258	2,379	2,38	0,0562	2,4%	3842,2

(*) Ranqueamento obtido pelo teste de Kruskal-Wallis, $p < 0.05$.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4.3 ESTRATÉGIA DE SEGREGAÇÃO

A estratégia de segregação requer o uso de um mínimo C_i (Teor de caseína na amostra i), baseado em f_i (fração ideal do leite). Assim, foram apresentados os benefícios potenciais teóricos (Tabela 5) considerando a produção de muçarela em 2017 (Tabela 4). A quantidade total de caseína disponível antes da segregação em 2017 é uma estimativa baseada no perfil atual de caseína ($C_{bs} = 2,436$ e $SD = 0,0659$).

Foram explorados os ganhos potenciais analisando, por exemplo, o mês de janeiro. A fração ideal do uso de leite cru é $f_i = D_i / A_i = 33,5\%$. Assim, C_i é o valor crítico correspondente ao inverso da distribuição de Gauss (1).

$$C_i = \text{inv. N}(1 - f_i; \text{mean}(C_{bs}); DP) = \text{inv. N}(0,665; 2,436\%; 0,0659) = 2,464\% \quad (1)$$

Conseqüentemente, em janeiro de 2017, apenas cargas de caseína iguais ou superiores a C_i teriam sido atribuídas a produção de muçarela. O valor médio da caseína efetiva C_s para a produção de queijo é maior, uma vez que os valores de caseína das cargas segregadas estariam na faixa de $2,464\% \leq C \leq 2,565\%$ (1,96 SD). C_s pode ser deduzido analiticamente, obtido por simulação, ou estimado usando o banco de dados disponível. Como obteve-se mais de 15.000 valores, foi utilizado o histórico de três meses para avaliar esse valor. Neste caso $C_s = 2,506\%$, o que permite estimar a caseína potencial disponível naquele mês, Equação (2).

$$\text{Caseína (kg)} = C_s \times D_i \times d = 2,506\% \times 416.027 \times 1,032 = 10.759 \text{ kg} \quad (2)$$

Onde d é a densidade do leite (kg / litro). Em comparação com a Tabela 4, em janeiro, haveria uma média extra diária de 300 kg (10.759-10.459) de caseína, um total de 7.800 kg naquele mês (26 dias úteis). Para cada kg de caseína, é esperado um adicional de 2,5 kg de queijo. Portanto, a segregação em janeiro de 2017 potencialmente produziria um extra diário de 750 kg de queijo.

Tabela 4 - Produção teórica de queijo Muçarela 2017 – Sem segregação

	Disponibilidade diária de leite cru (A_i) - litros	Leite cru para produção diária de muçarela (D_i) – litros	Disponibilidade diária de caseína (kg) sem segregação	Produção diária de muçarela (rendimento médio = 9,8) - kg
Janeiro	1.242.000	416.027	10.459	42.452
Fevereiro	1.180.000	416.027	10.459	42.452
Março	1.110.000	416.027	10.459	42.452
Abril	1.050.000	416.027	10.459	42.452
Mai	1.161.000	416.027	10.459	42.452
Junho	1.260.000	416.027	10.459	42.452
Julho	1.395.000	416.027	10.459	42.452
Agosto	1.625.000	416.027	10.459	42.452
Setembro	1.580.000	416.027	10.459	42.452
Outubro	1.510.000	416.027	10.459	42.452
Novembro	1.494.000	416.027	10.459	42.452
Dezembro	1.312.000	416.027	10.459	42.452

Produção total de muçarela = 42.452 x 321 dias trabalhados = 14.269.092 = 14,27 x 10³ tons

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A Tabela 5 apresenta o potencial cenário anual com separação de leite. O faturamento potencial anual estimado, ou, potencial ganho teórico seria de 247,4 toneladas, aproximadamente 3,7 milhões de reais. A cooperativa está iniciando o processo de segregação. No entanto, devido à demanda por investimentos em silos, a segregação em andamento é de apenas 30% da capacidade produtiva. Reforça-se que, com um grande volume de dados, os valores médios são robustos a violações da normalidade. Observe o histograma dos dados históricos (Figura 10) e como as 15.236 cargas se ajustam relativamente bem a uma distribuição gaussiana.

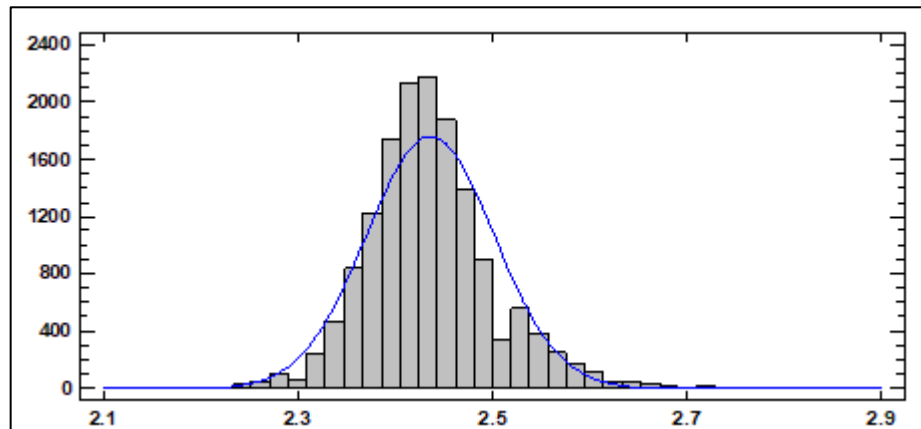
Tabela 5 - Potencial de produção extra de muçarela – base 2017

	Fração f_i	C_i	C_s	Disponibilidade diária extra de caseína (kg) com segregação	Produção diária extra de queijo muçarela - kg
Janeiro	33,50%	2,464%	2,506%	300	750
Fevereiro	35,26%	2,461%	2,506%	300	750
Março	37,48%	2,457%	2,497%	261	654
Abril	39,62%	2,453%	2,497%	261	654
Maio	35,83%	2,460%	2,497%	261	654
Junho	33,02%	2,465%	2,506%	300	750
Julho	29,82%	2,471%	2,515%	340	851
Agosto	25,60%	2,479%	2,515%	340	851
Setembro	26,33%	2,478%	2,515%	340	851
Outubro	27,55%	2,475%	2,515%	340	851
Novembro	27,85%	2,475%	2,515%	340	851
Dezembro	31,71%	2,467%	2,506%	300	750
Produção extra de queijo muçarela = 247.386 kg = 247,4 tons					

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para confirmar essa percepção tomou-se uma amostra aleatória $n = 100$, pois os testes de normalidade ficam muito sensíveis para amostras muito grandes. De fato, as 15.236 cargas constituem censo do período. A normalidade foi verificada com o teste de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 5\%$), *Goodness-of-Fit test*, com valor $p = 0,11$.

Figura 10 - Histograma de dados históricos (15.236 cargas)



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTRATÉGIA DE SEGREGAÇÃO

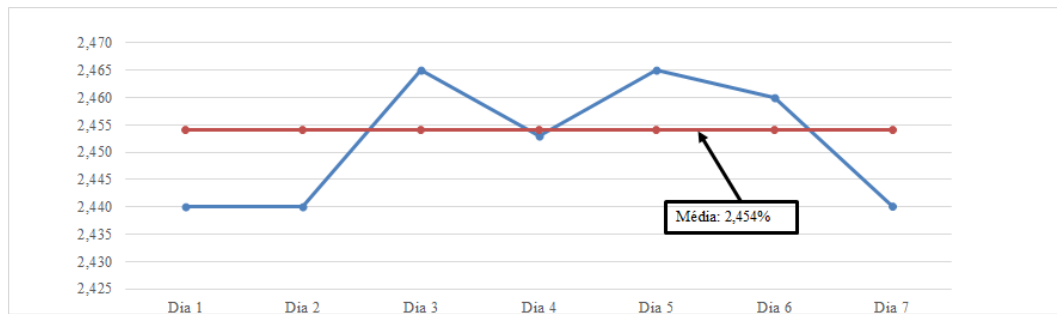
Abaixo seguem resultados sobre a avaliação da eficiência estratégica de segregação.

4.4.1 Resultado da avaliação indireta do potencial ganho

A partir dos resultados das análises das cargas de leite cru, da definição da estratégia de segregação e do potencial ganho teórico, foi decidido passar a analisar o leite padronizado e pasteurizado em amostra coletada nos silos de leite pasteurizado (SELPi) conforme indicado na Figura 5 – Fluxograma geral do processo.

Os resultados dos teores de caseína analisados destas amostras coletadas sem a implantação da estratégia de segregação seguem na Figura 11 e para os 7 dias analisados do mês de novembro, pode-se observar que a média dos resultados do teor de caseína das amostras de leite coletadas nos SELPi que seria destinado a fabricação de queijo muçarela teve um resultado de 2,454%, resultado este muito próximo da média do teor de caseína de todo o leite recebido durante o mês de novembro de 2,450%, ou seja, durante o mês de novembro o leite destinado a fabricação de queijo muçarela apresentou teores de caseína muito próximos a média de todo o leite recebido, demonstrando não haver nenhum tipo de segregação em termos de indicação ao melhor uso neste processo.

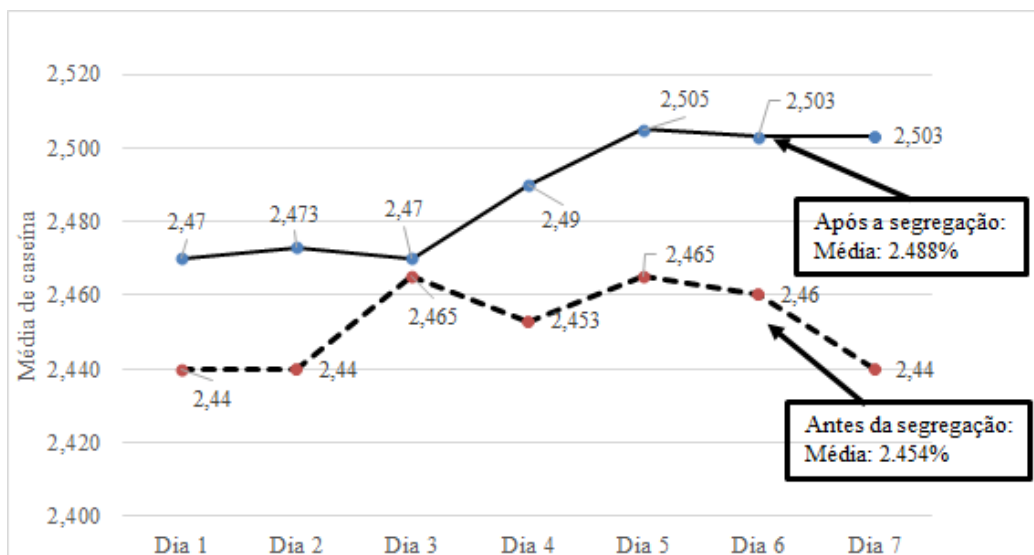
Figura 11 – Média diária de caseína sem classificação e segregação do leite



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Com o objetivo de realizar a comparação entre os resultados anteriores (Figura 11) a implantação da classificação e segregação do leite cru com os resultados obtidos após a implantação da estratégia de classificação e segregação do leite pelo teor de caseína construiu-se a Figura 12. Nesta figura, pode-se observar teores de caseína disponíveis para a fabricação de queijo muçarela maiores no conjunto de amostras coletadas após a implantação da estratégia, demonstrando que a estratégia de classificação e segregação é capaz de oferecer uma certa quantidade extra de caseína ao processo de fabricação do queijo.

Figura 12 – Comparativo de média diária de caseína



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

De acordo com a informação apresentada em 2.2 a cada 1kg de caseína extra disponível no processo de produção pode-se obter 2,5kg de queijo muçarela a mais, portanto, considerando a produção de queijo muçarela de um dia, tem-se um total

aproximado de 0,42 milhões de litros de leite destinados à produção de queijo muçarela.

Tabela 6 - Potencial de produção extra de muçarela – base 2017

	Leite cru para produção diária de muçarela (D_i) - litros	Disponibilidade diária de caseína (kg) sem segregação (média 2,454%)	Disponibilidade diária de caseína (kg) sem segregação (média 2,488%)	Disponibilidade diária extra de caseína (kg) com segregação	Produção diária extra de queijo muçarela – (2,5 kg de queijo para cada kg de caseína)
Janeiro	416.027	10.536	10.682	146	365
Fevereiro	416.027	10.536	10.682	146	365
Março	416.027	10.536	10.682	146	365
Abril	416.027	10.536	10.682	146	365
Maiο	416.027	10.536	10.682	146	365
Junho	416.027	10.536	10.682	146	365
Julho	416.027	10.536	10.682	146	365
Agosto	416.027	10.536	10.682	146	365
Setembro	416.027	10.536	10.682	146	365
Outubro	416.027	10.536	10.682	146	365
Novembro	416.027	10.536	10.682	146	365
Dezembro	416.027	10.536	10.682	146	365

Produção extra de muçarela = 365 x 321 dias trabalhados = 117.165kg por ano

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Considerando a densidade prática analisada de 1,032 g/ml, os mesmos volumes de leite estabelecidos na Tabela 6 onde é apresentada a aplicação dos teores de caseína médios encontrados e descritos na Figura 12 (antes e após a implantação da estratégia). É observado uma quantidade extra diária real de caseína disponível para a produção de queijo muçarela, sendo que tem-se um total de 10,682 toneladas de caseína contra 10,536 toneladas de caseína, aumentando a disponibilidade de

caseína para o processo de produção de queijo muçarela em 0,146 toneladas, ou 146kg de caseína, o que transformados em queijo significa um aumento de produção de aproximadamente 365kg de queijo muçarela por dia de produção, aproximadamente 117.165 kg de queijo muçarela, convertendo em valores financeiros (R\$ 15,00/kg de queijo), um ganho teórico aproximado de 1,75 milhões de reais por ano, valor este que representa a avaliação indireta do potencial ganho através da implantação da estratégia de classificação e segregação.

4.4.2 Resultado da avaliação direta do potencial ganho

Enquanto que a avaliação indireta fornece um resultado mais ágil e necessita de menores alterações na rotina de processamento de uma unidade fabril a avaliação direta oferece um resultado mais completo e possível de ser comparado com um histórico de processamento. A avaliação indireta traduz o quanto de caseína extra a estratégia de classificação e segregação do leite é capaz de oferecer ao processo de produção de queijo, a avaliação direta complementa esta informação significativamente e retrata o quanto a indústria de processamento é capaz de disponibilizar caseína extra ao processamento de queijo e transformar a disponibilidade extra de caseína em produto finalizado queijo muçarela.

Para a realização da avaliação direta do potencial ganho com a implantação da estratégia de classificação e segregação, a segregação do leite destinado a produção de queijo muçarela, da mesma forma como realizado e discutido como eficiente em 4.4.1, foi mantida e acrescentada de um rearranjo fabril para possibilitar a correta avaliação do rendimento industrial. Conforme pode ser observado na Tabela 7, o somatório dos oito testes realizados tem um valor total de leite segregado de 1.288.342 litros distribuídos em bateladas de aproximadamente 100 mil litros e bateladas de aproximadamente 200 mil litros.

Pode-se observar que quanto maior o volume segregado (bateladas maiores) menor é o valor dos teores de caseína das amostras coletadas no silo de leite pasteurizado, demonstrando claramente uma priorização inicial dos caminhões com maiores teores de caseína e uma conseqüente aproximação da média, ou seja, C_i tende a média. A tendência é que quanto maior o volume de leite envolvido no processo de classificação e segregação, mais próximo o teor de caseína estará do resultado de caseína médio, portanto a manutenção de C_i distante da média exige um

esforço. Os teores médios de caseína apresentaram uma grande amplitude de variação, sendo que o resultado médio, considerando o total de leite segregado e o total de queijo muçarela produzido ficou em 9,60 litros de leite para cada kg de queijo muçarela produzido (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultados das bateladas teste produzidas com o leite segregado

	Volume de leite cru segregado para a produção de queijo muçarela - litros	Teor de caseína avaliado no silo de leite pasteurizado (%)	Produção de muçarela obtida (kg de queijo)	Litros de leite necessários para produzir cada kg de queijo muçarela
Teste 1	99.070	2,52	10.866	9,12
Teste 2	214.670	2,50	21.777	9,86
Teste 3	99.072	2,56	10.620	9,33
Teste 4	198.120	2,53	20.340	9,74
Teste 5	99.090	2,55	10.439	9,49
Teste 6	198.120	2,52	21.356	9,28
Teste 7	198.510	2,57	20.279	9,79
Teste 8	181.690	2,64	18.543	9,80
Total	1.288.342	-----	134.220	9,60

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Na Tabela 8 são apresentados valores de rendimento, que representam em ordem o rendimento médio das bateladas teste (9,60), o rendimento teórico (9,80) utilizado para o cálculo teórico do ganho em produção realizado no item 4.3 e os rendimentos históricos mensais dos últimos três anos (2018, 2017 e 2016) do mesmo período da realização dos testes. Os rendimentos respectivos da primeira coluna foram aplicados ao volume diário processado de leite o que resultou em um total produzido conforme demonstrado na terceira coluna. A quarta coluna retrata o potencial de ganho em produção, quando comparado o rendimento médio das bateladas teste com os demais rendimentos de referência. Esta informação é animadora para a indústria, pois o ganho potencial diário estimado supera 880 kg de

queijo muçarela. Quando anualizado, o potencial de ganho menos otimista supera 280 toneladas, ou seja, a possibilidade de expedir a mais aproximadamente onze cargas de 25 toneladas de queijo ao longo de cada ano subsequente. Conforme pode ser visualizado, o incremento varia entre uma produção de queijo muçarela extra de 283.764 (comparativo com o teórico) e 543.132 (rendimentos do período para o ano de 2016).

Tabela 8 - Comparativos de ganho anualizado em kg de queijo muçarela

	Litros de leite para cada kg de queijo	Projeção em kg de queijo muçarela para o volume de leite processado em um dia (416.027 litros)	Comparativo entre rendimento médio obtido nos testes e os rendimentos teóricos e históricos (ganhos em kg de queijo)	Ganho em kg de queijo anualizado (321 dias trabalhados)
Rendimento médio das bateladas segregadas.	9,60	43.336	-----	-----
Rendimento teórico utilizado em 4.3	9,80	42.452	884	283.764
Rendimento histórico para o mesmo período do teste 2018	9,88	42.108	1.228	394.188
Rendimento histórico para o mesmo período do teste 2017	9,83	42.323	1.013	325.173
Rendimentos históricos para o mesmo período do teste 2016	9,99	41.644	1.692	543.132

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Considerando os volumes extras de queijo apresentado, tem-se um potencial ganho direto de 394.188 kg de queijo muçarela quando comparado o rendimento das bateladas teste com o rendimento real do mesmo período da realização do teste (ano de 2018), o comparativo com o ano de 2018 demonstra ser o mais adequado, visto ser exatamente o mesmo período com matérias primas de características parecidas. Este valor, transformado em ganho financeiro representa R\$ 5.912.820,00 (R\$ 15,00/kg de queijo). O resultado da avaliação direta do potencial ganho com a

implantação da estratégia de classificação e segregação, demonstra ser a implantação vantajosa para a empresa, porém, os resultados têm como base uma amostra pequena (oito amostras) devido à dificuldade na operacionalização dos testes, para poder mensurar exatamente o resultado do rendimento de cada batelada teste. Os valores da média dos testes (9,60) o valor do teste imediatamente inferior à média (9,49) e o valor imediatamente superior à média (9,74) serão utilizados para referenciar os valores esperado, máximo e mínimo respectivamente no detalhamento do item 4.5.

4.5 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS PARA PREPARAÇÃO DA FÁBRICA

A evidência (Seções 4.3 e 4.4) aponta que a segregação é potencialmente vantajosa. No entanto, existem certos investimentos necessários e associados à classificação e separação inteligente de matérias-primas para fábricas de laticínios que devem ser considerados.

Tabela 9 - Ganhos esperados estimados anual e mensal

	Ganho estimado anual em R\$	Ganho estimado mensal em R\$
Seção 4.3		
Cálculo teórico do potencial ganho através da estratégia de segregação e a disponibilidade extra teórica de caseína	3.700.000,00	308.333,00
Seção 4.4 a		
Avaliação indireta do potencial ganho através da disponibilidade extra real de caseína	1.750.000,00	145.833,00
Seção 4.4 b		
Avaliação direta do potencial ganho através da disponibilidade extra real de caseína e a transformação desta em produto	5.912.820,00	492.735,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Os ganhos esperados (Tabela 9) partem de uma estimativa da literatura (1 kg de caseína → 2,5 kg de queijo), de testes realizados no processo para determinar se a nível operacional a estratégia de segregação seria capaz de disponibilizar uma quantidade extra de caseína e, além disso, se esta quantidade extra seria capaz de ser melhor aproveitada pela indústria de processamento, sendo transformada em mais

queijo. Assim, considerar a variabilidade no projeto de investimento (PI) relacionado à segregação é uma medida cautelosa e necessária. Formou-se o fluxo de caixa (FC) do PI com a composição entre a avaliação dos valores da tabela 9 e as necessidades de investimentos (Tabela 11) e incrementos de custos (Tabela 12) levantadas com base em informações coletadas pelos gestores e especialistas da empresa estudada.

Referente a Tabela 9, tem-se que o resultado apontado na seção 4.4 a – avaliação indireta do potencial ganho - representa o cenário menos otimista, o que poderia levar a escolha deste como incremento de receita no FC, porém, o resultado apresentado em 4.4 b – Avaliação direta do potencial ganho – representa o resultado mais completo, onde foi possível testar e comprovar que além de ser possível tornar a caseína mais disponível, também é possível transformar esta caseína em kg de produto acabado extras disponíveis para aumentar a receita da Cooperativa.

Observa-se a variabilidade do potencial ganho, portanto, serão considerados os valores descritos em 4.4 de 9,49 e 9,74 como rendimento base para o cálculo do FC máximo e FC mínimo. Esta faixa, quando comparada ao resultado real obtido pela indústria nos meses de realização do teste demonstra a oportunidade de ganho demonstrada na Tabela 10. Estes resultados foram utilizados como valores máximo e mínimo respectivamente para a aplicação da SMC. O valor realista foi determinado com base na média (9,60) dos testes batelada comparada com o resultado do período (meses) de realização do teste para o ano de 2018. Este valor, conforme Tabela 8 é de 394.188 kg de queijo a mais disponíveis para venda, o que irá gerar um incremento de receita de R\$ 5.912.820,00 anual ou R\$ 492.735,00 mensal (Tabela 9).

Foi aplicada a SMC para considerar a aleatoriedade dos elementos que compõem o FC. A SMC simula os vários componentes do FC em um modelo matemático e repete o processo várias vezes, o que permite construir a distribuição de probabilidade dos retornos (GITMAN, 2003). Cada componente do FC pode ser ajustado a uma distribuição de probabilidade. Neste trabalho, foram realizadas 10.000 e 100.000 simulações através do software SAVEPI para as seguintes variáveis: TMA, Investimento inicial e fluxo de caixa. Devido à complexidade envolvida na identificação das distribuições de probabilidade para cada variável, é usual usar a distribuição triangular. Na prática, Kotz; Dorp (2014) comentam que essa distribuição é preferida a outras pela facilidade relativa de estimar seus três parâmetros: valores mínimo, máximo e esperado.

Em comparação com o ano de 2018, mesmo período da realização das bateladas teste, esses rendimentos projetam ganhos mensais de R\$ 243.157,50 e R\$ 694.563,75. A empresa usa um TMA anual = 8% (0,643% ao mês) em seus projetos de investimento. Neste caso, com base no contexto brasileiro, a estimativa de TMA \pm 20% é razoável para estimar o mínimo (0,515%) e o máximo (0,772%). O horizonte de planejamento é de 36 meses.

Tabela 10 - Faixa de variação do ganho anual

	Litros de leite para produzir queijo muçarela	Rendimento real do período de realização do teste (9,88 l de leite/kg de queijo)	Rendimento de 9,49 l de leite/kg de queijo	Rendimento de 9,74 l de leite/kg de queijo
Produção diária	416.027	42.108	43.839	42.714
Incremento diário de produção (kg de queijo)	-----	-----	1.731	606
Incremento anual de produção(kg de queijo) - 321 dias trabalhados	-----	-----	555.651	194.526
Incremento anual de receita (R\$15,00/kg de queijo)	-----	-----	R\$ 8.334.765,00	R\$ 2.917.890,00
Incremento estimado mensal de receita	-----	-----	R\$ 694.563,75	R\$ 243.157,50

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 11 - Necessidades de investimento para a implantação da segregação

Descritivo do item	Quantidade	Valor Total
Silo isotérmico, com splayballs para execução de limpeza, capacidade de armazenamento de 200.000 litros de leite.	2	R\$ 700.000,00
Base estrutural (concreto) para suportar o peso dos silos, bem como extensão da área em alvenaria com corrimão de segurança e escada de acesso, atendendo todas as regras de segurança.	1	R\$ 200.000,00
Automação de silos (instrumentos e válvulas para instalação de automação de processos adequados para indústria de alimentos).	2	R\$ 90.000,00
Tubulação em aço inox para conectar os novos silos à rede existente.	2	R\$70.000,00
Custo de mão de obra para adequação de software de sistema de automação e controle existente com o incremento dos novos silos.	2	R\$45.000,00
Adequação do sistema de controle do descarregamento do leite através das baias de descarregamento, agilizando a utilização da estratégia de segregação	3	R\$135.000,00
Total de investimentos:		R\$1.240.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Os investimentos elencados na Tabela 11 são necessários para ter a possibilidade de aplicar a estratégia de segregação ao longo do ano, mesmo nos períodos de maior volume de leite devido as necessidades operacionais e a necessidade de manter todas as plantas de produção devidamente abastecidas de matéria-prima leite para processamento. Os valores apresentados foram obtidos junto aos fornecedores de equipamentos industriais da UPL ao longo do mês de maio de 2017. O incremento dos silos é o principal investimento a ser realizado, a UPL possui 3 plantas principais de processamento e 3 silos de leite cru, sendo que nos momentos em que é realizado o procedimento de limpeza em cada um dos silos, este silo fica

temporariamente indisponível, impedindo desta forma a correta segregação do leite. Os investimentos acessórios ao silo como a construção e adequação da base, a parte de instrumentação e conexão aos sistemas e redes já existentes são imprescindíveis. A adequação do sistema de controle do descarregamento do leite é um investimento opcional, é importante para agilizar a rotina do operador de descarregamento que teria o controle total da operação de descarga, porém não é uma ação impeditiva a implantação total da estratégia de segregação, o que caso fosse necessário poderia ser retirado do projeto. Portanto, para efeitos de investimento inicial, será considerado como valor mínimo o investimento sem a adequação no sistema de descarregamento (R\$1.105.000,00), como valor esperado o valor total do projeto (R\$1.240.000,00) e como valor máximo o valor do orçamento do projeto mais dez por cento (R\$1.364.000,00), este é o valor máximo autorizado pela empresa para excedentes de custos de projeto.

Tabela 12 - Incremento de custos para a implantação da segregação

Custos mensais	
Depreciação	R\$10.333,33
Custo de químicos para limpeza relacionado aos novos silos.	R\$800,00
Custos adicionais de manutenção	R\$500,00
Custo mensal adicionado: R\$12.383,30	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Os custos fixos acrescentados ao FC devido ao aumento da estrutura ocasionado pelo acréscimo de dois silos de leite são insignificantes perante a possibilidade de aumento de receitas. Estes custos se limitam aos produtos químicos que deverão ser utilizados para o processo de limpeza e a custos esporádicos de manutenção que conforme indicação do responsável pela área de manutenção devem seguir na casa dos R\$500,00 mensais.

Tabela 13 - Informações para a análise da viabilidade

	Mínimo	Esperado	Máximo
Taxa mínima de atratividade	0,515%	0,643%	0,772%
Fluxo de caixa (Receita – Custo fixo)	R\$ 230.774,20	R\$ 480.351,70	R\$ 682.180,45
Investimento	R\$1.105.000,00	R\$ 1.240.000,00	R\$1.364.000,00
Horizonte de planejamento	36 Meses		

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para a realização da análise nas 3 dimensões (retorno, risco e sensibilidade) foi utilizado o módulo de abordagem determinística do software Savepi, sendo que os valores alimentados foram correspondentes a coluna Esperado da Tabela 13. A análise de investimento deste projeto é promissora. O VPL da abordagem determinística (R\$ 14.153.166,39) e a média da simulação (R\$ 19.437.717,03 e R\$19.450.810,00, respectivamente para 10.000 e 100.000 simulações) estão próximos.

O Projeto de Investimento (PI) em estudo necessita de um investimento inicial de R\$ 1.240.000,00 deterministicamente. Conforme resultados demonstrados pelo software SAVEPI e apresentados na Tabela 14, espera-se que esse investimento retorne R\$ 15.393.166,39 (VP). Isso implica em um retorno líquido total (VPL) de R\$ 14.153.166,39 em 36 períodos, equivalente a R\$ 441.656,86 por período (VPLA). Vale ressaltar que esse ganho sempre é o adicional ao oportunizado pelo mercado (TMA). Para esse PI, a cada unidade monetária investida, há a expectativa de retorno de 12,4138 (IBC). Isso é equivalente a um ganho de 7,25% (ROI) ao período, além da TMA (0,643%). Considerando os indicadores analisados, o investimento é altamente lucrativo.

A dimensão risco, demonstra que o PI em estudo apresenta retorno do investimento (Payback) em aproximadamente 3 períodos. O índice Payback/N é de 8,33%, ou seja, o PI tem que ser promissor em pelo menos 8,33% da vida estimada para se pagar e existe uma grande distância entre a TIR (38,74%) e a TMA, demonstrando a segurança do PI. Considerando os indicadores analisados, o investimento pode ser categorizado como de baixo risco.

Tabela 14 - Análise do investimento – abordagem determinística

Dimensão	Índice	Valor
	Valor presente (VP)	R\$ 15.393.166,39
	Valor presente líquido (VPL)	R\$ 14.153.166,39
Retorno	Valor presente líquido por período (VPLA)	R\$ 441.656,86
	Retorno sobre o investimento (ROI)	7,25%
	Índice de benefício/custo (IBC)	12,4138
	Taxa interna de retorno (TIR)	38,74%
Risco	<i>Payback</i> (N)	3 meses
	Índice <i>Payback</i> /N	8,33 %
	$\Delta\%$ TMA (Variação da TMA)	5.924,49
Sensibilidade	$\Delta\%$ FC0 (Aumentos dos custos iniciais)	1.141,38
	FCj (redução máxima no FC)	91,94

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A dimensão sensibilidade, avaliada para o PI em estudo a partir dos limites de elasticidade buscou analisar a incerteza relacionada aos parâmetros do PI. A TMA admite uma variação máxima de 5.924,49% antes de torná-lo economicamente inviável, sendo o valor-limite igual a 38,74% (TIR). Por outro lado, o investimento inicial (FC0) suporta um acréscimo de até 1.141,38%, sendo o valor-limite igual a R\$ 15.393.166,39 (VP). Já o Fluxo de Caixa (FC) permite uma redução máxima 91,94%, sendo o valor-limite igual a R\$ 38.694,84. Considerando os indicadores analisados, o investimento demonstra uma elasticidade elevada e conseqüentemente uma baixa sensibilidade de sua viabilidade a variações dos parâmetros iniciais.

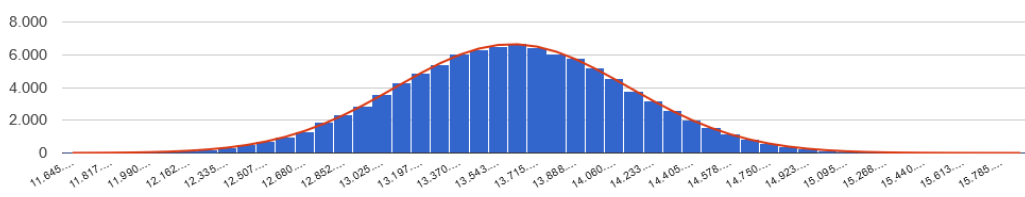
Tabela 15 - Análise do investimento – Abordagem estocástica (SMC)

Índice	Valor	
	10.000	100.000
Número de Simulações	10.000	100.000
Min VPL	R\$ 11.786.027,66	R\$ 11.645.273,28
Max VPL	R\$ 15.745.025,76	R\$ 15.958.376,14
Média VPL	R\$ 13.644.211,07	R\$ 13.649.064,64
DP de VPL	R\$ 525.107,24	R\$ 517.785,02
Intervalo de confiança para VPL (99%)	R\$ 12.291.624,45 a	R\$ 12.315.338,81 a
Probabilidade (VPL <0)	0%	0%

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Analisando os resultados apresentados na Tabela 15 pode-se perceber que os valores referentes a aplicação da SMC para 10.000 simulações e para 100.000 simulações apresentam-se muito próximos, indicando que mesmo com o aumento do número de simulações os resultados do projeto são consistentes. O VPL mínimo esperado está na casa do 11,5 milhões de reais e o desvio padrão apresentado na faixa dos 520 mil reais, subtraindo o desvio padrão do VPL mínimo ainda tem-se 10,98 milhões de reais, o que ainda assim se mostra um investimento extremamente interessante para a empresa. Além do mais, mesmo com o aumento do número de simulações de 10.000 para 100.000 o VPL mínimo continua sendo muito vantajoso, reafirmando o alto retorno do projeto.

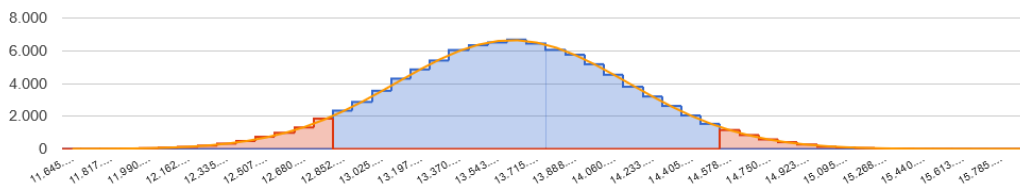
Figura 13 - Distribuição de probabilidade do VPL e ajuste da normal



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

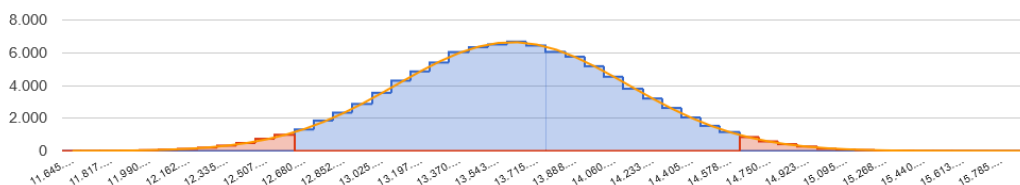
A Figura 13 apresenta em forma gráfica a distribuição de probabilidade do VPL ajustada por uma curva normal, logo abaixo, as Figuras 14, 15 e 16 apresentam o intervalo de confiança do VPL (área azul) com 90%, 95% e 99% respectivamente, conforme pode ser evidenciado pelo aumento da área azul, ou seja, 99% dos resultados de VPL referentes às 100.000 simulações realizadas estão dentro da área azul da Figura 16. Para a Figura 14 tem-se que 90% dos VPL estão entre R\$12.797.884,07 e R\$ 14.500.745,21, de acordo com a Figura 15, 95% dos VPL estão entre R\$ 12.634.224,65 e 12.634.224,65 e 14.663.904,63 e conforme a Figura 16, 99% dos VPL estão entre R\$ 12.315.338,81 e R\$ 14.982.790,47.

Figura 14 - Distribuição de Probabilidade do VPL - 90%



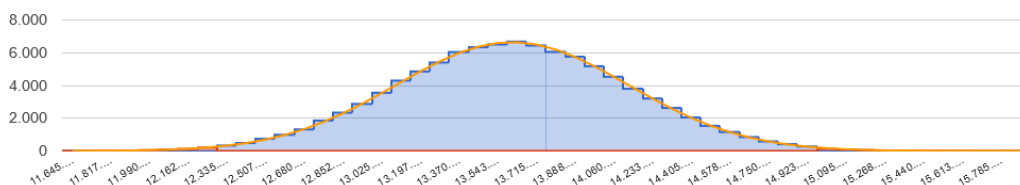
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 15 - Distribuição de Probabilidade do VPL - 95%



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Figura 16 - Distribuição de Probabilidade do VPL - 99%



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Economicamente o projeto demonstrou ser extremamente vantajoso. A partir da abordagem determinística, analisada a partir dos parâmetros definidos em cada uma das 3 dimensões o projeto apresentou alto retorno, baixo risco e baixa

sensibilidade. A partir da abordagem estocástica o projeto permaneceu demonstrando ser muito vantajoso, com valores de VPL mínimo muito significativos para a empresa.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho analisa a cadeia produtiva do leite. A revisão sistemática da literatura apresentou as variáveis de influência sobre o rendimento na produção de produtos lácteos. O destaque dentre estas variáveis é o teor de caseína no leite cru, que é o principal fator ligado a produção de queijo. Apresentou-se um modelo de segregação para fábricas de laticínios com múltiplas plantas, onde é possível designar leite com alto teor de caseína para a produção de queijo. O trabalho foi desenvolvido e aplicado em uma cooperativa no sul do Brasil e os resultados são promissores. O estudo sugere três locais no processo para a análise da caseína: cargas, silos de leite cru e silos de leite pasteurizado, estes são importantes fontes de informação para uma gestão de alto desempenho no que diz respeito a transformação de sólidos.

Após três meses coletando amostras de leite de 15.236 cargas, foi delineado o perfil de caseína do leite cru recebido, necessário para a estratégia de segregação, priorizando a produção de queijo muçarela. A ideia central da estratégia de classificação e segregação foi estabelecer um limite mínimo de caseína C_i de acordo com a razão f_i entre a demanda por queijo e a disponibilidade de leite cru. Segregação significa atribuir f_i ao queijo e $(1 - f_i)$ a outros produtos lácteos. A estratégia é possível pelo sistema de produção em lote, onde cada carga é atribuída a um determinado silo, logo após ter seu leite analisado.

Se implementada, a estratégia de segregação do leite teria resultado em 240,7 toneladas extras de queijo, a partir do cálculo teórico. As avaliações dos potenciais ganhos diretos e indiretos se mostraram animadoras para a indústria.

O potencial ganho indireto, calculado a partir de uma maior disponibilidade de caseína no leite que seria utilizado para a produção de queijo muçarela retornou com uma possibilidade de ganhos de aproximadamente 117 toneladas extras de queijo.

O potencial ganho direto, que representou a avaliação mais completa realizada em nível de processamento se mostrou extremamente vantajosa, oferecendo uma oportunidade de ganho de 394 toneladas extras de queijo.

A estratégia requer investimentos em dois silos de estocagem de leite cru, bem como a adequação destes silos ao uso no processo. A análise desse investimento, a partir da abordagem determinística apresentou um VPL de R\$ 14.153.166,39. A taxa de ROI (7.25%) indica um investimento atraente em comparação com o TMA (0,643%).

Há uma distância significativa entre a TIR (38,74%) e o TMA, e o retorno é de três meses. O estudo também apresenta a avaliação a partir da abordagem estocástica, através da SMC para 10.000 e 100.000 simulações, considerando a aleatoriedade (ajuste de distribuição triangular) de TMA ($\pm 20\%$), FC e investimento inicial, obtendo a distribuição de probabilidade normal para o VPL (R\$ 12.315.338,81 a R\$ 14.982.790,47 - 99 % de intervalo de confiança). Este cenário, considerando variações nos resultados de TMA, FC e investimento inicial, apresenta um investimento rentável com baixo risco e baixa sensibilidade.

Com base nos promissores resultados apresentados responde-se positivamente ao questionamento de pesquisa, demonstrando a clara possibilidade de se melhorar significativamente o rendimento e a qualidade do processo através da aplicação da estratégia de classificação e segregação.

O trabalho apresenta implicações práticas e acadêmicas que vão além deste estudo de caso. O modelo pode, por exemplo, ser adotado por outras empresas lácteas multiprodutos. O estudo de classificação e segregação, nestes casos, agrega informações valiosas para os planos de expansão dos negócios, por exemplo, utilizando o perfil de caseína como critério para avaliar a capacidade de uma futura queijaria.

O estudo das melhorias do perfil de caseína é um campo frutífero para futuras pesquisas sobre todas as variáveis associadas à qualidade do leite descritas neste estudo. A pesquisa, no estágio atual, apresenta limitações que devem ser gerenciadas no futuro, como, por exemplo, o uso da análise microbiológica (Contagem de Células Somáticas) como critério adicional de alocação do leite cru. A logística do transporte de leite cru é outra possibilidade de melhoria futura, bem como o estudo das variáveis de influência apresentadas e intervenção nas operações de manejo nas fazendas. Além disso, existe a possibilidade de desenvolver processos inteligentes, utilizando premissas da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

APCBRH. **Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa. Relatório Estatístico 2015.** 2016.

AGRANOVICH, D. et al. A microwave sensor for the characterization of bovine milk. **Food Control**, v. 63, p. 195–200, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.032>>.

AHUMADA, O.; VILLALOBOS, J. R. Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. **Eur J Oper Res**, v. 196, n. 1, p. 1–20, 2009. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.02.014>>.

ALI, M. H.; TAN, K. H.; ISMAIL, M. D. A supply chain integrity framework for halal food. **Br Food J**, v. 119, n. 1, p. 20–38, 2017. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BFJ-07-2016-0345>>.

ALMEIDA, Thamara Venâncio de. **PARÂMETROS DE QUALIDADE DO LEITE CRU BOVINO: CONTAGEM BACTERIANA TOTAL E CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS.** Goiânia, 2013.

APCBRH. **Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa Relatório Anual 2016.** 2017.

BANASZEWSKA, A. et al. A comprehensive dairy valorization model. **J. Dairy Sci.**, v. 96, n. 2, p. 761–779, 2013. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5641>>.

BANVILLE, V. et al Physical properties of pizza Mozzarella cheese manufactured under different cheese-making conditions. **J. Dairy Sci.**, v. 96, n. 8, p. 4804–4815, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213003883>>.

BARLOWSKA, J. et al. Nutritional Value and Technological Suitability of Milk from Various Animal Species Used for Dairy Production. **Compr Rev Food Sci Food Saf**, v. 10, n. 6, p. 291–302, 2011.

BERLIN, Johanna. **Environmental Improvements of the Post-Farm Dairy Chain: Production Management by Systems Analysis Methods.** 2005. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Filosofia, Departamento de Energia e Meio Ambiente, Chalmers University Of Technology, Göteborg, 2005.

BERLIN, J.; SONESSON, U.; TILLMAN, A.-M. A life cycle based method to minimise environmental impact of dairy production through product sequencing. **J Clean Prod**, v. 15, n. 4, p. 347–356, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605001848>>.

BERNARDI, A. Análise de investimento em segregação de milho : estudo de caso em agroindústria produtora de rações para frangos de corte. **Custos e agronegócios**, p. 147–171, 2018.

BIGOLOTI, C. R.; BIGOLOTI, V. M. A. Educação ambiental e reciclagem : uma proposta de reaproveitamento de embalagens tetra pak no mercado brasileiro. **InterLink**, v. 3, p. 7–27, 2016.

BILSKA, B. et al. Risk of food losses and potential of food recovery for social purposes. **Waste Manag**, v. 52, p. 269–277, 2016.

BLOWEY, R.; EDMONDSON, P. **Mastitis control in dairy herds**. CABI, 2010.

BORTOLUZZI, S. C. et al. Performance Evaluation in Networks of Small and Medium Enterprises : State of. **Estratégia E Negócios**, v. 4, n.2, n. 48, p. 202–222, 2011.

BÜTTEL, B.; FUCHS, M.; HOLZ, B. Freezing point osmometry of milk to determine the additional water content--an issue in general quality control and German food regulation. **Chem. Cent. J.**, v. 2, p. 6, 2008.

GULARTE, L. C. P. et al. Estudo de viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Pato Branco (PR), utilizando a metodologia multi-índice ampliada. **Eng Sanit Ambient**, v. 22, n. 5, p.985-992, 2017.

CAUCHICK, M. P. A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2012.

CHEN, B.; LEWIS, M. J.; GRANDISON, A. S BEST USE FOR MILK - A REVIEW I- Effect of breed variations on the physicochemical properties of bovine milk. **Int J Dairy Technol**, v. 70, n. 1, p. 3–15, 2017.

CHEN, B.; LEWIS, M. J.; GRANDISON, A. S. Effect of seasonal variation on the composition. and properties of raw milk destined for processing in the UK. **Food Chem**, v. 158, p. 216–223, 2014.

COFFEY, E. L. et al. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. **J Dairy Sci**, v. 99, n. 7, p. 5681–5689, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216301990>>.

CORREIA NETO, J. F. **Elaboração e avaliação de projetos de investimento: considerando o risco**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

DABBENE, F.; GAY, P.; TORTIA, C. Traceability issues in food supply chain management: A review. **Biosyst Eng**, v. 120, p. 65–80, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511013001554>>.

DEITOS, A. C.; MAGGIONI, D.; ROMERO, E. A. Produção e qualidade de leite de vacas de diferentes grupos genéticos. **Campo Digital**, v. 5, n. 1, p. 26–33, 2010.

DREWNOWSKI, A. **The nutrient rich foods index helps to identify healthy foods** **Clin Nutri**, v. 91, p. 1095–1101, 2010.

EL-GAWAD, M. A. M. A.; AHMED, Nawal S. Cheese yield as affected by some parameters review. **Acta Sci Pol, Technol. Aliment**, Giza, v. 10, n. 2, p.131-153, 2011.

ENSSLIN, L. et al. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão – construtivista. **Pesquisa Operacional**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p.125-152, 2010.

EPAGRI. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2015 - 2016**. 2017.

FAO. **Milk and dairy products in human nutrition**. 2013.

FAO. **Production - Livestock Processed**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em: 30/10/2018.

FEITZ, A. J. et al. Generation of an Industry-specific Physico-chemical Allocation Matrix. Application in the Dairy Industry and Implications for Systems Analysis (9 pp). **Int J Life Cycle Assess**, v. 12, n. 2, p. 109–117, 2007. Disponível em: <http://ezlibproxy.unisa.edu.au/login?url=http://search.proquest.com/docview/664760492?accountid=14649%5Cnhttp://www.library.unisa.edu.au/applications/findit/?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rft_id=info:sid/ProQ%3Asciencejournals&rft_val_fm>.

FERLAY, A. et al. Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. **Dairy Sci Technol**, v. 88, n. 2, p. 193–215, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1051/dst:2007013>>.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. Blackie Academic & Professional, 1998.

FURTADO, M. M. **Mussarela Fabricação e Funcionalidade**. Setembro Editora, 2016.

GEARY, U. et al. Development and application of a processing model for the Irish dairy industry. **J Dairy Sci**, v. 93, n. 11, p. 5091–5100, 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030210005497>>.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 7 ed. ed. São Paulo, 2003.

HAUG, A.; HØSTMARK, A. T.; HARSTAD, O. M. Bovine milk in human nutrition – a review. **Lipids Health Dis**, v. 6, n. 1, p. 25, 2007. Disponível em: <<http://lipidworld.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-511X-6-25>>.

HECK, J. M. L. et al. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. **J Dairy Sci**, v. 92, n. 10, p. 4745–4755, 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030209708045>>.

HUYBRECHTS, T. et al. Early warnings from automatic milk yield monitoring with online synergistic control. **J Dairy Sci**, v. 97, n. 6, p. 3371–3381, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214002641>>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE**. 2017a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal - 2016**. 2017b.

KADRI, N. K. et al. Genetic dissection of milk yield traits and mastitis resistance quantitative trait loci on chromosome 20 in dairy cattle1. **J Dairy Sci**, v. 98, n. 12, p. 9015–9025, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030215006840>>.

KELLY, A. L.; HUPPERTZ, T.; SHEEHAN, J. J. Pre-treatment of cheese milk:

principles and developments. **Dairy Sci Technol**, v. 88, n. 4–5, p. 549–572, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1051/dst:2008017>>.

KENNETH, B. **Components and Quality : New methods for paying Pennsylvania Dairy Farmers**. 2000.

KIM, D. et al. Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA. **Int J Life Cycle Ass**, v. 18, n. 5, p. 1019–1035, 2013.

KOTZ, S.; VAN DORP, J. R. A novel method for fitting unimodal continuous distributions on a bounded domain utilizing expert judgment estimates. **IIE Transactions**, v. 38, n. 5, p.421- 436, 2006.

LARSEN, M. K. et al. Seasonal variation in the composition and melting behavior of milk fat. **J Dairy Sci**, v. 97, n. 8, p. 4703 – 4712, 2014. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030214003749>>.

LARSEN, M. K. et al. Milk quality as affected by feeding regimens in a country with climatic variation. **J Dairy Sci**, v. 93, n. 7, p. 2863–2873, 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030210002961>>.

LIMA, J. D. et al. Estudo de viabilidade econômica da expansão e automatização do setor de embalagem em agroindústria avícola. **Custos e agronegócios**, n. 2015, p. 89–112, 2016.

LIMA, J. D. et al. \$AV€ – Web System to Support the Teaching and Learning Process in Engineering Economics. **Brazilian Journal Of Operations & Production Management**, v. 14, n. 4, p.469-485, 2017.

LIMA, J. D. et al. Uma proposta de ampliação na análise custo-volume-lucro por meio das análises de sensibilidade e de cenários. **EBSCO** , p. 21–41, 2018.

LIMA, J. D. et al. A Systematic Approach for the Analysis of the Economic Viability of Investment Projects. **Int. J. Engineering Management and Economics**, 2015.

LORENTZ, H.; KITTIPANYA-NGAM, P.; SINGH SRAI, J. Emerging market characteristics and supply network adjustments in internationalising food supply chains. **Int J Prod Econ**, v. 145, n. 1, p. 220–232, 2013.

MACHADO, P. F. Pagamento Do Leite Por Qualidade. **CBQL**, p.1–7, 2008. Disponível em: <<http://cbql.com.br/biblioteca/cbql3/IIICBQL183.pdf>>.

MALAFAIA, G. C. **As convenções saciáis de qualidade como suporte a configuração de sistemas agro alimentares locais competitivos: Um estudo Cross Country na pecuaria de corte**, 2007.

MAPA. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de L**. Brasil, 2011.

MAPA. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasil, 2017.

DE MARCHI, M. et al. Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss Breeds on Quality of Milk and Cheese. **J Dairy Sci**, v. 91, n. 10, p. 4092–4102, 2008. Elsevier. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030208710415>>.

DE MARCHI, M. et al. Invited review: Mid-infrared spectroscopy as phenotyping tool for milk traits1. **J Dairy Sci**, v. 97, n. 3, p. 1171–1186, 2014. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030214000253>>.

MAZON, S. O mercado do leite e agricultores : a qualidade em questão. **Política & Sociedade**, n. 2000, p. 46–67, 2016.

MCDERMOTT, A. et al. Prediction of individual milk proteins including free amino acids in bovine milk using mid-infrared spectroscopy and their correlations with milk processing characteristics. **J Dairy Sci**, v. 99, n. 4, p. 3171–3182, 2016a. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216000850>>.

MCDERMOTT, A. et al. Effectiveness of mid-infrared spectroscopy to predict the color of bovine milk and the relationship between milk color and traditional milk quality traits. **J Dairy Sci**, v. 99, n. 5, p. 3267–3273, 2016b. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216001612>>.

MENEGHINI, M. et al. Scientia Agricola How can dairies maximize their profits and properly remunerate their dairy farmers? **Sci. Agric.**, v. 73, n. 1, p. 51–61, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0261>>.

MILKNET. Chr. **Hansen investe em culturas**. 2016. Disponível em: <<https://milknet.com.br/chr-hansen-investe-em-culturas/>>. Acesso em: 23/10/2018.

MILKPOINT. **China: empresas promovem bactéria probiótica**. 2005. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/china-empresas-promovem-bacteria-probiotica-26910n.aspx>>. Acesso em: 23/10/2018.

MILKPOINT. **TetraPak aposta em aceleração no segundo semestre**. 2012. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/tetra-pak-aposta-em-aceleracao-no-segundo-semester-79435n.aspx>>. Acesso em: 23/10/2018.

MORI, C. DE; BATALHA, M. O.; ALFRANCA, O. A model for measuring technology capability in the agrifood industry companies. **Br Food J**, v. 118, n. 6, p. 1422–1461, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2015-0386>>.

MURPHY, S. C. et al. Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? **J Dairy Sci**, v. 99, n. 12, p. 10128–10149, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216306403>>.

PALLADINO, R. A. et al. A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. **J Dairy Sci**, v. 93, n. 5, p. 2176–2184, 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030210002080>>.

PANDEY, P. et al. A new method for converting foodwaste into pathogen free soil amendment for enhancing agricultural sustainability. **J Clean Prod**, v. 112, p. 205–213, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.045>>.

PELLEGRINI, L. G. et al. Características Físico-Químicas De Leite Bovino , Caprino E ovino. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, v. 07, n. 1, p. 1–3, 2012.

PRETTO, D. et al. Effect of milk composition and coagulation traits on Grana Padano cheese yield under field conditions. **J. Dairy Res.**, v. 80, n. 1, p. 1–5, 2013.

RASOTO, A. et al. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. Curitiba, 2012.

ROUPAS, P. Predictive modelling of dairy manufacturing processes. **Int Dairy J**, v.

18, n. 7, p. 741–753, 2008. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694608000472>>.

SALES, D. C. et al. Cheese yield in Brazil: state of the art. **Food Sci. Technol**, v. 36, n. 4, p. 563–569, 2016.

SHIUS, F. M.; LIMA, J. D.; SPERANDIO, S.; DELAZZARI, R. Estudo de viabilidade econômica de instalação de esteira para transporte de resíduos em frigoríficos. **UNOESC & CIÊNCIA - ACSA**, v. 9, p. 41-50, 2018.

SNEDDON, N. et al. New Zealand Society of Animal Production online archive. **NZ Soc Anim Prod Proc**, v. 60, p. 9–14, 2016.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo, 2009.

STACANELLI, T. M. et al. **Aplicação da programação linear para a otimização da produção em um laticínio localizado na região centro-oeste de minas gerais**. ENEGEP, 2015.

STOOP, W. M. et al. Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. **J Dairy Sci**, v. 92, n. 4, p. 1469–1478, 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030209704588>>.

TONG, K.; YOU, F.; RONG, G. Robust design and operations of hydrocarbon biofuel supply chain integrating with existing petroleum refineries considering unit cost objective. **Comput. Chem. Eng.**, v. 68, p. 128–139, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2014.05.003>>.

USDA. **Dietary Guidelines for Americans**. 2010. Disponível em:
<<http://health.gov/dietaryguidelines/2010/>>. Acesso em: 12/11/2017.

VAREJISTA. **Cases - TetraPak**. 2012. Disponível em:
<<http://www.varejista.com.br/cases/5317/tetra-pak>>. Acesso em: 23/10/2018.

VIEIRA, E. L.; LIMA, J. D.; COSTA, S. E. G. C.; LIMA, E. P. **Processo estruturado de revisão da literatura e análise bibliométrica sobre métodos de avaliação econômica da implementação do Lean**. 2018.

VILELA, L. O. Aplicação Do Proknow-C Para Seleção De Um Portifólio Bibliográfico E Análise Bibliométrica Sobre Avaliação De Desempenho Da Gestão Do Conhecimento Application of Proknow-C To Select Bibliography Portfolio and Bibliometric Analysis. **Revista Gestão Industrial**, p. 76–92, 2012.

VIOTTO, W. H.; CUNHA, C. R. Teor de sólidos no leite e rendimento industrial. **Perspectivas e avanços da qualidade do leite no Brasil**. Goiânia: Talento, v. 1, p. 241–258, 2006.

VISENTIN, G. et al. Factors associated with milk processing characteristics predicted by mid-infrared spectroscopy in a large database of dairy cows. **J Dairy Sci**, v. 100, n. 4, p. 3293–3304, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217300784>>.

ZHONG, R.; XU, X.; WANG, L. Food supply chain management: systems, implementations, and future research. **Industrial Management & Data Systems**, v. 117, n. 9, p. 2085–2114, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2016-0391>>.