

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E  
CLASSIFICAÇÃO DOS FORNECEDORES DE UMA  
INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Enio Júnior Seidel**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2009**

**MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E CLASSIFICAÇÃO DOS  
FORNECEDORES DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

por

**Enio Júnior Seidel**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**Orientador: Prof. Dr. Luis Felipe Dias Lopes**

Santa Maria, RS, Brasil

2009

Seidel, Enio Júnior

Métodos estatísticos aplicados à avaliação da qualidade da matéria-prima e classificação dos fornecedores de uma indústria de laticínios / por Enio Júnior Seidel; orientador Luis Felipe dias Lopes – Santa Maria, 2009. 116 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2009.

1. Indústria de laticínios 2. Matéria-prima 3. Avaliação da qualidade 4. Índice de classificação 5. Engenharia de Produção. I. Lopes, Luis Felipe Dias, orient. II. Título.

CDU

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E CLASSIFICAÇÃO DOS  
FORNECEDORES DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

elaborada por  
**Enio Júnior Seidel**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Luis Felipe Dias Lopes, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Vania de Fátima Barros Estivalet, Dra. (UFSM)**

**Angela Pellegrin Ansuji, Dra. (UFSM)**

Santa Maria, 20 de fevereiro de 2009.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao professor Dr. Luis Felipe Dias Lopes, meu orientador, pelo incentivo, atenção e contribuições para o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, pelos conhecimentos transmitidos.

Às professoras Dra. Vania de Fátima Barros Estivaleta e Dra. Angela Pellegrin Ansuji e ao professor Dr. Ivanor Müller, membros da banca examinadora, pelas contribuições para o aprimoramento do trabalho.

À Usina de Laticínios, em especial à Rosane Maria Coradini Noal, pela possibilidade da pesquisa.

Aos meus pais Enio Selito Seidel e Marli Luft Seidel e à minha irmã Eveline, pelo apoio e confiança dedicados.

À Vanessa, pelo carinho e compreensão recebidos.

Aos colegas e amigos.

A Deus por tudo.

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E CLASSIFICAÇÃO DOS FORNECEDORES DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

Autor: Enio Júnior Seidel  
Orientador: Dr. Luis Felipe Dias Lopes  
Data e Local de Defesa: Santa Maria, 20 de fevereiro de 2009.

A presente pesquisa buscou avaliar a qualidade da matéria-prima entregue pelos fornecedores de uma indústria de laticínios com base nas especificações físico-químicas. O desenvolvimento do trabalho constituiu-se de pesquisa bibliográfica, seguida de estudo de caso com abordagem de cunho descritivo, envolvendo variáveis de natureza quantitativa. Para desenvolver as análises dos dados foram utilizadas as seguintes técnicas estatísticas: Análise exploratória de dados (foi utilizada para avaliar a consistência dos dados coletados e verificar seu comportamento quanto à variabilidade e normalidade); Métodos não-paramétricos (serviram para comparar períodos e rotas de coleta quanto ao comportamento das variáveis); CEP (foi utilizado através da construção de gráficos de controle para atributos com base nas especificações das variáveis); Análise multivariada (utilizada através da análise fatorial na construção do índice para classificação dos fornecedores). No desenvolvimento do estudo foram respeitadas duas etapas. Na primeira etapa foi realizada uma análise sobre a qualidade do leite com base na determinação da acidez. Na segunda etapa foi desenvolvida a análise da qualidade da matéria-prima utilizando somente os lotes com medidas adequadas de acidez e considerando as demais variáveis físico-químicas. Com os resultados obtidos na primeira etapa da análise foi possível observar que a maioria dos lotes produzidos estava de acordo com os parâmetros de qualidade estabelecidos para a acidez. Em relação a comparação das rotas de coleta do leite, de modo geral, a rota 1 obteve melhor desempenho em todas as estações. Na segunda etapa da análise os resultados mostraram que os fornecedores apresentaram baixos percentuais de lotes de leite adequados às especificações para o percentual de água excedente e para a densidade. Além disso, considerando a comparação entre as rotas de coleta, no inverno, foi possível verificar que as rotas 2 e 3 tiveram melhor desempenho no indicador de qualidade. Considerando a estação da primavera, percebeu-se que a rota 1 obteve melhor desempenho. E, realizando-se a comparação das rotas de coleta no verão, verificou-se que a rota 2 obteve melhor desempenho. Pelos gráficos de controle aplicados foi possível perceber que o processo estava fora de controle nos três períodos, devido, principalmente, a problemas com as especificações do percentual de água excedente e da densidade. Por fim, com auxílio da análise fatorial, foram calculados índices para classificação dos fornecedores com base nas variáveis físico-químicas.

Palavras-chave: Indústria de laticínios; matéria-prima; avaliação da qualidade; índice de classificação.

## **ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E CLASSIFICAÇÃO DOS FORNECEDORES DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

(STATISTICAL METHODS APPLIED TO THE QUALITY ASSESSMENT OF RAW MATERIALS AND CLASSIFICATION OF SUPPLIERS OF A DAIRY INDUSTRY)

Author: Enio Júnior Seidel  
Advisor: Dr. Luis Felipe Dias Lopes  
Date and Place of Defence: Santa Maria, 20 February 2009.

The aim of this study was to evaluate the quality of raw materials delivered by suppliers of a dairy industry based on physicochemical specifications. The development of the work consisted of literature research, followed by a case-study with descriptive approach involving variables of quantitative nature. In order to develop the analysis of data, the following statistical techniques were used: Exploratory analysis of data (used to evaluate the consistency of the collected data and to verify their behavior in relation to variability and normality), non-parametric methods (used to compare periods and collection patterns in relation to the behavior of the variables), CEP (used through the construction of control charts for attributes based on the specifications of the variables), multivariate analysis (used through the factorial analysis in the construction of indexes for the classification of suppliers). Two stages were observed in the development of the study. In the first stage, an analysis on the quality of milk based on the acidity determination was conducted. In the second stage, the analysis of the quality of raw materials was conducted using only lots with appropriate acidity values and considering the other physicochemical variables. The results obtained in the first stage were used to observe that most of the lots were produced according to quality standards established for acidity. For the comparison of the milk collection patterns, in general, pattern 1 obtained better performance in all seasons. In the second stage of the analysis, the results showed that suppliers presented lower percentage of milk lots with appropriate specifications for the percentage of water and density. Moreover, considering the comparison between the collection patterns in winter, it was possible to verify that patterns 2 and 3 had the best performance in the quality indicator. Considering the spring season, it was found that standard 1 presented the best performance. In addition, comparing the collection standards in the summer, it was found that standard 2 obtained the best performance. Through the control charts applied, it was possible to perceive that the process was out of control in the three periods mainly due to problems with the specification of the percentage of water and density. Finally, with the aid of the factorial analysis, indexes for the classification of suppliers were calculated based on physicochemical variables.

Key words: dairy industry, raw materials, quality assessment; classification index.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Especificações de qualidade para as variáveis físico-químicas consideradas no estudo .....	22
TABELA 2 – Padrões mínimos de composição química do leite de acordo com a Instrução Normativa 51 .....	31
TABELA 3 – Padrões físicos normais do leite de acordo com a Instrução Normativa 51 .....	31
TABELA 4 – Composição nutricional do leite .....	32
TABELA 5 – Cargas fatoriais significantes com base no tamanho da amostra ...	61
TABELA 6 – Níveis de significância do teste U de Mann-Whitney para as estações quanto à acidez .....	67
TABELA 7 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez no inverno .....	67
TABELA 8 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta em cada estação .....	68
TABELA 9 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez na primavera .....	69
TABELA 10 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez no verão .....	70
TABELA 11 – Análise descritiva para as variáveis físico-químicas consideradas no estudo .....	75
TABELA 12 – Especificações de qualidade para as variáveis físico-químicas consideradas na segunda etapa da análise .....	77
TABELA 13 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite no período de estudo .....	78
TABELA 14 – Níveis de significância do teste de normalidade das variáveis físico-químicas em estudo .....	79
TABELA 15 – Níveis de significância da análise de variância de Kruskal-Wallis para as estações quanto às variáveis físico-químicas .....	80
TABELA 16 – Níveis de significância do teste U de Mann-Whitney para as estações quanto às variáveis físico-químicas .....	80
TABELA 17 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade	82

físico-químicas do leite no inverno .....	
TABELA 18 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta no inverno .....	83
TABELA 19 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite na primavera .....	84
TABELA 20 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta na primavera .....	85
TABELA 21 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite no verão .....	86
TABELA 22 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta no verão .....	87
TABELA 23 – Matriz de correlação das variáveis consideradas para a construção do índice de qualidade no inverno .....	96
TABELA 24 – Autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos no inverno .....	96
TABELA 25 – Cargas fatoriais para os dois fatores considerados no inverno .....	96
TABELA 26 – Matriz de correlação das variáveis consideradas para a construção do índice de qualidade na primavera .....	99
TABELA 27 – Autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos na primavera .....	99
TABELA 28 – Cargas fatoriais para os dois fatores considerados na primavera .	100
TABELA 29 – Matriz de correlação das variáveis consideradas para a construção do índice de qualidade no verão .....	102
TABELA 30 – Autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos no verão .....	102
TABELA 31 – Cargas fatoriais para os dois fatores considerados no verão .....	102

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxograma com as etapas de análise seguidas na presente pesquisa .....	24
FIGURA 2 – Fluxo do processo de envase de leite fluido ou produção de produtos derivados .....	28
FIGURA 3 – Box plot da variável acidez .....	65
FIGURA 4 – Evolução do indicador de qualidade calculado para cada rota em cada estação .....	71
FIGURA 5 – Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima no inverno .....	72
FIGURA 6 – Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima na primavera .....	73
FIGURA 7 – Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima no verão .....	74
FIGURA 8 – Box plot das variáveis físico-químicas consideradas no estudo .....	76
FIGURA 9 – Gráfico de controle da fração de não-conformes, considerando todas as características físico-químicas, para a produção de matéria-prima no inverno .....	89
FIGURA 10 – Gráfico de controle da fração de não-conformes, considerando todas as características físico-químicas, para a produção de matéria-prima na primavera .....	90
FIGURA 11 – Gráfico de controle da fração de não-conformes, considerando todas as características físico-químicas, para a produção de matéria-prima no verão .....	91
FIGURA 12 – Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima no inverno .....	92
FIGURA 13 – Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima na primavera .....	93
FIGURA 14 – Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima no verão .....	94
FIGURA 15 – Distribuição dos fornecedores nos dois índices de qualidade no inverno .....	97
FIGURA 16 – Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices no inverno ....	98
FIGURA 17 – Distribuição dos fornecedores nos dois índices de qualidade na primavera .....	100

FIGURA 18 – Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices na primavera	101
FIGURA 19 - Distribuição dos fornecedores nos dois índices de qualidade no verão .....	103
FIGURA 20 – Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices no verão .....	104

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MERCOSUL – Mercado de Livre Comércio

RIISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

CEP – Controle Estatístico de Processos

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

IN 51 – Instrução Normativa 51

CCS – Contagem de Células Somáticas

LSE – Limite Superior de Especificação

LIE – Limite Inferior de Especificação

*OKP – One-Of-A-Kind Product*

LC – Limite Central de Controle

LSC – Limite Superior de Controle

LIC – Limite Inferior de Controle

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.1 Objetivos</b> .....	17
1.1.1 Objetivo geral .....	17
1.1.2 Objetivos específicos .....	17
<b>1.2 Justificativa</b> .....	17
<b>1.3 Estrutura do trabalho</b> .....	18
<b>2 METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	19
<b>2.1 Pesquisa desenvolvida</b> .....	19
<b>2.2 Delimitação do tema</b> .....	21
<b>2.3 Coleta e tratamento dos dados</b> .....	21
<b>2.4 Procedimentos de análise dos dados</b> .....	22
<b>2.5 Limitação do estudo</b> .....	25
<b>2.6 Síntese do capítulo</b> .....	25
<b>3 O LEITE E SUA QUALIDADE</b> .....	26
<b>3.1 Estabelecimentos de leite e derivados</b> .....	26
<b>3.2 Composição do leite</b> .....	28
<b>3.3 Regulamentação e inspeção do leite</b> .....	34
<b>3.4 Aspectos gerenciais da qualidade</b> .....	35
3.4.1 Avaliação da qualidade .....	38
<b>3.5 Síntese do capítulo</b> .....	39
<b>4 MÉTODOS ESTATÍSTICOS</b> .....	41
<b>4.1 Análise exploratória de dados</b> .....	41
4.1.1 Teste de Kolmogorov-Smirnov .....	41
4.1.1.1 Formulação das hipóteses .....	42
4.1.1.2 Determinação da estatística $D$ .....	42
4.1.1.3 Regra de decisão sobre as hipóteses .....	42

<b>4.2 Métodos não-paramétricos</b> .....	43
4.2.1 Análise de variância de Kruskal-Wallis .....	43
4.2.1.1 Formulação das hipóteses .....	43
4.2.1.2 Determinação da estatística $H$ .....	44
4.2.1.3 Regra de decisão sobre as hipóteses .....	45
4.2.2 Teste U de Mann-Whitney .....	45
4.2.2.1 Formulação das hipóteses .....	46
4.2.2.2 Determinação da estatística $U$ .....	46
4.2.2.3 Regra de decisão sobre as hipóteses .....	47
4.2.3 Teste do Qui-quadrado .....	47
4.2.3.1 Formulação das hipóteses .....	47
4.2.3.2 Determinação da estatística $\chi^2$ .....	48
4.2.3.3 Regra de decisão sobre as hipóteses .....	49
<b>4.3 Controle estatístico de processo (CEP)</b> .....	49
4.3.1 Gráficos de controle para atributos .....	50
4.3.1.1 Gráfico de controle para a fração de não-conformes .....	51
4.3.1.2 Tamanho variável de amostra .....	52
<b>4.4 Análise multivariada</b> .....	53
4.4.1 Análise fatorial .....	54
4.4.1.1 Suposições .....	55
4.4.1.2 Modelo fatorial .....	56
4.4.1.3 Determinação dos fatores .....	57
4.4.1.4 Método de análise das componentes principais .....	57
4.4.1.5 Critérios de decisão para o número de fatores .....	58
4.4.1.6 Interpretação dos fatores .....	60
4.4.2 Índice baseado em análise fatorial .....	62
4.4.2.1 Definição do índice .....	62
<b>4.5 Síntese do capítulo</b> .....	63
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	64
<b>5.1 Análise da qualidade do leite com base na determinação da acidez</b> .....	64
5.1.1 Aplicação do gráfico de controle da fração de não-conformes .....	71
<b>5.2 Análise da qualidade do leite com base nas características físico-químicas</b> .....	75
5.2.1 Análise da qualidade do leite, considerando as rotas de coleta .....	81
5.2.1.1 Análise das rotas no inverno .....	82

5.2.1.2 Análise das rotas na primavera .....	84
5.2.1.3 Análise das rotas no verão .....	86
<b>5.3 Aplicação do gráfico de controle da fração de não-conformes .....</b>	<b>88</b>
<b>5.4 Construção do índice de qualidade para os fornecedores .....</b>	<b>95</b>
5.4.1 Aplicação do índice de qualidade no inverno .....	95
5.4.2 Aplicação do índice de qualidade na primavera .....	99
5.4.3 Aplicação do índice de qualidade no verão .....	101
<b>5.5 Síntese do capítulo .....</b>	<b>105</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>106</b>
<b>6.1 Conclusões sobre a primeira etapa da análise .....</b>	<b>107</b>
<b>6.2 Conclusões sobre a segunda etapa da análise .....</b>	<b>108</b>
<b>6.3 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>110</b>
<b>6.4 Síntese do capítulo .....</b>	<b>110</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>111</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Com produção de 23 bilhões de litros de leite em 2003, o Brasil se tornou o sexto maior produtor do mundo, responsável por cerca de 66,5% do volume produzido pelos países que formam o Mercado de Livre Comércio (MERCOSUL) (NOAL, 2006).

Segundo Teixeira, Souza e Martins (2001, p.79), “a produção leiteira aumentou significativamente, ao mesmo tempo em que o setor como um todo vem se modernizando para ser mais competitivo”.

Nesse aspecto, cresce a necessidade da busca pela qualidade, já que um dos fatores de manutenção de uma indústria nesse meio de competitividade acirrada é a oferta de produtos com qualidade.

De acordo com Vialta, Moreno e Valle (2002), qualidade significa superioridade, excelência, representando para as empresas a satisfação de seus clientes, alcançada por meio da qualidade do atendimento, do serviço e, acima de tudo, do produto.

Para as indústrias do setor de laticínios, a busca pela qualidade passa pela avaliação da matéria-prima no que se refere aos aspectos físico-químicos e microbiológicos. E esse é um grande desafio, pois, para que o leite apresente qualidade nesses quesitos, é necessário que o produtor na fazenda possua condições de higiene e manejo adequadas ao processo de produção.

Assim, ganha importância o relacionamento em sintonia entre os fornecedores de leite e a indústria, pois, se os dois mantiverem suas competências no sistema produtivo, o resultado será um leite dentro dos padrões com boa qualidade.

O leite é um dos alimentos de maior importância para os seres humanos devido ao seu elevado valor nutritivo. Conseqüentemente, é um dos alimentos mais avaliados em termos de qualidade e adequação aos sistemas de industrialização.

No Brasil, o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (BRASIL, 1980) determina os padrões físico-químicos e microbiológicos para o leite.

As indústrias possuem sistemas de análise que determinam se o leite recebido está ou não adequado aos parâmetros estabelecidos pela legislação. Essas análises resultam em medidas quantitativas que expressam a qualidade da matéria-prima oriunda das fazendas.

Conforme Noro et al. (2006), os parâmetros de qualidade (componentes do leite) são cada vez mais usados tanto pra detectar falhas nas práticas de manejo, quanto para valorização da matéria-prima.

Uma possibilidade de avaliação da qualidade do leite é a utilização dos parâmetros estabelecidos como especificações que determinam se o leite está ou não adequado.

A partir desses parâmetros, passa-se a ter condições de utilizar ferramentas para avaliar tanto momentaneamente quanto evolutivamente a qualidade da matéria-prima e também o desempenho dos fornecedores em produzir leite de boa qualidade.

Uma possibilidade é a utilização de indicadores e índices capazes de expressar a qualidade e o desempenho em medidas quantitativas de fácil construção e interpretação. Além disso, outra ferramenta importante nesse aspecto são os gráficos de controle estatístico.

A hipótese é que se possa avaliar a qualidade da matéria-prima e classificar os fornecedores de acordo com o produto entregue.

Assim, a proposta aqui definida é a utilização de ferramentas estatísticas que possam avaliar a qualidade da matéria-prima de modo a fornecer à indústria maiores subsídios para desenvolver políticas de relacionamento com seus fornecedores.

O estudo será realizado na Usina Escola de Laticínios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da matéria-prima, com base nas especificações físico-químicas e classificar os fornecedores de leite de uma indústria de laticínios, através da utilização de ferramentas estatísticas.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Construir um indicador de qualidade, considerando as especificações físico-químicas;
- Comparar as rotas de coleta quanto à qualidade do leite fornecido em cada estação do ano;
- Construir gráficos de controle para a fração de não-conformes, para avaliar a qualidade do leite produzido em cada estação do ano;
- Criar um índice baseado em análise fatorial para classificar os fornecedores de acordo com as variáveis observadas na matéria-prima entregue em cada estação;
- Propor subsídios para a indústria gerenciar seu processo de negócios, tendo por base os resultados encontrados.

## 1.2 Justificativa

O setor leiteiro possui grande importância econômica dentro do agronegócio brasileiro. Neste contexto, a intensa competição dentro do mercado tem revelado que a qualidade dos produtos é a chave para o sucesso das indústrias. Assim, a busca por esse sucesso depende do planejamento adequado de todo o processo de produção, prezando pela qualidade desde a aquisição da matéria-prima.

Desse modo, o conhecimento das características do produto recebido é o primeiro aspecto a ser considerado, pois o objetivo da indústria é adquirir

matéria-prima de qualidade, que esteja em conformidade com as especificações estabelecidas pelo setor leiteiro.

Contudo, um dos problemas encontrados é a definição de um conjunto de técnicas que possa classificar os fornecedores segundo a qualidade e a adequação da matéria-prima entregue.

Na busca por suprir as dificuldades em determinar uma classificação dos fornecedores da usina em estudo, é que se desenvolve o presente trabalho. Através da contemplação dos objetivos propostos neste estudo, busca-se fornecer subsídios para a indústria determinar quantitativamente o desempenho dos fornecedores e poder monitorar ao longo do tempo a evolução da qualidade da matéria-prima entregue.

Assim, espera-se que esta pesquisa contribua para a melhoria da qualidade do processo de produção de leite, revelando os aspectos sobre a qualidade da matéria-prima tanto para os fornecedores quanto para a usina.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

Esta pesquisa está estruturada em seis capítulos. Neste primeiro capítulo estão expostos os objetivos da pesquisa e sua justificativa.

No segundo capítulo, está definida a metodologia de pesquisa a ser utilizada.

No Capítulo 3, apresenta-se uma revisão de literatura sobre o leite e sua qualidade. Dá-se ênfase à descrição dos estabelecimentos de leite, à composição do leite, regulamentação e inspeção do leite, aspectos gerenciais da qualidade e avaliação da qualidade.

No Capítulo 4, apresenta-se a revisão de literatura sobre as técnicas estatísticas a serem desenvolvidas para alcançar os objetivos propostos. São descritos a análise exploratória de dados, os métodos não-paramétricos, o controle estatístico de processo (CEP) e a análise multivariada.

No Capítulo 5, são desenvolvidas as técnicas propostas no estudo e desenvolvidas discussões sobre os resultados obtidos.

Por fim, no Capítulo 6, apresentam-se as conclusões com as devidas considerações.

## **2 METODOLOGIA DA PESQUISA**

No desenvolvimento de uma pesquisa, utilizam-se várias técnicas que permitem o andamento dos estudos em suas várias etapas. Nesse aspecto, a pesquisa pode ser entendida como voltada à solução de problemas, composto de busca, indagação, investigação, permitindo a elaboração de um conjunto de conhecimentos, que auxiliam na compreensão dos fenômenos (PADUA, 2000).

Segundo Marconi e Lakatos (2005), a pesquisa é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.

De acordo com Miguel (2007), o objetivo estabelece a ação a ser conduzida e deve, portanto, ser fator determinante na escolha da abordagem metodológica.

O método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais, o qual, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do pesquisador (MARCONI; LAKATOS, 2005). Para Inácio Filho (2004), metodologia consiste em um conjunto de procedimentos e técnicas utilizadas no processo de investigação, incluindo os aspectos relacionados a como fazer a pesquisa.

Para que se busque então atingir os objetivos da pesquisa, o trabalho deve ser conduzido de forma correta, com o rigor metodológico necessário. Assim, faz-se necessário definir os métodos e técnicas para a coleta dos dados e fazer um planejamento para a condução da pesquisa (MIGUEL, 2007), os quais são especificados nos itens a seguir.

### **2.1 Pesquisa desenvolvida**

O desenvolvimento do presente trabalho constitui-se, num primeiro momento, de pesquisa bibliográfica, na qual se busca embasamento teórico consistente sobre o tema em pesquisa, tanto para um maior aprofundamento no referencial teórico, quanto para balizar as discussões referentes aos resultados atingidos na presente pesquisa. A pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, e tem por objetivo colocar o pesquisador em contato

direto com tudo que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto (MARCONI; LAKATOS, 2005).

A pesquisa bibliográfica disponibiliza referencial capaz de servir de base para a delimitação do tema e para a preparação do texto a ser elaborado. Conforme Miguel (2007, p. 222), “o referencial teórico serve para delimitar as fronteiras do que será investigado, proporcionar o suporte teórico para a pesquisa e também explicitar o grau de evolução sobre o tema estudado”.

Como segunda abordagem, o trabalho constitui-se de pesquisa estudo de caso, em que se desenvolve um estudo aprofundado dos aspectos relacionados à avaliação da qualidade do leite fornecido a uma indústria de laticínios. O problema exige uma abordagem de cunho descritivo, envolvendo variáveis de natureza quantitativa, sendo definidas como variáveis físico-químicas observadas na matéria-prima.

A pesquisa definida como estudo de caso é uma investigação detalhada e aprofundada de um ou mais casos, com o objetivo de aumentar os conhecimentos sobre o assunto e provocar futuras investigações. Para Trivinos (2001) e Thomas e Nelson (2002), no estudo de caso, o pesquisador esforça-se por uma análise aprofundada de uma única situação.

De acordo com Yin (2006), o estudo de caso é uma investigação empírica que estuda um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Segundo Thomas e Nelson (2002), um estudo de caso descritivo apresenta uma descrição detalhada dos fenômenos, mas não tenta testar ou construir modelos teóricos. A abordagem descritiva permite identificar a maneira pela qual as variáveis caracterizam os casos, permitindo, assim, definir perfis de casos.

Assim, a presente pesquisa se desenvolve com a utilização conjunta de fundamentações teóricas existentes para a discussão do problema, encontradas através da pesquisa bibliográfica e de técnicas e procedimentos adequados para a abordagem de estudo de caso.

## **2.2 Delimitação do tema**

A presente pesquisa propõe um estudo sobre o relacionamento de variáveis quantitativas advindas de análises laboratoriais de amostras de matéria-prima fornecida com o intuito de avaliar a qualidade das mesmas e também classificar os fornecedores.

Para análise dos dados, foram utilizadas técnicas estatísticas de análise exploratória de dados, métodos não-paramétricos, controle estatístico de processos (CEP) e análise multivariada.

A análise exploratória de dados foi utilizada para avaliar a consistência dos dados coletados e verificar seu comportamento quanto à variabilidade e normalidade.

Os métodos não-paramétricos serviram para comparar períodos e rotas de coleta quanto ao comportamento das variáveis em estudo.

A metodologia de CEP foi utilizada através da construção de gráficos de controle para atributos.

Na criação do índice proposto, foi utilizada a análise multivariada, aplicando-se a técnica de análise fatorial.

## **2.3 Coleta e tratamento dos dados**

Conforme Thomas e Nelson (2002, p. 295), “o estudo de caso é muito flexível em relação à quantidade e ao tipo de dados que são reunidos, como também, quanto aos procedimentos utilizados na coleta dos dados”.

Nesta pesquisa, os dados utilizados foram oriundos da Usina Escola de Laticínios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A usina possui metodologia própria para a coleta de amostras de matéria-prima junto aos fornecedores e posterior análise em laboratório.

Desse modo, os dados foram coletados do setor de produção da usina em forma de planilhas do software Excel.

Foram consideradas 2902 amostras coletadas no período de agosto de 2007 a março de 2008, caracterizando as estações do inverno, primavera e verão. Foi

considerado este período devido a melhor qualidade das informações contidas nas planilhas.

Foram consideradas três rotas de coleta do leite realizadas pela usina, denominadas de rota 1, rota 2 e rota 3. A rota 1 é composta de 13 fornecedores dos quais foram coletadas 451 amostras. A rota 2 é composta de 35 fornecedores com 1218 amostras. Já a rota 3, possui 35 fornecedores com 1233 amostras analisadas.

As variáveis consideradas na análise foram as seguintes: Acidez (°D); Água Excedente (%); Gordura (%); Densidade (g/mL); Lactose (%) e Proteínas (%).

Os parâmetros de qualidade utilizados para a análise destas variáveis estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificações de qualidade para as variáveis físico-químicas consideradas no estudo.

Variável	Especificações
ACIDEZ	13 a 18°D *
AGUA	0 a 3% **
GORDURA	Mínimo de 3%
DENSIDADE	Entre 1028 e 1034g/mL
LACTOSE	Mínimo de 4,3%
PROTEINA	Mínimo de 2,9%

\* Neste caso optou-se por considerar adequado o leite que apresentou acidez entre 13 e 18°D.

\*\* Para a água excedente tomaram-se por base os limites de especificação entre 0 e 3%.

Para proceder à aplicação das técnicas estatísticas, os dados foram tabulados no formato adequado.

A seguir são definidos os procedimentos de análise utilizados.

## 2.4 Procedimentos de análise dos dados

Após tabulação dos dados, procedeu-se à análise dos mesmos com o auxílio da análise exploratória de dados. Nessa etapa foi avaliada a consistência e verificação do comportamento dos dados quanto à variabilidade e normalidade.

Num segundo momento, houve a separação em dois procedimentos distintos de análise dos dados.

No primeiro, foi avaliada a qualidade do leite com base na determinação da acidez.

Foram comparadas as rotas de coleta do leite e avaliados os fornecedores em cada estação do ano.

Nessa fase foram utilizados os procedimentos de análise de variância de Kruskal-Wallis, teste U de Mann-Whitney e teste do Qui-quadrado. Além disso, foi construído um indicador de qualidade e gráficos de controle para a fração de lotes de leite não-conformes.

No segundo procedimento, foram consideradas as amostras satisfatórias em relação à acidez. Nessas amostras foram consideradas as demais variáveis físico-químicas e assim se realizam os procedimentos do mesmo modo que na primeira etapa.

Porém aqui foi construído um índice com base em análise fatorial para a classificação dos fornecedores com base na qualidade do leite fornecido.

Por fim, verificou-se o comportamento dos fornecedores no decorrer dos períodos considerados, comparando-se os desempenhos no índice.

Para a aplicação das técnicas e desenvolvimento do estudo, utilizaram-se os *softwares SAS 8.2 e Statistica 7.1* como ferramentas auxiliares.

A Figura 1 apresenta o fluxograma com as etapas de análise seguidas nesta pesquisa.

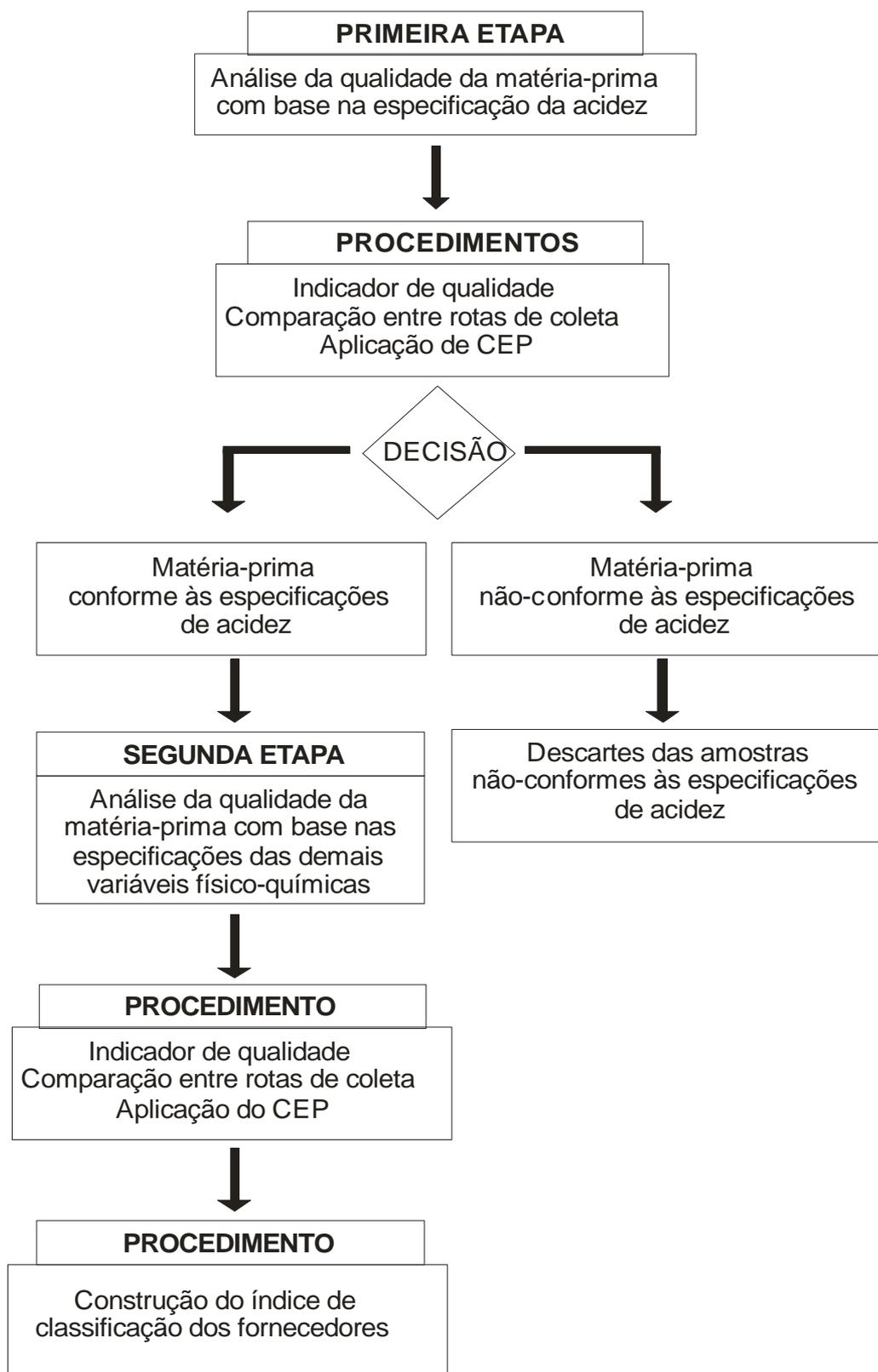


Figura 1 – Fluxograma com as etapas de análise seguidas na presente pesquisa.

## **2.5 Limitação do estudo**

A primeira limitação desta pesquisa foi a utilização de dados já coletados pela usina, ou seja, não se teve possibilidade de acompanhar o processo de amostragem e coleta dos dados para análise.

Uma segunda limitação foi o número reduzido de variáveis analisadas referentes aos aspectos qualitativos da matéria-prima.

Uma gama maior de variáveis poderia contribuir e aumentar a qualidade da presente pesquisa.

Além disso, a estação do outono não foi considerada devido a problemas com a qualidade das informações coletadas nesse período.

## **2.6 Síntese do capítulo**

Neste capítulo, foi realizada a explanação dos métodos de pesquisa a serem utilizados para desenvolvimento do presente estudo, dando ênfase à delimitação do tema, coleta e procedimentos de análise dos dados.

No capítulo seguinte, desenvolver-se-á a discussão sobre o leite e sua qualidade.

### **3 O LEITE E SUA QUALIDADE**

Neste capítulo, é apresentada a revisão de literatura abordando os aspectos referentes ao leite, sua composição, regulamentação, inspeção e qualidade.

#### **3.1 Estabelecimentos de leite e derivados**

Conforme o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (BRASIL, 1980), os estabelecimentos de leite e derivados são classificados em:

- Propriedades rurais, compreendendo:
  - Fazendas leiteiras;
  - Estábulos leiteiros; e
  - Granjas leiteiras.
- Postos de leite e derivados, compreendendo:
  - Postos de recebimento;
  - Postos de refrigeração;
  - Postos de coagulação; e
  - Queijarias.
- Estabelecimentos industriais, compreendendo:
  - Usinas de beneficiamento;
  - Fábrica de laticínios;
  - Entrepostos – usinas;
  - Entrepostos de laticínios.

Entendem-se por propriedades rurais os estabelecimentos produtores de leite para qualquer finalidade comercial, a saber:

- Fazenda leiteira considera-se o estabelecimento localizado, via de regra, em zona rural, destinado à produção do leite para consumo em natureza do Tipo C e para fins industriais;
- Estábulo leiteiro é o estabelecimento localizado em zona rural ou suburbana, de preferência destinado à produção e refrigeração de leite para consumo em natureza, do Tipo B;

- Granja leiteira definida como o estabelecimento destinado à produção, refrigeração, pasteurização, e engarrafamento para consumo em natureza, de leite Tipo A.

Em se tratando do gado leiteiro, o RIISPOA determina que o rebanho seja mantido sob controle veterinário permanente nos estabelecimentos produtores de leite dos Tipos A e B e periódico nos demais. Além disso, estipula que somente vacas sadias podem ser utilizadas na produção de leite para consumo humano e industrialização.

Em relação aos estabelecimentos industriais, entende-se que são os destinados ao recebimento de leite e seus derivados para beneficiamento, manipulação, conservação, fabricação, maturação, embalagem, acondicionamento, rotulagem e expedição, como:

- Usina de beneficiamento é o estabelecimento que tem por fim principal receber, filtrar, beneficiar e acondicionar higienicamente o leite destinado diretamente ao consumo público ou a entrepostos – usina;

- Fábrica de laticínios é o estabelecimento destinado ao recebimento de leite e de creme, para o preparo de quaisquer produtos de laticínios;

- Entrepasto-usina é o estabelecimento localizado em centros de consumo, dotado de aparelhagem moderna e mantido em nível técnico elevado para recebimento de leite e creme, e dotado de dependências para industrialização que satisfaçam às exigências do RIISPOA, previstas para a fábrica de laticínios;

- Entrepasto de laticínios é o estabelecimento destinado ao recebimento, maturação, classificação e acondicionamento de produtos lácteos, excluído o leite em natureza.

A industrialização do leite pode ser considerada como o processo de torná-lo sem contaminações, pela eliminação de sujidades, através da filtração e centrifugação, e pela eliminação de microorganismos, através do tratamento térmico, proporcionando condições para o consumo ou processamento para obtenção de derivados (NOAL, 2006).

A Figura 2 mostra o fluxo do processo para envase de leite fluido ou produção de derivados lácteos.



Figura 2 – Fluxo do processo de envase de leite fluido ou produção de produtos derivados.  
 Fonte: Adaptado de Noal (2006).

Segundo Vilela, Bressan e Cunha (2001), no Brasil existem dois tipos de mercados lácteos, ambos de grande expressão econômica, conhecidos como formal e informal. A comercialização no mercado formal é feita por meio de cooperativas ou indústrias particulares que, em geral, são fiscalizadas, tanto no controle de qualidade quanto no recolhimento de impostos. Os informais não passam por tal fiscalização.

Segundo Varnam e Sutherland (1995, p.45), “leites fluidos são os alimentos lácteos mais importantes e geralmente seu mercado tem prioridade sobre os de fabricação dos demais produtos como leite em pó ou queijos”.

A seguir apresenta-se uma discussão sobre a composição do leite e sua qualidade.

### 3.2 Composição do leite

O leite é considerado o mais nobre dos alimentos, dada sua composição rica em proteínas, gordura, carboidratos, sais minerais e vitaminas (NOAL, 2006). Para

Silva (1999), o leite é um produto básico na alimentação humana, principalmente para crianças e idosos que necessitam da rica fonte nutricional que possui. Industrializado, o leite se apresenta em diversos tipos de produtos para consumo, devidamente controlados por normas de inspeção industrial e sanitária (TRONCO, 2008).

Segundo Krolow e Ribeiro (2006), o leite é o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas. Do ponto de vista físico-químico, o leite é uma mistura homogênea de grande número de substâncias, como lactose, glicerídeos, proteínas, sais, vitaminas, enzimas, etc. (PEREDA et al, 2005).

Em se tratando de leite normal, o artigo 476 do RIISPOA considera que o leite é aquele que apresenta:

- Teor de gordura mínima igual a 3%;
- Acidez entre 15 e 20°D;
- Densidade a 15°C, entre 1028g/cm<sup>3</sup> e 1033g/cm<sup>3</sup>;
- Lactose mínima de 4,3%;
- Extrato seco desengordurado mínimo igual a 8,5%;
- Extrato seco total mínimo de 11,5%;
- Índice crioscópico mínimo igual a -0,550°H; e
- Índice de refração não inferior a 37°Zeiss.

Essas especificações que definem o leite normal podem ser consideradas como parâmetros para verificar a qualidade do leite, pois se o produto está fora dessas especificações, já está com sua qualidade comprometida.

De acordo com Tronco (2008), entende-se a expressão extrato seco total como englobando os componentes do leite, exceto a água. Por extrato seco desengordurado, compreendem-se todos os elementos do leite, menos a água e a gordura.

A legislação atual classifica o leite cru, produzido nas fazendas, em três tipos: Tipo A, Tipo B e Tipo C.

Conforme Krolow e Ribeiro (2006), basicamente o que diferencia os tipos de leite diz respeito ao controle sanitário do rebanho, aos padrões de higiene da produção, à população microbiológica do leite, entre outros. Além disso, o leite Tipo A deve ser processado no próprio estabelecimento de produção, sem transporte.

Segundo Ansuj (2000), o leite Tipo A possui excelente qualidade microbiológica, podendo ser consumido em até 5 a 7 dias após a pasteurização. O leite Tipo B também é de qualidade microbiológica muito boa, porém sua durabilidade é um pouco mais curta do que a do Tipo A. E o leite Tipo C, de maior consumo, tem sua vida útil relativamente curta.

Porém, conforme Krolow e Ribeiro (2006), “o leite Tipo C está sendo substituído pelo leite pasteurizado que poderá ser classificado conforme o teor de gordura em: integral, padronizado a 3% m/m, semidesnatado ou desnatado e, quando o mesmo for homogeneizado, esse termo deverá constar na rotulagem do produto”.

Assim, são considerados, após alteração, os leites Tipo A, Tipo B e o leite Pasteurizado.

Em 2002, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu a Instrução Normativa 51 (IN 51) que se refere ao regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite Tipo A, do leite Tipo B, do leite Tipo C, do leite pasteurizado e do leite Cru Refrigerado e ao regulamento técnico da coleta do leite Cru Refrigerado e seu transporte a granel.

Segundo essa normativa, define-se como leite pasteurizado Tipo A o leite classificado quanto ao teor de gordura em integral, padronizado, semidesnatado ou desnatado, produzido, beneficiado e envasado em estabelecimento denominado Granja Leiteira, observadas as prescrições contidas na normativa.

A normativa identifica o leite Cru Refrigerado Tipo B como o leite integral quanto ao teor de gordura, refrigerado em propriedade rural produtora de leite e nela mantido pelo período máximo de 48h, em temperatura igual ou inferior a 4°C que deve ser atingido no máximo 3h após o término da ordenha, transportado para estabelecimento industrial, para ser processado, onde deve apresentar, no momento de seu recebimento, temperatura igual ou inferior a 7°C. O leite Pasteurizado Tipo B é o produto classificado como integral quanto ao teor de gordura, padronizado, semidesnatado ou desnatado, submetido à temperatura de 72 a 75°C durante 15 a 20 segundos, exclusivamente em equipamento de pasteurização a placas, seguindo-se resfriamento imediato em equipamento a placas até temperatura igual ou inferior a 4°C e envase no menor tempo possível, sob condições que minimizem contaminações.

Entende-se por leite Cru Tipo C o produto não submetido a qualquer tipo de tratamento térmico na fazenda leiteira onde foi produzido e integral quanto ao teor de gordura, transportado em vasilhame adequado e individual de capacidade de até 50 litros e entregue em estabelecimento industrial adequado até as 10h do dia de sua obtenção. Entende-se por leite Cru Refrigerado Tipo C o produto não submetido a qualquer tipo de tratamento térmico na fazenda leiteira onde foi produzido e integral quanto ao teor de gordura, transportado em vasilhame adequado e individual de capacidade de até 50 litros, após ser entregue em temperatura ambiente até as 10h do dia de sua obtenção, em posto de refrigeração de leite ou estabelecimento industrial adequado e nele ser refrigerado e mantido em temperatura igual ou inferior a 4°C.

O leite Pasteurizado Tipo C é identificado como integral quanto ao teor de gordura, padronizado a 3% m/m (massa por massa), semidesnatado ou desnatado, submetido a temperatura de 72 a 75°C durante 15 a 20 segundos, em equipamento de pasteurização a placas.

A Instrução Normativa 51 ainda identifica o leite Cru Refrigerado e o leite Pasteurizado.

A Tabela 2 apresenta os padrões mínimos de composição química do leite de acordo com a Instrução Normativa 51. Salienta-se que esses padrões valem para todos os tipos de leite.

Tabela 2 – Padrões mínimos de composição química do leite de acordo com a Instrução Normativa 51.

Item	Requisito
Gordura	Mínimo igual a 3,0%
Proteína bruta	Mínimo igual a 2,9%
Sólidos não gordurosos	Mínimo igual a 8,4%

Em relação aos padrões físicos, a IN 51 estipula, independentemente do tipo de leite, o exposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Padrões físicos normais do leite de acordo com a Instrução Normativa 51.

Item	Requisito
Acidez	Entre 14 e 18°Dornic
Densidade a 15°C	Entre 1028 e 1034g/mL
Crioscopia	Máxima igual a -0,530°H
Estabilidade Alizarol / Álcool 72%	Estável

A IN 51 foi criada pela necessidade de complementar e atualizar o RIISPOA às condições atuais.

O leite é um produto altamente perecível, por isso, segundo Ansuji (2000), uma das preocupações, logo após a sua obtenção, é submetê-lo o mais rápido possível a algum processo que evite a multiplicação dos microorganismos existentes.

Segundo Krolow e Ribeiro (2006), o leite possui poucos microorganismos no momento em que é ordenhado da vaca e pode ser posteriormente contaminado por seu manuseio e processamento. Várias são as espécies de microorganismos que provocam alterações no leite, tais como degradação de gordura, de proteínas ou de carboidratos, o que torna o produto inaceitável para o consumo.

A boa qualidade do leite destinado ao consumo humano é fator de suma importância, “visto que o mesmo é considerado uma das principais fontes de nutrientes para uma grande parte da população” (KROLOW; RIBEIRO, 2006, p. 14).

O leite é um alimento de alto valor nutritivo em um meio aquoso, capaz de suprir as exigências tanto do homem quanto dos animais (SILVA, 1999). Sua composição nutricional pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição nutricional do leite.

Componente	Percentual (%)
Água	87,5
Gordura	3,6
Caseína (Proteína)	3,0
Albumina (Proteína)	0,6
Lactose	4,6
Sais Minerais	0,7

Fonte: Adaptado de Silva (1999).

Segundo Ansuji (2000), no leite, os teores de alguns componentes variam expressivamente, como gordura e proteína, enquanto outros, como a lactose e os minerais, variam em menor proporção.

De acordo com Pereda et al. (2005), a gordura é o componente que mais varia, com concentração oscilando entre 3,2 e 6%.

Para Varnam e Sutherland (1995), muitos dos compostos que contribuem para o aroma e sabor do leite derivam da gordura. Porém, é preciso ter cuidado com a gordura do leite, pois segundo Belchior (2003), pouca gordura e muita proteína são as características procuradas pelos consumidores nos alimentos. Soares, Machado

e Fonseca (2002) também tomam cuidado com o componente gordura, pois relatam que, nos últimos anos, o público em geral tem-se preocupado com o excesso de ingestão de calorias e de gorduras.

As proteínas têm papel nutritivo, mas também se destacam por possuir propriedades que permitem a aplicação de operações tecnológicas, como a esterilização, sem modificar de forma significativa o valor nutritivo e as propriedades sensoriais do leite (PEREDA et al., 2005).

Segundo Varnam e Sutherland (1995), as proteínas do leite são de dois tipos, proteínas do soro e caseínas, estas constituindo mais de 80% das proteínas totais do leite.

De acordo com Madalena (2000), a gordura e a proteína são os componentes do leite que possuem maior valor econômico.

Para Varnam e Sutherland (1995), a lactose é o principal constituinte sólido do leite. Sua concentração varia entre 4,2 e 5%, o conteúdo da lactose geralmente é mais baixo ao final da lactação e no leite de animais com mastite. Ainda, segundo os autores, a lactose influencia na diminuição do ponto de congelamento e no aumento do ponto de ebulição.

Em se tratando de aspectos físicos do leite, segundo Vilela, Bressan e Cunha (2001), a acidez decorre de más condições de higiene e da conservação do leite à temperatura ambiente até a chegada à usina. Segundo os autores, calcula-se que haja perda diária de 2% do leite entregue na usina devido à acidez.

Conforme Figueiredo e Porto (2002, p.76), “a acidez superior à normal é proveniente da acidificação do leite pelo desdobramento da lactose, provocada por ação microbiológica”. Ela tende a aumentar consideravelmente, se o leite não for adequadamente manipulado e mantido refrigerado.

Para Machado et al. (1998 apud ANSUJ, 2000), diversos fatores podem alterar a composição do leite, como genética, ambiente, idade do animal, estágio de lactação, manejo de ordenha, sanidade, nutrição e doenças metabólicas. Porém, questões de manejo podem ser melhoradas para que se tenha um produto de melhor qualidade.

### 3.3 Regulamentação e inspeção do leite

Conforme Roberto, Lima e Brandão (2001), o interesse na segurança e na qualidade dos alimentos tem aumentado nas últimas décadas. Esse interesse, segundo Zylbersztajn e Neves (2000), é proveniente de alguns fatores como: a crescente preocupação e conscientização por parte do consumidor; o crescimento da introdução de novos produtos e processos; e o acirramento da concorrência.

De acordo com Silva (1999), segurança e qualidade são dimensões inseparáveis em todas as fases da cadeia alimentar, tornando-se assim um grande desafio para uma indústria de beneficiamento de leite manter padrões de qualidade e atender à legislação vigente na fabricação e distribuição dos produtos.

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), que normatiza a inspeção do leite, estabelece, em seu artigo 482, que é obrigatória a produção de leite em condições de higiene desde a fonte de origem, seja qual for a quantidade produzida e seu aproveitamento.

Na etapa de recebimento da matéria-prima, é necessário muito cuidado com os fatores que podem interferir na qualidade do produto. De acordo com Brasil (2004), a recepção das matérias-primas, dos ingredientes e das embalagens deve ser realizada em área protegida e limpa, evitando, também, que esses insumos contaminem o alimento preparado. Além disso, determina que as matérias-primas, os ingredientes e as embalagens devem ser armazenados em local limpo e organizado, de forma a garantir proteção contra contaminantes.

Para Valsechi (2001), matéria-prima alimentar é definida como toda a substância de origem vegetal, animal ou mineral, em estado bruto, que para ser utilizada como alimento, precisa sofrer um tratamento e/ou transformação de natureza química, física ou biológica. Nesse caso a matéria-prima é definida como o leite fornecido pelo produtor à usina de laticínios para posterior processamento industrial.

Conforme Noal (2006), as indústrias de laticínios que possuem alimentos altamente perecíveis, precisam, cada vez mais, implementar programas de qualidade ao longo do sistema produtivo, e não apenas em uma etapa de produção.

Porém, para Silva (1999), o desafio de obter e manter a qualidade do leite é muito grande, pois é necessário que já na fazenda se tenha cuidado com a saúde do

rebanho, higiene dos ordenhadores e utensílios utilizados, boas condições higiênic-sanitárias do local, etc. Para Figueiredo e Porto (2002), produtores e processadores de leite são responsáveis pelo contínuo monitoramento da produção e industrialização dos produtos lácteos.

Assim, o enfoque na etapa de produção na propriedade rural é fundamental para garantir a qualidade do produto final. Porém, a busca pela qualidade da matéria-prima passa pela garantia do fornecimento de leite dentro das especificações exigidas.

### **3.4 Aspectos gerenciais da qualidade**

De acordo com Contador (2004), o desempenho das empresas, para atingir seus objetivos a longo prazo, depende de uma série de características de atuação, tais como flexibilidade, agilidade, produtividade e qualidade.

Para Ballestero-Alvez (2001), o que se percebe é que a sobrevivência das organizações é função direta da produtividade e da qualidade que a empresa tenha condições de assumir.

No que tange à qualidade, pode-se percebê-la como um conjunto de características adequadas que um produto deve apresentar. Para Paladini (1995), a gestão da qualidade no processo tem por objetivo a eliminação completa de perdas.

Nessa linha tem-se a busca pela adequação do produto ao seu uso de destino. A estratégia consiste em atentar a algumas etapas: a eliminação de perdas, a eliminação das causas das perdas e a otimização do processo (PALADINI, 1995). É possível destacar na primeira etapa as tarefas de eliminação de defeitos e redução de erros com diminuição dos custos. Já na segunda etapa passa-se ao estudo das causas dos defeitos e controles estatísticos dos defeitos.

Essas tarefas devem ser utilizadas para avaliar a qualidade da matéria-prima adquirida pela indústria, pois, segundo Noal (2006), a qualidade começa na matéria-prima, junto ao produtor, passa pelo processo industrial e termina no produto final.

Segundo Vilela, Bressan e Cunha (2001), a qualidade da matéria-prima é um dos maiores entraves ao desenvolvimento e consolidação da indústria de laticínios, pois, se o leite chega à plataforma em condições não ideais, problemas ocorrerão em todas as fases do processamento industrial.

De acordo com Zylbersztajn e Neves (2000) e Noal (2006), as companhias mudaram o foco de atenção que estava baseado na qualidade do produto final, buscando a cooperação e coordenação de todos os envolvidos no sistema, tanto na obtenção da matéria-prima quanto no processamento e distribuição.

Conforme Vilela, Bressan e Cunha (2001), as empresas estão direcionando seus esforços no sentido de melhorar a qualidade da matéria-prima, revelando preocupação com a saúde do consumidor, o que faz da qualidade um vetor de competitividade para o setor como um todo.

A baixa qualidade da matéria-prima exerce as seguintes influências na indústria (VILELA; BRESSAN; CUNHA, 2001):

- Ocorrem perdas em consequência da gelificação e coagulação. Além disso, há aumento nos custos de higienização pela necessidade de limpezas mais freqüentes;
- A produtividade na produção de queijo tem queda estimada de cerca de 5%, principalmente pela maior contagem de células somáticas (CCS);
- Os produtos lácteos brasileiros têm um tempo de prateleira bastante curto, quando comparado com similares de países desenvolvidos.

Conforme Castro, Fontes e Brandão (2003), a avaliação quantitativa de componentes do leite antes do seu processamento é importante para manter a garantia da qualidade e da produtividade de indústrias de laticínios bem controladas. Para Figueiredo e Porto (2002), a qualidade final dos produtos lácteos é consequência da qualidade da matéria-prima que chega às plataformas de recepção.

Assim, a qualidade de um produto pode ser avaliada de várias maneiras. Uma delas é a dimensão definida como a conformidade com as especificações. Nesse caso, o produto só apresenta qualidade se estiver dentro das especificações preestabelecidas.

As características de qualidade são, quase sempre, avaliadas em relação a especificações. Se a característica da qualidade estiver em um intervalo de valores nominais, não causará impacto na função ou desempenho do produto (MONTGOMERY, 2004).

O maior valor permitido para uma característica de qualidade é chamado limite superior de especificação (LSE), e o menor valor permitido é denominado de

limite inferior de especificação (LIE) (MONTGOMERY, 2004). Algumas características da qualidade podem ter apenas um dos dois limites.

Conforme Leal (2002) e Santos (2003), a qualidade da matéria-prima e dos produtos lácteos tem melhorado nos últimos anos. Contudo, a avaliação da conformidade da matéria-prima às especificações de qualidade é tarefa que deve ser praticada continuamente. Segundo Figueiredo e Porto (2002), parâmetros da qualidade do leite são cada vez mais usados para detectar problemas com as práticas de produção e determinar o valor do leite.

De acordo com Brasil (2004), as matérias-primas devem ser submetidas à inspeção e aprovadas na recepção, sendo que as embalagens primárias das matérias-primas devem estar íntegras.

O controle do material recebido deve servir para verificar se os materiais têm qualidade apropriada para disponibilidade de uso durante a fabricação do produto (FEIGENBAUM, 1994).

Para Machado et al. (1998 apud ANSUJ, 2000), a composição do leite é importante para a determinação da sua qualidade. Segundo Monardes (1998 apud FIGUEIREDO; PORTO, 2002), os principais elementos que definem a qualidade do leite são gordura, proteína e lactose; as células somáticas; a contagem bacteriana; a adulteração por água, resíduos e antibióticos; as qualidades organolépticas e a temperatura.

Santos (2003) comenta que as indústrias de laticínios podem utilizar dados oriundos de análises para:

- Conhecer e monitorar a qualidade da matéria-prima e direcionar o leite recebido para a elaboração de determinados produtos;
- Orientar o pagamento por qualidade, com base em parâmetros adequados, confiáveis e independentes;
- Orientar políticas de assistência técnica no sentido de melhorar a produção de leite de seus fornecedores;
- Identificar desvios ou problemas em rebanhos que demandam assistência imediata.

Para a realização da avaliação da qualidade do leite no que diz respeito às características físico-químicas, existem testes específicos para cada uma das características. Essas análises são referentes à determinação da acidez, do teor de

gordura, densidade, lactose e determinação das proteínas. Mais detalhes podem ser vistos em Tronco (2008).

### 3.4.1 Avaliação da qualidade

Para Noal (2006), a preocupação com o produto na etapa que antecede a fabricação, deve criar uma metodologia para gerenciamento dos produtores, aumentando o padrão de qualidade do leite na propriedade rural, agregando valor ao produto e, conseqüentemente, melhorando a qualidade do produto final. Porém, para que esse gerenciamento seja feito de forma eficiente e eficaz, é necessário definir quais parâmetros devem ser usados para definir um bom fornecedor.

Em estudo realizado em indústria de manufatura OKP (*One-of-a-kind product*), Rosa, Sellitto e Mendes (2006), avaliaram o desempenho de fornecedores críticos segundo critérios priorizados, e separaram os fornecedores em aglomerados, segundo o desempenho avaliado.

No caso de indústrias de laticínios, uma opção é utilizar as especificações de qualidade do leite como um critério para avaliar os fornecedores de leite da indústria. Com os resultados das análises realizadas nas amostras de matéria-prima, é possível verificar algumas características que podem ser usadas como parâmetro para determinar a qualidade do produto.

Vários estudos foram realizados com o objetivo de avaliar a qualidade do leite. Noro et al. (2006) avaliaram os efeitos de fatores ambientais sobre a produção de leite, a concentração de proteína, gordura e lactose e a contagem de células somáticas. Também Zocche et al. (2002) realizaram estudo para avaliar a qualidade microbiológica e físico-química de leites pasteurizados, comparando os resultados microbiológicos e físico-químicos com os padrões da legislação. Nos resultados, concluíram que as características físico-químicas tiveram desempenho insatisfatório.

Nesses trabalhos, os parâmetros físico-químicos estiveram presentes, representando indicadores importantes na avaliação e determinação da qualidade do leite produzido.

Conforme Noro et al. (2006), os parâmetros de qualidade (componentes do leite) são cada vez mais usados tanto para detectar falhas nas práticas de manejo, quanto para valorização da matéria-prima.

De acordo com Oliveira (2006), quem recebe o produto ou serviço deve ser mais exigente, estabelecendo parâmetros de qualidade a serem seguidos. Esses parâmetros, baseados nas características do produto, refletem as condições de produção e conservação na fazenda, denotando uma avaliação de todo o sistema de produção desempenhado pelo fornecedor.

Além de contribuir para a avaliação dos fornecedores, os resultados das análises da matéria-prima também podem ser usados como parâmetro para direcionar o processo de produção. Segundo Silva (1999), as condições preliminares do leite, como: acidez, temperatura, condições microbiológicas e físico-químicas, resultantes dos testes laboratoriais, determinam o que será produzido com ele.

Além disso, Varnam & Sutherland (1995) comentam que uma característica comum ao sistema de comercialização do leite em muitos países é que o pagamento do leite se realiza de acordo com a qualidade em função de sua composição.

Uma alternativa para avaliar a qualidade do leite é a utilização de um indicador com base nas especificações estabelecidas.

Nesse tipo de avaliação, ressalta-se a utilização dos conceitos de qualidade, que facilitam através da aplicação de ferramentas a aquisição de dados, a tomada de decisão e conseqüentemente o aumento de produtividade de maneira simples, rápida e eficaz (GOMES, 2005).

A aplicação de métodos quantitativos, sobretudo àqueles com base estatística, criou o que se pode chamar de efetiva avaliação da qualidade (CARVALHO, 2005).

Indicadores quantitativos podem ser entendidos como informações bem-estruturadas que avaliam fatores importantes de produtos ou serviços.

De acordo com Carvalho (2005), na aplicação de indicadores verifica-se que são expressos em números, representando mensurações e a avaliação da qualidade é feita por quem consome o produto e não por quem o produz.

### **3.5 Síntese do capítulo**

Neste capítulo, foram relatados os principais aspectos sobre o leite e sua qualidade, dando suporte para as discussões a serem desenvolvidas no capítulo 5.

Neste sentido, destacam-se os aspectos sobre composição, regulamentação e inspeção do leite e os aspectos gerenciais sobre a avaliação da qualidade.

No próximo capítulo será apresentada a revisão de literatura sobre métodos estatísticos a serem utilizados para alcançar os objetivos propostos para a presente pesquisa.

## **4 MÉTODOS ESTATÍSTICOS**

A seguir são abordadas as técnicas estatísticas utilizadas na análise dos dados da presente pesquisa.

### **4.1 Análise exploratória de dados**

De acordo com Murteira e Black (1983), quem pretende tomar decisões ou efetuar estudos começa normalmente por recolher os fatos que lhe parecem relevantes. Ainda, segundo os autores, a acepção mais importante é a de que a estatística se refere a instrumentos apropriados para recolher, classificar, apresentar e interpretar conjuntos de dados numéricos.

Bussab e Morettin (2002) comentam a necessidade de trabalhar os dados para transformá-los em informações, para compará-los com outros resultados, ou ainda para julgar sua adequação a alguma teoria.

Após a etapa de coleta dos dados, é fundamental realizar-se uma análise da consistência e do comportamento dos mesmos de modo a verificar sua adequação aos procedimentos de análise posteriores.

A análise inicial dos dados pode ser realizada através da aplicação de medidas descritivas e de gráficos que mostram de forma mais fácil como os dados se comportam. Um dos gráficos mais usados é o Box Plot (FONSECA; MARTINS, 1996; BUSSAB; MORETTIN, 2002). Segundo Bussab e Morettin (2002), o Box Plot dá uma idéia da posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes.

Além da análise inicial dos dados com base em gráficos e medidas descritivas, é necessário realizar um teste para verificação da normalidade dos dados. Esse teste possibilita base para optar por procedimentos paramétricos ou não-paramétricos de análise posteriores.

#### **4.1.1 Teste de Kolmogorov-Smirnov**

O teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra é um teste de aderência. Ele determina se os escores em uma amostra podem ser pensados

razoavelmente como vindos de uma população que tem alguma distribuição teórica específica (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006). Nesta pesquisa o teste serve para verificar a hipótese de que os dados sigam distribuição normal.

#### 4.1.1.1 Formulação das hipóteses

As hipóteses a serem testadas são:

$H_0$ : Os dados seguem distribuição normal;

$H_1$ : Os dados não seguem distribuição normal.

#### 4.1.1.2 Determinação da estatística $D$

Como os dados podem ser organizados em classes, com base em um histograma, de modo a encontrar uma distribuição acumulada, também é possível converter as frequências acumuladas de cada classe em frequências relativas acumuladas ( $F_o(X_i)$ ). De posse dessas frequências relativas acumuladas, é necessário encontrar as frequências relativas acumuladas esperadas ( $F_e(X_i)$ ).

Após, calcula-se a estatística  $D$ , definida por:

$$D = \max |F_e(X_i) - F_o(X_i)| \quad (4.1)$$

com  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Para verificar as probabilidades associadas a  $D$ , deve-se consultar uma tabela específica para esse teste, que possui variações conforme o tamanho da amostra estudada. Mais detalhes podem ser encontrados em Siegel e Castellan Jr (2006).

#### 4.1.1.3 Regra de decisão sobre as hipóteses

Se a probabilidade associada a  $D$  for menor ou igual a  $\alpha$ , rejeita-se a hipótese  $H_0$ .

## 4.2 Métodos não-paramétricos

Para fins de comparação entre grupos de elementos quanto a características específicas de interesse, faz-se uso de métodos não-paramétricos.

Nesta pesquisa será utilizada a análise de variância de Kruskal-Wallis, o teste U de Mann-Whitney e o teste do Qui-quadrado.

### 4.2.1 Análise de variância de Kruskal-Wallis

Quando mais de dois grupos de amostras independentes são objeto de comparação, Kruskal e Wallis sugeriram um método para este fim, o qual é geralmente conhecido como o método de análise de variância de Kruskal-Wallis (RODRIGUES, 1976).

A análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis por postos é um teste extremamente útil para verificar se  $k$  amostras independentes provêm de populações diferentes. A questão é verificar se as diferenças entre as amostras significam genuínas diferenças entre as populações ou se elas representam apenas variações que seriam esperadas entre amostras aleatórias de uma mesma população (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

#### 4.2.1.1 Formulação das hipóteses

A técnica de Kruskal-Wallis testa a hipótese nula de que as  $k$  amostras provêm da mesma população ou de populações idênticas com a mesma mediana. Para especificar a hipótese nula e sua alternativa mais explicitamente, seja  $\theta_j$  a mediana para o  $j$ -ésimo grupo. Então se escrevem as hipóteses a serem testadas:

$$H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_k;$$

$$H_1: \theta_i \neq \theta_j \text{ para alguns grupos } i \text{ e } j.$$

Ou seja, se a hipótese alternativa for verdadeira, pelo menos dois grupos têm medianas diferentes entre si.

A variável dependente a ser estudada deve ser medida, no mínimo, em escala ordinal (BISQUERRA; SARRIERA; MARTINEZ, 2004).

#### 4.2.1.2 Determinação da estatística $H$

No cálculo do teste de Kruskal-Wallis, as  $n$  observações são substituídas por postos. Isto é, todos os escores de todas as  $k$  amostras são colocados juntos e organizados através de postos em uma única série. O menor valor é substituído pelo posto 1, o seguinte menor valor é substituído pelo posto 2 e o maior valor é substituído pelo posto  $n$ , em que  $n$  é o número total de observações independentes nas  $k$  amostras (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006). Caso haja empate entre escores, atribui-se o posto médio para esses escores (GONÇALVES, 2002).

Após a distribuição dos postos entre os valores, a soma originada por esses postos em cada amostra é encontrada. Dessas somas é possível encontrar o posto médio para cada amostra. De acordo com Siegel e Castellan Jr (2006), se as amostras são da mesma população ou de populações idênticas, os postos médios devem ser quase os mesmos.

O teste de Kruskal-Wallis trabalha com as diferenças entre os postos médios para determinar se elas são tão discrepantes que provavelmente não tenham vindo de amostras extraídas de uma mesma população.

A estatística do teste é denominada de  $H$ , tendo distribuição igual à do  $\chi^2$ , com graus de liberdade iguais ao número de tratamentos menos 1 (RODRIGUES, 1976).

Calcula-se a estatística pela expressão:

$$H = \left[ \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k n_j \bar{R}_j^2 \right] - 3(n+1) \quad (4.2)$$

em que  $k$  é o número de amostras,  $n_j$  é o número de casos na  $j$ -ésima amostra,  $n$  é o número de casos na amostra combinada (soma dos  $n_j$ 's) e  $\bar{R}_j$  é a média dos postos na  $j$ -ésima amostra.

Quando ocorrem empates entre dois ou mais escores, deve-se ter cuidado, pois a variância da distribuição amostral de  $H$  é influenciada por

empates. Para corrigir o efeito dos empates,  $H$  é calculado usando a seguinte correção (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006):

$$1 - \frac{\sum_{i=1}^g (t_i^3 - t_i)}{n^3 - n} \quad (4.3)$$

em que  $g$  é o número de agrupamentos de postos diferentes empatados,  $t_i$  é o número de postos empatados no  $i$ -ésimo agrupamento e  $n$  é o número de observações através de todas as amostras.

Assim, a nova expressão para  $H$  corrigida para empates é:

$$H = \frac{\left[ \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k n_j \bar{R}_j^2 \right] - 3(n+1)}{1 - \frac{\sum_{i=1}^g (t_i^3 - t_i)}{n^3 - n}} \quad (4.4)$$

O efeito da correção para empates é aumentar o valor de  $H$  e dessa forma tornar o resultado mais significativo do que seria se nenhuma correção tivesse sido feita (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

#### 4.2.1.3 Regra de decisão sobre as hipóteses

Se a probabilidade associada com o valor observado para  $H$  é igual ou menor do que o nível de significância  $\alpha$  preestabelecido, rejeita-se a hipótese  $H_0$ .

Desde que se verifiquem diferenças significativas entre  $k$  grupos através da análise de variância de Kruskal-Wallis, é interessante verificar quais desses  $k$  grupos diferem significativamente entre si. Para isso pode-se utilizar o teste U de Mann-Whitney, conforme o item 4.2.2.

#### 4.2.2 Teste U de Mann-Whitney

Desde que a variável dependente esteja medida em escala pelo menos ordinal, é possível aplicar a prova U de Mann-Whitney para comparar se dois grupos independentes foram ou não extraídos da mesma população (SIEGEL, 1975).

Este é um dos testes não-paramétricos mais poderosos, sendo uma alternativa para o teste paramétrico  $t$  quando se deseja evitar as suposições do teste  $t$  ou quando a mensuração é mais fraca do que uma dada na escala intervalar (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

#### 4.2.2.1 Formulação das hipóteses

Suponha-se que se tenham amostras de duas populações A e B. A hipótese nula é de que A e B possuem a mesma distribuição. A hipótese alternativa é que A é estocasticamente maior que B, ou pode-se estabelecer que B é estocasticamente maior que A (SIEGEL, 1975). Para uma prova bilateral, especifica-se que A e B são distintas.

Assim, as hipóteses a serem testadas são:

$H_0$ : População A = População B;

$H_1$ : População A  $\neq$  População B;

#### 4.2.2.2 Determinação da estatística $U$

Se dois grupos,  $n_1$  e  $n_2$ , são aleatoriamente constituídos e os valores da variável dependente ordenados do menor para o maior independentemente do grupo a que se referem, a estatística  $U$  será igual ao número de vezes em que um valor do grupo  $n_2$  precede um escore no grupo  $n_1$ , quando  $n_1$  é o grupo de referência (RODRIGUES, 1976).

Para valores razoavelmente grandes de  $n_1$  e  $n_2$ , o método para encontrar a estatística  $U$  pode ser determinado pela atribuição do posto 1 ao mais baixo escore do grupo combinado ( $n_1 + n_2$ ) de escores, o posto 2 ao escore seguinte e assim por diante (SIEGEL, 1975). Então:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (4.5)$$

ou, equivalentemente,

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (4.6)$$

em que  $R_1$  é a soma dos postos atribuídos ao grupo  $n_1$  e  $R_2$  é a soma dos postos atribuídos ao grupo  $n_2$ .

Para determinar a significância do valor de  $U$  considerando  $n_2 > 20$ , calcula-se o valor de  $z$  por:

$$z = \frac{U - \mu U}{\sigma U} \quad (4.7)$$

com  $\mu U$  sendo expresso por:

$$\mu U = \frac{n_1 n_2}{2} \quad (4.8)$$

e  $\sigma U$  expresso por:

$$\sigma U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}, \quad (4.9)$$

quando  $n_2 > 20$ ,  $z$  tem distribuição praticamente normal com média zero e variância unitária.

#### 4.2.2.3 Regra de decisão sobre as hipóteses

Se o valor observado de  $U$  tem probabilidade associada não superior a  $\alpha$ , rejeita-se a hipótese  $H_0$ .

### 4.2.3 Teste do Qui-quadrado

Quando os dados experimentais consistem em freqüências em categorias discretas, o teste Qui-quadrado pode ser utilizado para testar diferenças significativas entre  $k$  grupos independentes (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

#### 4.2.3.1 Formulação das hipóteses

A hipótese testada é a de que  $k$  grupos diferem com relação a alguma característica específica, e com relação à freqüência relativa com que objetos ou indivíduos dos grupos caem nas diversas categorias (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

Fixam-se as seguintes hipóteses:

$H_0$ : As variáveis não apresentam associação (são independentes);

$H_1$ : As variáveis apresentam associação (não são independentes).

#### 4.2.3.2 Determinação da estatística $\chi^2$

Os dados são organizados em uma tabela de contingência na qual as colunas representam grupos e cada linha representa uma categoria da variável medida.

A estatística é encontrada por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad (4.10)$$

em que  $r$  é o número de linhas,  $c$  é o número de colunas,  $n_{ij}$  é o número de casos observados na  $i$ -ésima linha e  $j$ -ésima coluna e  $e_{ij}$  é o número de casos esperados na  $i$ -ésima linha e  $j$ -ésima coluna, quando  $H_0$  é verdadeira.

A frequência esperada é estimada pelo produto dos totais das linhas e colunas, dividido pelo número total de observações:

$$e_{ij} = \frac{R_i C_j}{N} \quad (4.11)$$

com

$$R_i = \sum_{j=1}^c n_{ij} \quad (4.12)$$

e

$$C_j = \sum_{i=1}^r n_{ij} \quad (4.13)$$

Os valores de  $\chi^2$  são distribuídos assintoticamente (quando  $N$  cresce) com um qui-quadrado com  $gl = (r - 1)(c - 1)$  (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

### 4.2.3.3 Regra de decisão sobre as hipóteses

Se a probabilidade associada ao valor de  $\chi^2$  for menor que a significância  $\alpha$  pré-estabelecida, então a hipótese  $H_0$  deve ser rejeitada.

## 4.3 Controle estatístico de processo (CEP)

Dentro da metodologia de controle estatístico de processo, uma das técnicas mais utilizadas é a construção de cartas de controle. Segundo Montgomery e Runger (2003), “o gráfico de controle é a mais poderosa das ferramentas de CEP”.

As cartas de controle são úteis quando se necessita verificar se a variabilidade de um processo é devida à variação aleatória e quando é devida a causas comuns, de modo a determinar se o processo está sob controle estatístico (TRONCO, 1996).

Tradicionalmente as cartas de controle, ou simplesmente gráficos de controle, são compostas por um limite central (LC) definido pela média do processo, um limite superior de controle (LSC) e um limite inferior de controle (LIC).

Pela teoria desenvolvida por Shewhart para o cálculo dos limites de controle, uma estatística  $W$  qualquer, calculada a partir dos dados amostrais, que tem média  $\mu(W)$  e desvio padrão  $\sigma(W)$  conhecidos, tem probabilidade próxima a 1 de estar no intervalo (RAMOS, 1995):

$$\mu(W) \pm 3\sigma(W) \quad (4.14)$$

Assim, os limites de controle para essa estatística serão:

$$\begin{aligned} LSC_w &= \mu(W) + 3\sigma(W) \\ LC_w &= \mu(W) \\ LIC_w &= \mu(W) - 3\sigma(W) \end{aligned} \quad (4.15)$$

Se alguns pontos se apresentam fora desses limites, considera-se que o processo não mais está operando sob controle estatístico. Os limites são determinados considerando a operação normal do processo (TRONCO, 1996).

De acordo com Montgomery e Runger (2003), existem, ao menos, cinco razões para a popularidade dos gráficos de controle:

- Os gráficos de controle são uma técnica comprovada para melhoria da produtividade;
- Gráficos de controle são efetivos na prevenção de defeitos;
- Os gráficos de controle previnem ajustes desnecessários no processo;
- Tais gráficos fornecem informações sobre diagnóstico no processo;
- Os gráficos de controle fornecem informações sobre a capacidade do processo.

É possível dividir os gráficos de controle em dois tipos, gráficos de controle para variáveis e gráficos de controle para atributos.

Nos gráficos de controle para variáveis, podem ser destacadas as cartas de controle para  $\bar{X}$  e  $R$ , cartas de controle para  $\bar{X}$  e  $S$  e as cartas para medidas individuais (MONTGOMERY, 2004). Já nos gráficos de controle para atributos têm destaque as cartas de controle da fração defeituosa, as cartas de controle do número de defeitos e as cartas de controle do número de defeitos por unidade (SIQUEIRA, 1997).

Na presente pesquisa, somente serão tratados os gráficos de controle para atributos.

#### 4.3.1 Gráficos de controle para atributos

Segundo Siqueira (1997), o atributo refere-se àquela característica da qualidade que pode estar, ou não, conforme as especificações.

Os gráficos de controle para atributos são importantes na indústria de serviços e nos esforços de melhoria da qualidade não-industrial (MONTGOMERY, 2004).

Para Siqueira (1997), esses gráficos são usados quando as medidas não são possíveis e quando as medidas são possíveis, mas não são tomadas devido a questões econômicas, de tempo, ou de necessidade.

Existem duas categorias de gráficos de controle para atributos: aqueles que classificam os itens em conformes e não-conformes, e os que consideram a quantidade de não-conformidades existentes.

No que tange às classificações de itens em conformes e não-conformes, tem-se a carta de controle da fração defeituosa (fração  $p$ ) ou fração de não-conformes.

#### 4.3.1.1 Gráfico de controle para a fração de não-conformes

O gráfico de controle para a fração de não-conformes é usado para avaliar a performance de um operador ou de um grupo de operadores, com relação à qualidade (SIQUEIRA, 1997).

A fração não-conforme ( $\hat{p}$ ) é definida como a razão entre o número de itens defeituosos de um lote ( $D$ ) e o total de itens produzidos no lote ( $n$ ).

Matematicamente tem-se:

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \quad (4.16)$$

A não-conformidade surge se o item não satisfaz o padrão de especificação de uma característica de qualidade que é examinada. Como geralmente existem muitas características sendo observadas simultaneamente, um item se torna defeituoso ou não-conforme, apresentando um ou mais defeitos, conforme o número de características que são consideradas na avaliação da qualidade.

As fórmulas matemáticas empregadas no cálculo dos limites de controle do gráfico baseiam-se na validade da aproximação da distribuição binomial pela distribuição normal (RAMOS, 1995).

Respeitando essa validade, tem-se que os limites de controle são definidos como:

$$\begin{aligned} LSC &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ LC &= \bar{p} \\ LIC &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned} \quad (4.17)$$

Esses limites podem ser entendidos como limites de controle tentativos, já que não se tem um padrão dado para a fração média do processo (MONTGOMERY, 2004).

Se algum ponto estiver fora dos limites de controle tentativos, deve ser investigado, para que se verifique se existem causas atribuíveis a tal situação.

Siqueira (1997) relata alguns objetivos a se alcançarem ao aplicar tal gráfico de controle:

- Determinar o nível da qualidade de um produto;
- Alertar os responsáveis sobre qualquer mudança no nível da qualidade;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Avaliar a performance relativa a qualidade do pessoal de operação ou gerência;
- Indicar o uso de cartas de controle por variáveis;
- Determinar critérios de aceitação de produtos antes da liberação para o cliente.

Conforme o objetivo de pesquisa, também é possível utilizar a fração conforme em substituição à fração de não-conformes, resultando em um gráfico do rendimento industrial (MONTGOMERY, 2004).

#### 4.3.1.2 Tamanho variável de amostra

Em algumas situações, o gráfico de controle da fração de não-conformes utiliza dados de amostras de tamanhos variáveis. Em tal aplicação, segundo Montgomery (2004), existem três abordagens a serem utilizadas.

A primeira abordagem consiste em utilizar limites de controle com largura variável, sendo que para cada amostra são determinados os limites de controle com base no número de itens amostrados.

Na segunda abordagem, utiliza-se um tamanho médio de amostra, resultando em limites de controle aproximados.

Também é possível utilizar o gráfico de controle padronizado, em que os pontos são plotados em unidades de desvio padrão.

Nesta pesquisa faz-se uso da primeira abordagem, em que os limites de controle são definidos como:

$$\begin{aligned}
 LSC_i &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \\
 LC &= \bar{p} \\
 LIC_i &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}
 \end{aligned}
 \tag{4.18}$$

com

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{\sum_{i=1}^N n_i}
 \tag{4.19}$$

em que  $D_i$  é o número de itens defeituosos na  $i$ -ésima amostra e  $n_i$  é o total de itens produzidos na  $i$ -ésima amostra.

## 4.4 Análise multivariada

A análise multivariada, de modo geral, refere-se a todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto em investigação (HAIR JR et al., 2005; CORRAR, 2007).

Segundo Hair Jr et al. (2005), as técnicas analíticas multivariadas estão sendo amplamente aplicadas na indústria, no governo e em centros de pesquisa acadêmica.

Percebe-se que, na maioria das situações, as dimensões do fenômeno são complexas e as variáveis estão inter-relacionadas (CORRAR, 2007); quanto maior o número de variáveis, mais complexa torna-se a análise por métodos comuns de estatística univariada (MINGOTI, 2005).

De acordo com Mingoti (2005), a estatística multivariada se divide em dois grupos: um primeiro, consistindo em técnicas exploratórias de sintetização da estrutura de variabilidade de dados, e um segundo, consistindo em técnicas de inferência estatística. Nesta pesquisa, trata-se da técnica de análise fatorial que é definida no primeiro grupo como técnica exploratória de sintetização da estrutura de variabilidade de dados.

### 4.4.1 Análise fatorial

A análise fatorial é uma técnica de interdependência na qual todas as variáveis são simultaneamente consideradas, e cada uma é explicada levando em consideração todas as outras, empregando o conceito de variável estatística ou variável latente (HAIR JR et al., 2005; CORRAR, 2007).

De acordo com Hair Jr et al. (2005) e Corrar (2007), análise fatorial é o nome genérico dado a uma classe de métodos estatísticos multivariados cujo propósito principal é definir, através da avaliação de um conjunto de variáveis, a estrutura subjacente em uma matriz de dados.

Ela procura descrever, quando possível, a covariância relacionada entre muitas variáveis observáveis em função de poucas variáveis latentes (fatores) (SCREMIM, 2003).

Basicamente, a análise fatorial é utilizada para redução e resumo dos dados em estudo.

Ao resumir os dados, a técnica obtém dimensões latentes que, quando interpretadas e compreendidas, descrevem os dados em um número menor de conceitos do que as variáveis originais. Já a redução de dados pode ser conseguida calculando escores para cada dimensão latente e substituindo as variáveis originais pelos mesmos (HAIR JR et al., 2005).

Em casos nos quais se tem um número grande de variáveis correlacionadas entre si, seria possível, a partir da análise fatorial, identificar-se um número menor de novas variáveis alternativas, não correlacionadas e que de algum modo sumarizassem as informações principais das variáveis originais (MINGOTI, 2005).

Segundo Corrar (2007), a análise fatorial parte do pressuposto de que as correlações entre as variáveis surgem porque essas variáveis compartilham ou estão relacionadas pelos mesmos fatores.

O modelo fatorial tem por base a suposição de que variáveis podem ser agrupadas por suas correlações, ou seja, supõe que todas as variáveis dentro de um grupo são altamente correlacionadas, mas com correlações relativamente pequenas com variáveis de um grupo diferente (JOHNSON; WICHERN, 1992).

É importante entender que tipo de análise fatorial se está interessado em realizar, se uma análise fatorial exploratória ou uma análise fatorial confirmatória. De acordo com Mingoti (2005), a análise fatorial exploratória

busca encontrar os fatores subjacentes às variáveis originais amostradas, sem noção clara de quantos fatores fazem parte do modelo e nem o que esses representam. Nesse caso, o pesquisador analisa, entende e identifica uma estrutura entre as variáveis a partir do resultado da análise fatorial (CORRAR, 2007).

Em contrapartida, na análise fatorial confirmatória, o pesquisador parte de uma hipótese de relacionamento preconcebida entre um conjunto de variáveis e alguns fatores latentes (CORRAR, 2007). Esse é o caso, por exemplo, dos modelos de equações estruturais (MINGOTI, 2005).

De acordo com Hair Jr et al. (2005), o objetivo geral das técnicas de análise fatorial é encontrar uma maneira de resumir a informação contida em diversas variáveis em um conjunto menor de novas variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação.

Assim, os objetivos principais da análise fatorial podem ser definidos como:

a) Identificação da estrutura por meio do resumo de dados: analisando as correlações entre as variáveis ou casos, torna-se possível identificar a estrutura de relações existente entre esses objetos;

b) Redução de dados: por meio da análise fatorial, podem-se identificar variáveis representativas de um conjunto maior ou criar um novo conjunto de variáveis, muito menor que o original, que substituirá parcial ou completamente o conjunto original de variáveis.

#### 4.4.1.1 Suposições

De acordo com Hair Jr et al. (2005), como o objetivo da análise fatorial é identificar conjuntos de variáveis inter-relacionadas, um pouco de multicolinearidade é desejável.

A matriz de dados deve apresentar correlações aceitáveis para justificar o uso da análise fatorial. De acordo com Hair Jr et al. (2005), pode-se verificar a adequação da análise fatorial por meio do teste de Bartlett de esfericidade que identifica a presença de correlações não nulas entre variáveis. Ele fornece

a probabilidade estatística de que a matriz de correlação tenha correlações significativas entre pelo menos algumas das variáveis.

#### 4.4.1.2 Modelo fatorial

Supondo um vetor aleatório  $X'$ , com  $p$  variáveis observáveis  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , vetor de médias  $\mu$  e matriz de variâncias-covariâncias  $\Sigma$ , então, o modelo de fatores pressupõe que o vetor  $X'$  é linearmente dependente de algumas poucas variáveis não observáveis  $F_1, F_2, \dots, F_m$ , chamadas de fatores comuns e  $p$  fontes de variação adicional  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ , chamadas de erro ou fatores específicos. Os desvios  $X_1 - \mu_1, X_2 - \mu_2, \dots, X_p - \mu_p$  são expressos em termos de  $p + m$  variáveis aleatórias  $F_1, F_2, \dots, F_m, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$  (JOHNSON; WICHERN, 1992).

O modelo fatorial pode ser definido por:

$$\begin{aligned} X_1 - \mu_1 &= l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ X_2 - \mu_2 &= l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ X_p - \mu_p &= l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{aligned} \quad (4.20)$$

onde  $l_{ij}$  são as cargas fatoriais,  $F_1, F_2, \dots, F_m$  são fatores comuns ou variáveis latentes e  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$  são erros ou fatores específicos.

As cargas fatoriais são valores que medem o grau de correlação entre a variável original e os fatores. O quadrado da carga fatorial representa o quanto do percentual da variação de uma variável é explicado pelo fator (CORRAR, 2007).

De acordo com Scremim (2003), as somas dos quadrados das cargas fatoriais, denominadas de comunalidades, representam a proporção de variância da  $j$ -ésima variável, que contribui para a formação dos fatores comuns e são calculadas por:

$$h_j^2 = l_{j1}^2 + l_{j2}^2 + \dots + l_{jm}^2 \quad (4.21)$$

A análise fatorial avalia a possibilidade de agrupar  $p$  variáveis  $(X_1, X_2, \dots, X_p)$  em um número menor de  $m$  fatores  $(F_1, F_2, \dots, F_m)$  (CORRAR, 2007).

#### 4.4.1.3 Determinação dos fatores

De posse das variáveis especificadas e da matriz de correlações preparada, aplica-se a análise fatorial para identificar a estrutura latente. Assim, as decisões devem ser tomadas com relação ao método de extração dos fatores e ao número de fatores selecionados para representar a estrutura latente dos dados (HAIR JR et al., 2005).

A escolha do método depende do objetivo de se aplicar a análise fatorial. Os principais métodos para extrair os fatores em análise fatorial são o método de análise de fatores comuns e o método de análise de componentes principais.

Outros métodos para estimar os fatores comuns são o método dos mínimos quadrados não-ponderados, o método dos mínimos quadrados generalizados, a máxima verossimilhança, o método alfa e a fatoração da imagem (MALHOTRA, 2006).

Neste estudo trata-se somente do método de análise de componentes principais.

#### 4.4.1.4 Método de análise das componentes principais

A análise de componentes é usada quando o objetivo é resumir a maior parte da informação original (variância) a um número mínimo de fatores para propósitos de previsão (HAIR JR et al., 2005).

O método de componentes principais procura uma combinação linear entre as variáveis, de forma que o máximo de variância seja explicado por essa combinação. Em seguida, retira-se a variância já explicada no passo anterior e busca-se uma nova combinação linear entre as variáveis que explique a maior quantidade de variância restante, e assim por diante (SANTOS et al., 2004; CORRAR, 2007). Segundo Santos et al. (2004), a técnica consiste na

transformação de um conjunto de  $p$  variáveis originais,  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}$  em um novo conjunto  $Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{ip}$ , em que  $Y_i$  são funções lineares de  $X_i$  e independentes entre si.

A reprodução da variabilidade total requer as  $p$  variáveis, porém, freqüentemente, a maior parte dessa variabilidade pode ser explicada por um número pequeno de  $k$  componentes principais, onde  $k < p$  (MARQUES; MARQUES, 2005).

Nesse caso, as  $k$  componentes principais podem substituir as  $p$  variáveis originais, sem grandes prejuízos em perda de informação.

As componentes principais são obtidas por meio da matriz de covariâncias ( $\Sigma$ ), ou, quando houver necessidade de padronização, pela matriz de correlação ( $R$ ), ambas extraídas da matriz de dados original.

Segundo Johnson e Wichern (1992), algebricamente, componentes principais são combinações lineares das  $p$  variáveis aleatórias  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . E, geometricamente, representam um novo sistema de coordenadas obtidas pela rotação do sistema original.

Considerando o vetor aleatório  $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$  com matriz de covariância  $\Sigma$ , com autovalores  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ , têm-se as combinações lineares como (JOHNSON; WICHERN, 1992, p. 357):

$$\begin{aligned} Y_1 &= e_{11}X_1 + e_{21}X_2 + \dots + e_{p1}X_p \\ Y_2 &= e_{12}X_1 + e_{22}X_2 + \dots + e_{p2}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= e_{1p}X_1 + e_{2p}X_2 + \dots + e_{pp}X_p \end{aligned} \tag{4.22}$$

com  $e_i$  sendo os autovetores gerados pelos autovalores  $\lambda_i$ .

#### 4.4.1.5 Critérios de decisão para o número de fatores

Para resumir as informações contidas nas variáveis originais, deve-se extrair um número menor de fatores. De acordo com Mingoti (2005), para a estimação do número de fatores, bastará extrair-se os autovalores da matriz

$R_{p \times p}$  e ordená-los em ordem decrescente. Mas, a questão é determinar qual o número de fatores a extrair.

De acordo com Hair Jr et al. (2005) e Malhotra (2006) os seguintes critérios têm sido utilizados:

a) Critério da Raiz Latente ou Determinação com base em autovalores: nesse critério, também conhecido como critério de Kaiser, qualquer fator individual deve explicar a variância de pelo menos uma variável, se o mesmo for mantido para interpretação. Cada variável contribui com o valor 1 do autovalor total, portanto, somente os fatores que possuem raízes latentes ou autovalores superiores a 1 são consideradas significantes.

Ou seja, o número de fatores considerados será igual ao número de autovalores  $\hat{\lambda}_i$ ; maiores ou iguais a 1 (MINGOTI, 2005);

b) Critério *a priori* ou Determinação *a priori*: para aplicar esse critério, deve-se saber previamente o número de fatores que se quer extrair antes de iniciar a análise fatorial, por isso é considerado um critério simples e razoável. Esse método é usado quando se quer testar uma hipótese sobre o número de fatores a serem extraídos ou quando se quer repetir um trabalho e extrair o mesmo número de fatores anteriormente encontrado;

c) Critério de percentagem da variância ou Determinação com base na percentagem da variância: esse critério está fundamentado na conquista de um percentual cumulativo da variância total extraída por fatores sucessivos. O percentual da variância deve atingir um montante mínimo, de modo que se garanta a significância dos fatores;

d) Critério do teste *Scree* ou Determinação com base em um gráfico de declive: esse teste, também conhecido como critério de Cattell, é usado para determinar o número ótimo de fatores e é realizado por meio da construção do gráfico das raízes latentes em relação ao número de fatores em sua ordem de extração. A curva da resultante é usada para avaliar o ponto de corte. Começando com o primeiro fator, os ângulos de inclinação decrescem rapidamente do início e então lentamente se aproximam de uma reta horizontal. O ponto no qual o gráfico começa a ficar horizontal é considerado um indicativo do número máximo de fatores a serem extraídos. Normalmente

esse critério resulta em pelo menos um e, às vezes, dois ou três fatores a mais a serem considerados em relação ao critério da raiz latente.

Além desses critérios, Malhotra (2006) sugere outros dois critérios, definidos como:

e) Determinação com base em confiabilidade meio a meio: nesse procedimento, a amostra é dividida ao meio, fazendo-se uma análise fatorial sobre cada metade. São retidos apenas os fatores com elevada correspondência de cargas fatoriais ao longo das duas subamostras;

f) Determinação com base em testes de significância: é possível determinar a significância estatística dos autovalores separados, retendo apenas os fatores que são estatisticamente significativos. Um problema desse critério é que, com amostras grandes, muitos fatores tendem a ser estatisticamente significativos, embora, do ponto de vista prático, muitos deles respondam apenas por uma parcela pequena da variância total.

Hair Jr et al. (2005) e Mingoti (2005) complementam dizendo que se deve buscar um conjunto de fatores que seja o mais representativo e parcimonioso possível, ou seja, a descrição da estrutura de variabilidade das variáveis originais com um número mínimo de fatores.

#### 4.4.1.6 Interpretação dos fatores

Para Corrar (2007), um ponto crítico é a capacidade de analisar os fatores, identificando o que significam os agrupamentos de variáveis realizados pela análise fatorial.

Primeiramente, a matriz fatorial não-rotacionada é computada para auxiliar na obtenção de uma indicação do número de fatores a serem extraídos. Essa matriz contém cargas fatoriais para cada variável em cada fator (HAIR JR et al., 2005).

Como já mencionado, as cargas fatoriais são valores que medem o grau de correlação entre a variável original e os fatores. Quanto maior a carga fatorial, mais representativa é a variável no fator. Nesse ponto se está interessado em observar a melhor combinação linear de variáveis.

O passo seguinte é tomar a decisão sobre quais cargas fatoriais considerar. O critério para decisão pode ser determinado com base em questões relativas à significância prática e estatística, e em relação ao número de variáveis em estudo.

A significância prática na escolha das cargas fatoriais geralmente é utilizada para fazer um exame preliminar da matriz fatorial. Basicamente esse método considera que as cargas maiores que  $\pm 0,30$  atingem o nível mínimo; cargas de  $\pm 0,40$  são consideradas mais importantes; e cargas de  $\pm 0,50$  ou mais são consideradas com significância prática. Portanto, quanto maior o valor absoluto da carga fatorial, mais importante ela será na interpretação fatorial (HAIR Jr et al., 2005).

Para identificar cargas fatoriais consideradas significantes para diferentes tamanhos de amostra, pode-se empregar o conceito de poder estatístico. A Tabela 5 apresenta os tamanhos de amostra necessários para significância das cargas fatoriais, considerando um nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05.

Tabela 5 – Cargas fatoriais significantes com base no tamanho da amostra.

Carga Fatorial	Tamanho da amostra
0,30	350
0,35	250
0,40	200
0,45	150
0,50	120
0,55	100
0,60	85
0,65	70
0,70	60
0,75	50

Fonte: Hair Jr et al. (2005, p. 107).

Uma das desvantagens das duas abordagens anteriores é que não consideram o número de variáveis analisadas e o fator específico em exame. De acordo com Hair Jr et al. (2005), deve-se considerar que, à medida que o número de variáveis em análise aumenta, o nível aceitável para considerar uma carga significativa diminui.

No próximo item é descrita a utilização dos conceitos da análise fatorial para a construção de índices de classificação.

#### 4.4.2 Índice baseado em análise fatorial

Uma possibilidade para classificação de indivíduos ou objetos é a utilização de índices.

Os índices englobam várias características em uma única variável mais simples de ser observada. Nessa linha, uma opção de construção de índices é o uso de ferramentas estatísticas multivariadas, como a análise fatorial e análise de componentes principais.

Na construção do índice como uma combinação linear de variáveis, deseja-se que ele tenha a maior variância possível, contendo o máximo de informação fornecida pelas variáveis originais (KUBRUSLY, 2001). Assim, é possível estabelecer uma ligação entre importância e variância (SABOIA; KUBRUSLY, 2008).

##### 4.4.2.1 Definição do índice

O índice é definido da seguinte forma:

$$I_j = \sum_{i=1}^p a_i X_{ij} \quad (4.23)$$

em que  $X_{ij}$  é o valor da  $i$ -ésima variável observada no  $j$ -ésimo indivíduo e  $a_i$  é o peso da  $i$ -ésima variável.

Se for construído mais de um índice, constituindo índices bidimensionais ou multidimensionais, espera-se que:

$$Cov(I_j, I_l) = 0 \text{ e } R(I_j, I_l) = 0 \text{ para qualquer } j \neq l$$

em que  $Cov$  denota a covariância e  $R$  denota a correlação.

Utilizando esse procedimento para construir o índice, tem-se que pesos maiores estarão associados às variáveis que contribuem mais para a variância do conjunto de dados. Além disso, os escores resultantes do índice serão padronizados (média zero e variância unitária). Isso colabora para a

interpretação do índice, em que se têm elementos acima da média e elementos abaixo da média.

Para efetuar a interpretação do índice, é preciso levar em conta as correlações entre as variáveis originais (consideradas para construção do índice) e o índice obtido. Se as correlações observadas forem positivas e fortes, então quanto mais altos os escores no índice melhor é o desempenho dos elementos. Porém, se as correlações forem negativas e fortes, então quanto menor o escore no índice melhor será o desempenho de cada elemento.

#### **4.5 Síntese do capítulo**

Neste capítulo, foram expostos os métodos estatísticos utilizados no presente estudo, dando ênfase aos seus procedimentos.

Sintetizando, neste estudo são utilizadas as seguintes ferramentas estatísticas:

- Análise exploratória de dados;
- Métodos não-paramétricos;
- Controle estatístico de processo (CEP);
- Análise multivariada.

No próximo capítulo serão desenvolvidos os métodos, seguindo os procedimentos conforme o capítulo 2 e aplicando as técnicas expostas neste capítulo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados e discussões referentes à presente pesquisa. Para o tratamento dos dados no decorrer deste capítulo, fez-se uso de ferramentas estatísticas descritas no capítulo 4.

Este capítulo é dividido em duas partes. Na primeira parte, é realizada uma análise sobre a qualidade da matéria-prima com base na determinação da acidez.

Num segundo momento, é realizada a análise da qualidade da matéria-prima, utilizando somente os lotes com medidas adequadas de acidez.

### 5.1 Análise da qualidade do leite com base na determinação da acidez

Para uma primeira avaliação da qualidade do leite produzido pelos fornecedores da usina de laticínios, foram consideradas 2902 amostras coletadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Parte-se da seguinte premissa na avaliação da matéria-prima fornecida:

- Se a amostra coletada está de acordo com os padrões estabelecidos para a acidez (entre 13 e 18 graus Dornic ( $^{\circ}\text{D}$ ))<sup>1</sup>, o lote é considerado adequado para manipulação industrial;
- Se a amostra coletada não é adequada aos padrões estabelecidos para a acidez (acima de 18 $^{\circ}\text{D}$ ), o lote é desconsiderado.

Segundo Tronco (2008, p. 106), a titulação da acidez é de amplo uso na inspeção industrial e sanitária do leite, permitindo uma avaliação do estado de conservação e eventuais anormalidades do produto.

Dessa forma, a usina busca adquirir somente matéria-prima em condições adequadas de conservação.

---

<sup>1</sup> Neste caso optou-se por considerar adequado o leite que apresentou acidez entre 13 e 18 $^{\circ}\text{D}$ , devido ao fato de terem ocorrido apenas nove amostras de leite com acidez igual a 13 $^{\circ}\text{D}$ . Pela legislação, a especificação de acidez está entre 14 e 18 $^{\circ}\text{D}$ .

Para desenvolver a análise, primeiramente observa-se o comportamento da variável acidez no período de estudo, conforme exposto na Figura 3.

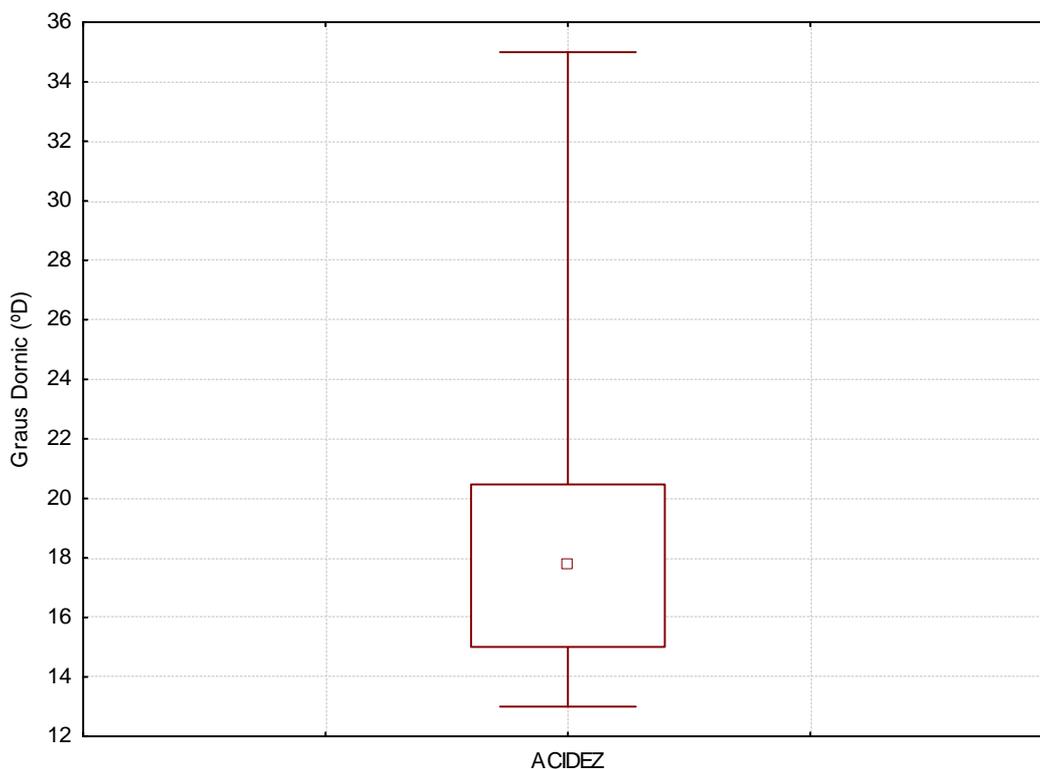


Figura 3 – Box plot da variável acidez.

Observando a Figura 3, é possível verificar que a acidez teve amplitude variando de 13 a 35°D.

Em relação à descrição da variável, tem-se que, em média, as amostras apresentaram 17,74°D, com desvio padrão igual a 2,72. Essa variável apresentou um coeficiente de variação de 15,33%, mostrando uma variabilidade média (FONSECA; MARTINS, 1996).

O próximo passo é realizar a análise da qualidade do leite produzido com base na determinação da acidez. Para isso, tomam-se por base as especificações de qualidade estabelecidas pela usina (acidez máxima de 18°D).

O indicador de qualidade a ser utilizado leva em consideração a relação entre o número de amostras adequadas aos padrões de qualidade para a acidez e o número total de amostras analisadas.

Esse indicador permite observar, em termos percentuais, se o número de amostras adequadas se sobressai ou não ao número de amostras fora dos parâmetros de qualidade.

No período compreendido entre agosto de 2007 e março de 2008, o percentual de amostras adequadas às especificações de qualidade seguidas pela usina foi de 75,53%. Por esse resultado, é possível verificar que a maioria dos lotes produzidos pelas fazendas está de acordo com os parâmetros de qualidade estabelecidos, sendo adequada à manipulação industrial e à segurança alimentar.

Em sua pesquisa sobre a qualidade do leite recebido pela mesma usina, Ansuji (2000) observou que 91,04% das amostras analisadas se apresentaram dentro dos padrões de qualidade utilizados na época.

Após essa análise, passa-se a verificar se existem diferenças significativas entre as estações do ano quanto à acidez no leite. A idéia é verificar se o fator estação exerce influência na determinação da acidez do leite produzido.

Primeiramente, realiza-se a verificação da existência de normalidade nos dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Como a acidez não apresentou distribuição normal ( $p < 0,05$ ), opta-se por utilizar a análise de variância de Kruskal-Wallis para a verificação de diferenças significativas entre as estações.

As hipóteses são estabelecidas a seguir:

$H_0$ : Não existem diferenças significativas entre as estações, quanto à acidez;

$H_1$ : Existe pelo menos uma estação do ano que se difere das demais quanto à acidez.

Pelo resultado da análise de variância de Kruskal-Wallis, verifica-se que existem diferenças significativas entre as estações ( $p = 0,0001$ ) quanto à acidez.

Tabela 6 – Níveis de significância do teste U de Mann-Whitney para as estações quanto à acidez.

ESTAÇÃO	ESTAÇÃO		
	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
INVERNO			
PRIMAVERA	0,0001*		
VERÃO	0,3789	0,0001*	

\* Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Além disso, pelo teste U de Mann-Whitney exposto na Tabela 6, verifica-se que ocorreram diferenças significativas entre o inverno e a primavera quanto à acidez ( $p=0,0001$ ), e entre a primavera e o verão ( $p=0,0001$ ).

Desse modo, opta-se por analisar o comportamento quanto à determinação da acidez em cada estação. A abordagem utilizada é a comparação entre as rotas de coleta, partindo da hipótese de que possa haver desempenhos distintos no indicador de qualidade com base na proporção de amostras adequadas ao uso pela usina.

As rotas de coleta são definidas como rotas 1, 2 e 3. A rota 1 é composta por 13 fornecedores dos quais foram consideradas 451 amostras. Na rota 2, foram consideradas 1218 amostras coletadas de 35 fornecedores. E na rota 3, 35 fornecedores apresentaram 1233 amostras.

Primeiramente é feita a comparação do indicador de qualidade entre as rotas no inverno. Os resultados estão na Tabela 7.

Tabela 7 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez no inverno.

INVERNO		
ROTA 1		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	34	85,00
Acima das especificações	6	15,00
Total	40	100,00
ROTA 2		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	149	77,20
Acima das especificações	44	22,80
Total	193	100,00
ROTA 3		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	123	61,50
Acima das especificações	77	38,50
Total	200	100,00

Na rota 1, observa-se que 85% das amostras analisadas estão dentro dos parâmetros estabelecidos para a acidez. A rota 2 apresentou 77,20% das amostras adequadas à aquisição, tendo um desempenho menor nesse indicador, se comparada à rota 1. A rota 3 apresentou o pior desempenho no indicador, com o percentual mais baixo, sendo de 61,50%.

Para testar a hipótese de que as rotas diferiram significativamente quanto ao indicador, utiliza-se o teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) conforme descrito no item 4.2.3.

As hipóteses consideradas são:

$H_0$ : Não existe relação entre as rotas e as proporções de amostras dentro dos padrões de qualidade para acidez;

$H_1$ : Existe relação entre as rotas e as proporções de amostras dentro dos padrões de qualidade para acidez.

Pelos resultados do teste, pode-se verificar que houve associação entre as rotas e as proporções de amostras dentro das especificações para a acidez em todas as estações ( $p < 0,05$ ).

A Tabela 8 apresenta os resultados do teste do Qui-quadrado aplicado entre as rotas, duas a duas, em cada estação do ano.

Tabela 8 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta em cada estação.

INVERNO			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,3780		
ROTA 3	0,0080*	0,0010*	
PRIMAVERA			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0140*		
ROTA 3	0,1380	0,2040	
VERÃO			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0001*		
ROTA 3	0,0001*	0,5390	

\* Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Observando a Tabela 8, é possível perceber que ocorreram diferenças significativas entre as rotas 1 e 3 ( $p=0,0080$ ) e entre as rotas 2 e 3 ( $p=0,0010$ ) no período do inverno. Ou seja, a rota 3 obteve um desempenho muito pior que as demais, tendo um indicador significativamente menor do que das outras duas rotas.

Realizando a mesma análise na primavera, tem-se a Tabela 9 com os resultados do indicador de qualidade com base na determinação da acidez.

Tabela 9 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez na primavera.

PRIMAVERA		
ROTA 1		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	187	88,21
Acima das especificações	25	11,79
Total	212	100,00
ROTA 2		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	411	80,27
Acima das especificações	101	19,73
Total	512	100,00
ROTA 3		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	426	83,53
Acima das especificações	84	16,47
Total	510	100,00

Analisando os resultados expostos na Tabela 9, verifica-se que na rota 1, 88,21% das amostras estavam dentro das especificações. Para a rota 2, esse percentual foi de 80,27%. E, na rota 3, 83,53% das amostras estavam adequadas aos padrões estabelecidos para a acidez.

Observa-se que as três rotas apresentaram desempenho na casa dos 80%, com destaque para a rota 1, com 88,21% das amostras adequadas para manipulação industrial.

Para verificar se essas proporções diferem entre si, observam-se os resultados apresentados na Tabela 8, onde é possível perceber que somente as rotas 1 e 2 diferiram significativamente ( $p=0,0140$ ) quanto ao indicador.

Por fim, considerando as rotas no verão, pode-se avaliar a qualidade dos lotes produzidos pelos resultados contidos na Tabela 10.

Tabela 10 - Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez no verão.

VERÃO		
ROTA 1		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	165	82,91
Acima das especificações	34	17,09
Total	199	100,00
ROTA 2		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	340	66,28
Acima das especificações	173	33,72
Total	513	100,00
ROTA 3		
ACIDEZ	N	%
Dentro das especificações	357	68,26
Acima das especificações	166	31,74
Total	523	100,00

Verifica-se, pela Tabela 10, que a rota 1 obteve 82,91% das amostras dentro das especificações. Na rota 2 esse percentual foi de 66,28%. E na rota 3 o indicador foi igual a 68,26%.

Observa-se que a rota 1 teve destaque em relação às demais rotas, com um indicador consideravelmente maior. Para testar se realmente a rota 1 diferiu das demais rotas, observam-se os resultados do teste do Qui-quadrado mostrados na Tabela 8. Pelos resultados do teste, é possível verificar que a rota 1 difere significativamente das rotas 2 ( $p=0,0001$ ) e 3 ( $p=0,0001$ ).

Com o intuito de analisar a evolução das rotas entre as estações do ano em relação ao indicador de qualidade com base na determinação da acidez, observa-se a Figura 4.

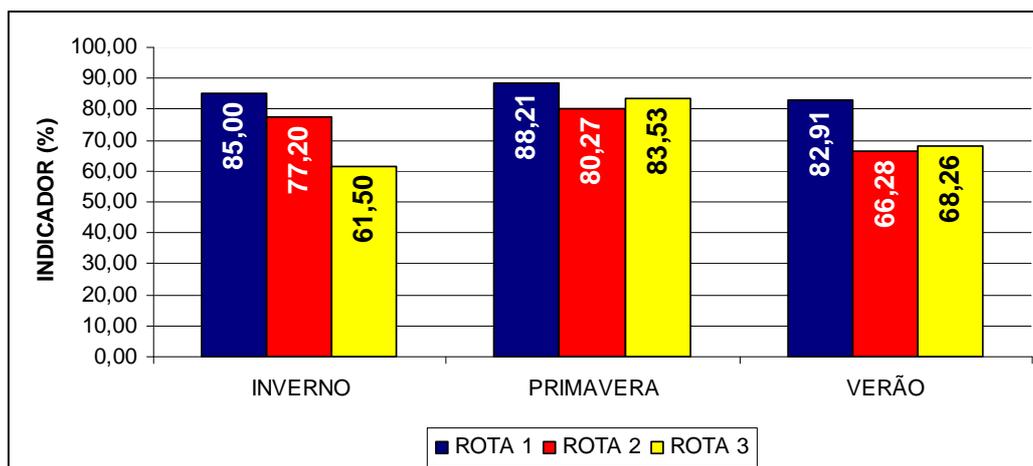


Figura 4 – Evolução do indicador de qualidade calculado para cada rota em cada estação.

Pela Figura 4 é possível observar que a rota 1 teve melhor desempenho em todas as estações, com indicadores acima de 80%.

Além disso, percebe-se que a rota 2 piorou seu desempenho no decorrer do tempo, tendo caído de 77,20% no inverno para 66,28% no verão.

Em relação à rota 3, observa-se que iniciou com o pior desempenho no inverno, reagiu na primavera, mas voltou a apresentar um decréscimo no verão.

### 5.1.1 Aplicação do gráfico de controle da fração de não-conformes

Com o objetivo de avaliar a qualidade do leite, tendo por base os fornecedores da usina, passa-se à aplicação do gráfico da fração de não-conformes (fração p) em cada estação.

Nessa aplicação cada fornecedor é considerado uma amostra. Assim, é possível determinar a fração de lotes não-conformes produzidos por cada fornecedor.

Como cada fornecedor produziu quantidades distintas de lotes de matéria-prima, os limites de controle variam conforme o tamanho da amostra de cada fornecedor.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram os gráficos da fração de não-conformes para cada fornecedor nas estações do inverno, primavera e verão, respectivamente.

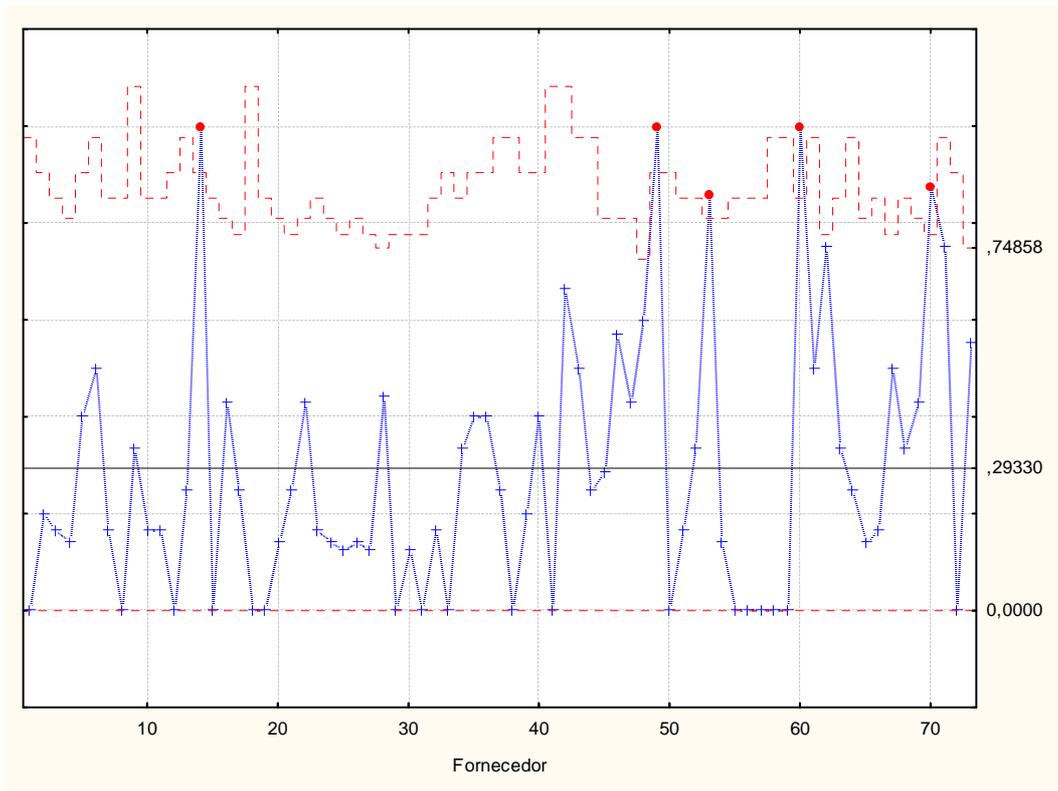


Figura 5 – Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima no inverno.

Analisando a Figura 5, é possível perceber que ocorreram cinco pontos acima do limite superior de controle. Ou seja, esses pontos são considerados como fora de controle.

São poucos pontos, mas geram um alarme para que esses fornecedores repensem seus sistemas de produção. Para a usina, são fornecedores que provavelmente possuem mais problemas quanto à conservação do leite na fazenda, ou seja, problemas de infra-estrutura que afetam o sistema de produção como um todo e se refletem na qualidade da matéria-prima.

Além disso, existem três fornecedores com sérios problemas quanto à qualidade do leite, pois apresentaram fração de não-conformes igual a 1,00. São fornecedores que produziram todos os lotes com acidez elevada, ou seja, produziram leite em condições impróprias para processamento industrial.

Dos fornecedores que apresentaram frações de não-conformes fora dos limites de controle, um é da rota 2 e os demais são da rota 3.

Ainda observando a Figura 5, verifica-se que a maioria dos fornecedores possui frações de não-conformes abaixo do limite central, caracterizando boa adequação, na questão da qualidade.

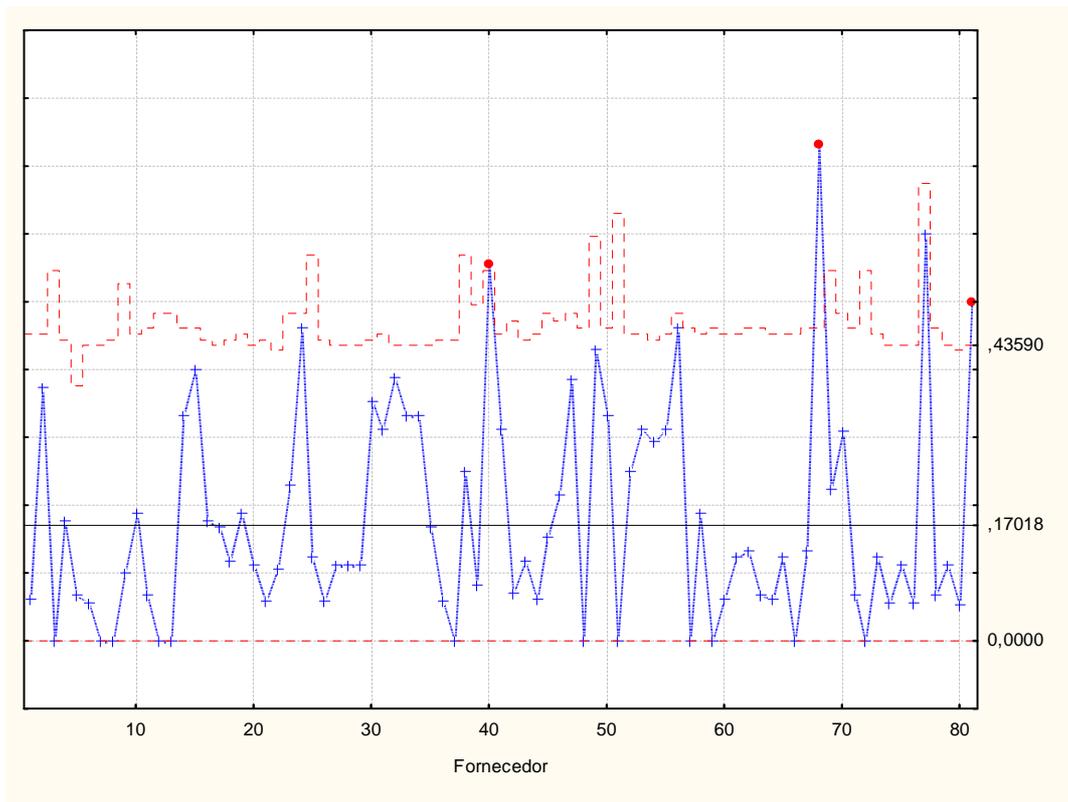


Figura 6 - Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima na primavera.

Pela Figura 6, verifica-se que na primavera ocorreram menos pontos fora de controle quanto à fração de não-conformes. Apenas três fornecedores apresentaram frações de não-conformes acima do limite superior de controle.

Além disso, verifica-se que a distância entre o limite central e o limite superior de controle diminuiu, mostrando que a dispersão das frações de não-conformes também foi menor, tanto que nesse período, a maior fração de não-conformes foi de 0,73.

Dos fornecedores com valores fora dos limites de controle, um é fornecedor da rota 2 e dois da rota 3.

Ainda se verifica que, no intervalo entre o limite inferior de controle e o limite central, está a maioria das frações de não-conformes, mostrando que os fornecedores, na maior parte, produzem poucos lotes inadequados quanto à acidez.

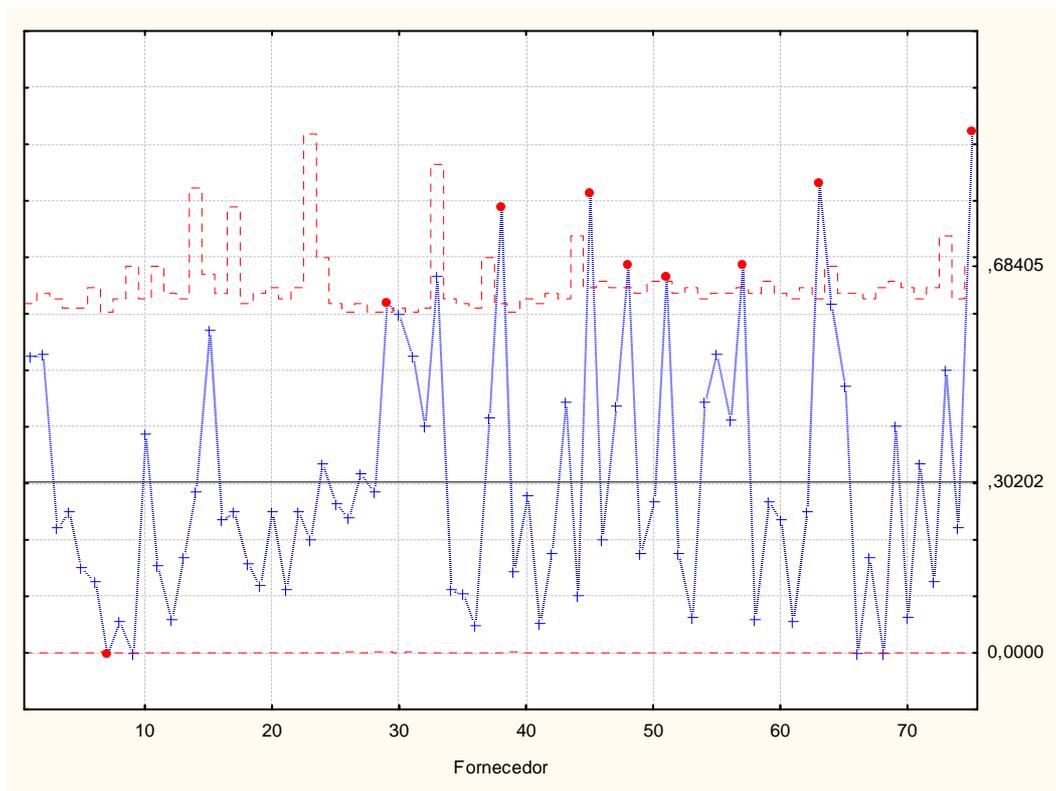


Figura 7 - Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima no verão.

Observando o gráfico exposto na Figura 7, é possível verificar que nove fornecedores apresentaram fração de lotes não-conformes fora dos limites de controle. Ocorreram oito pontos acima do limite superior de controle e um ponto abaixo do limite inferior de controle.

Três fornecedores que apresentaram fração de não-conformes acima do limite superior de controle são da rota 2 e os outros cinco são da rota 3.

Mais uma vez, a maior parte dos fornecedores apresentou fração de não-conformes abaixo do limite central.

Comparando os períodos, verifica-se que, considerando pontos fora de controle, no verão houve pior desempenho, tendo o melhor desempenho ocorrido na primavera.

Além disso, nenhum fornecedor da rota 1 apresentou fração de lotes não-conformes acima do limite superior de controle.

Uma medida que pode ser utilizada é a investigação desses fornecedores que se apresentaram acima do limite de controle, para que as causas dessas altas frações de não-conformes possam ser corrigidas.

## 5.2 Análise da qualidade do leite com base nas características físico-químicas

Com o intuito de avaliar a qualidade da matéria-prima que se mostrou adequada quanto à acidez, faz-se uso das provas de qualidade com base nas demais características físico-químicas do leite.

As variáveis consideradas são: percentual de água excedente, teor de gordura, densidade, lactose e proteínas. Essas variáveis são definidas como variáveis que refletem os aspectos de qualidade da matéria-prima (ZOCHE et al., 2002).

Nesta etapa do estudo, são considerados somente os lotes em que a acidez está dentro dos padrões estabelecidos pela usina. Assim, tem-se um total de 2192 amostras a serem analisadas.

O primeiro procedimento a ser realizado é a análise inicial dos dados através da análise exploratória de dados. Nesse momento se está interessado em conhecer o comportamento dos dados quanto à variabilidade e à consistência.

TABELA 11 – Análise descritiva para as variáveis físico-químicas consideradas no estudo.

Variável	N	Média	Desvio Padrão	C. V. (%)
AGUA	2192	7,03	2,10	29,90
ACIDEZ	2192	16,62	1,14	6,86
GORDURA	2192	3,48	0,79	22,71
DENSIDADE	2192	1028,23	1,72	0,17
LACTOSE	2192	4,42	0,31	6,95
PROTEINA	2192	3,29	0,22	6,56

Analisando a Tabela 11, verifica-se que, em média, as amostras apresentam 7,03% de água excedente, 16,62°D de acidez, 3,48% de gordura, densidade de 1028,23g/mL, 4,42% de lactose e concentração de proteínas de 3,29%. Em relação à variabilidade, observa-se que as variáveis acidez, densidade, lactose e proteína têm baixa dispersão, pois o coeficiente de variação é menor que 15%. Já as variáveis água e gordura apresentam média dispersão, com CV (%) entre 15 e 30% (FONSECA; MARTINS, 1996).

A Figura 8 mostra os gráficos Box Plot das variáveis, em que é possível observar a variabilidade dos dados.

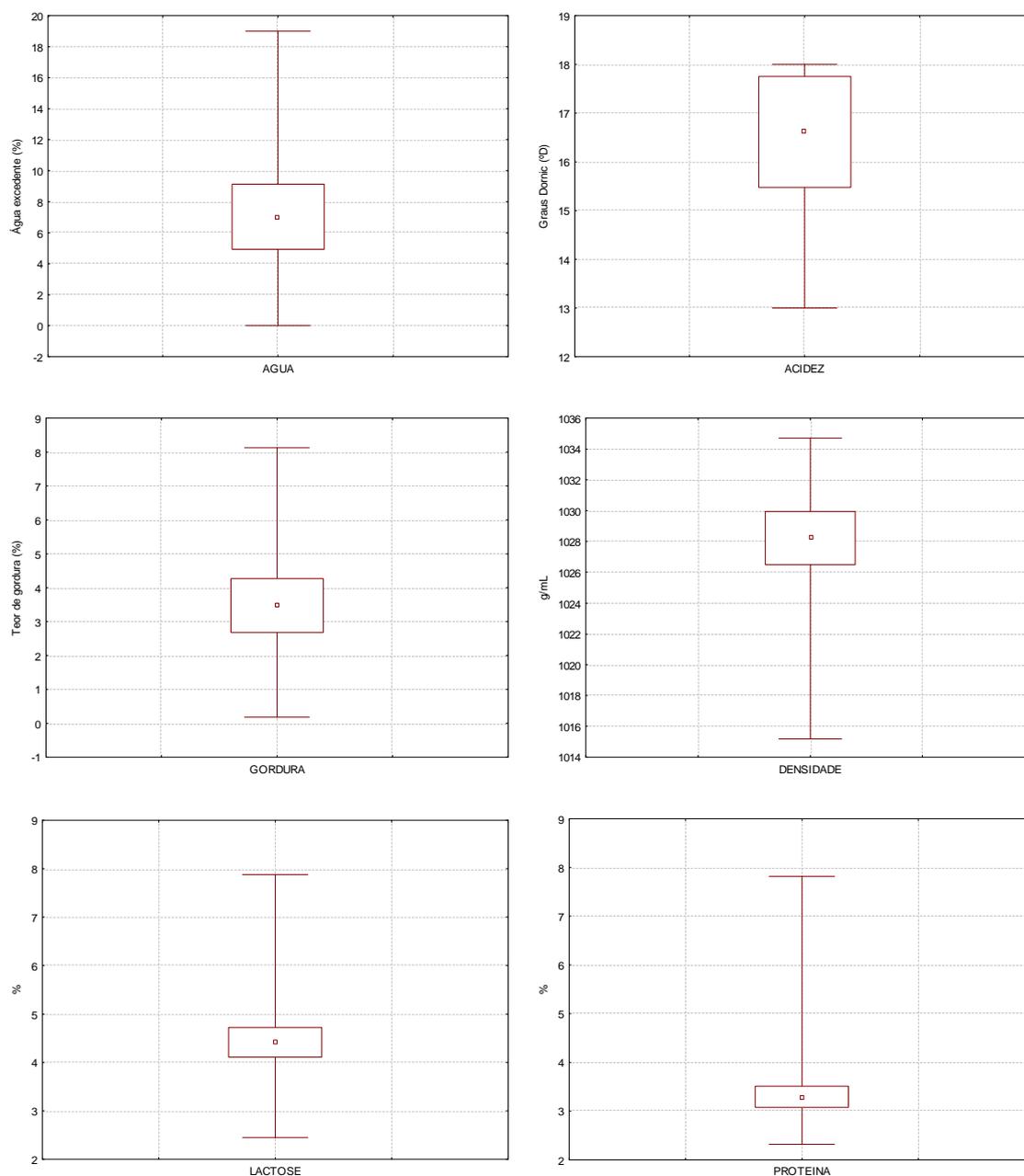


Figura 8 – Box plot das variáveis físico-químicas consideradas no estudo.

A seguir realiza-se uma análise individual das variáveis, observando a Figura 8.

Para a variável percentual de água excedente, os valores variam de 0,00% a 19,00%, mostrando uma grande amplitude. Em relação à variável acidez, verifica-se que o mínimo observado foi 13°D e o valor máximo foi de 18°D. Analisando o comportamento da variável gordura, pode-se notar que a amplitude varia de 0,18% a 8,13%. Para a densidade, observa-se que o

mínimo foi 1015,20g/mL e o valor máximo foi de 1034,70g/mL. A variável lactose possui mínimo de 2,45% e máximo de 7,88%. Já a concentração de proteína varia de 2,32% a 7,82%.

Até aqui, o interesse estava na análise do comportamento e consistência das variáveis no período de observação.

No próximo procedimento de análise, passa-se a avaliar a qualidade do leite fornecido durante o período considerado entre agosto de 2007 a março de 2008, com base nas especificações determinadas pela Instrução Normativa 51 de 2002, na qual estão especificados os parâmetros de qualidade para as variáveis físico-químicas do leite.

As especificações de qualidade do leite consideradas nesta pesquisa estão na Tabela 12.

Tabela 12 – Especificações de qualidade para as variáveis físico-químicas consideradas na segunda etapa da análise.

Variável	Especificações
AGUA	0 a 3,0%*
GORDURA	Mínimo de 3%
DENSIDADE	Entre 1028 e 1034g/mL
LACTOSE	Mínimo de 4,3%
PROTEINA	Mínimo de 2,9%

\* Para a variável AGUA tomaram-se por base os limites de especificação utilizados por Ansuji (2000).

Como indicador de qualidade, utiliza-se o percentual de amostras adequadas aos padrões determinados pela legislação. Esse indicador segue o mesmo delineamento desenvolvido no item 5.1.

Para esta análise, não será considerada a variável acidez, pois as amostras utilizadas aqui foram aceitas para manipulação industrial por estarem dentro dos parâmetros estabelecidos para essa característica.

A Tabela 13 apresenta os resultados da análise das amostras quanto aos quesitos físico-químicos do leite.

Tabela 13 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite no período de estudo.

Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	82	3,74	2110	96,26
GORDURA	520	23,72	1672	76,28	**	**
DENSIDADE	955	43,57	1235	56,34	2	0,09
LACTOSE	446	20,35	1746	79,65	**	**
PROTEINA	39	1,78	2153	98,22	**	**

\*\* A variável não possui amostras na situação indicada.

Observando a Tabela 13, e confrontando com Ansuji (2000), pode-se verificar que, das 2192 amostras analisadas para o percentual de água excedente, 2110 (96,26%) estavam acima de 3% de água excedente. Esse percentual é muito alto, e se configura como um problema para a indústria de laticínios, que preza por matéria-prima com percentuais de água excedente próximos de 0,00%.

Esse fato é grave para a indústria na questão financeira, pois, ao adquirir leite com fraude por adição de água, a indústria está pagando mais e recebendo menos leite “puro”. No momento da aquisição do leite, a indústria preza por um produto adequado aos processos de industrialização, mas nessa investigação verifica-se que o processo está sendo prejudicado, pois a maioria das amostras está apresentando adulteração por adição de água em sua composição.

Esse percentual é bem distinto do encontrado por Ansuji (2000), que verificou em 33,20% das amostras de leite, valores acima de 3% de água excedente.

Em relação ao teor de gordura, 1672 (76,28%) amostras se apresentaram dentro dos parâmetros de qualidade.

Observando a variável densidade, verifica-se que 1235 (56,34%) amostras estavam dentro dos padrões definidos para adequação do leite. Esse percentual é semelhante ao encontrado por Almeida et al. (1999), que sugere que amostras com baixa densidade podem estar ligadas a fraudes por adição de água.

Em relação à lactose, verifica-se que 79,65% das amostras coletadas estavam dentro das especificações. Para a concentração de proteína, 2153

(98,22%) amostras estavam adequadas aos parâmetros estabelecidos pela legislação.

A utilização do percentual de amostras dentro das especificações é um bom indicador para verificar o desempenho quanto à qualidade da matéria-prima fornecida. Assim, passa-se a estudar as estações do ano, com o intuito de verificar se as variáveis em estudo sofrem influência desse fator. De acordo com Noro et al. (2006), fatores ambientais como as estações do ano podem ocasionar variações nos componentes do leite.

Primeiramente, realiza-se a verificação da existência de normalidade nos dados, através do teste de Kolmogorov-Smirnov, conforme descrito no item 4.1.1.

A Tabela 14 apresenta o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Tabela 14 – Níveis de significância do teste de normalidade das variáveis físico-químicas em estudo.

Variável	K-S*	p-valor**
AGUA	0,09	< 0,01
GORDURA	0,04	< 0,01
DENSIDADE	0,04	< 0,01
LACTOSE	0,15	< 0,01
PROTEINA	0,15	< 0,01

\* Teste de Kolmogorov-Smirnov

\*\* Significância de 5% ( $\alpha=0,05$ ).

Analisando a Tabela 14, verifica-se que os p-valores são menores que 0,05; desse modo, rejeita-se a hipótese de que os dados se aproximam de uma distribuição normal.

Como as variáveis não seguem distribuição normal, deve-se optar por um procedimento não-paramétrico para verificar a existência de diferenças significativas entre as estações quanto às variáveis consideradas para avaliar a qualidade do leite. Nesse procedimento, opta-se pela análise de variância de Kruskal-Wallis (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

O objetivo é verificar a hipótese de existência de diferenças significativas entre as estações do ano, quanto às variáveis água excedente, teor de gordura, densidade, lactose e proteína.

As hipóteses são estabelecidas a seguir:

$H_0$ : Não existem diferenças significativas entre as estações quanto às variáveis em estudo;

$H_1$ : Existem diferenças significativas entre as estações quanto às variáveis em estudo.

Na Tabela 15, estão os resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis.

Tabela 15 – Níveis de significância da análise de variância de Kruskal-Wallis para as estações quanto às variáveis físico-químicas.

Variável	H	p-valor
AGUA	0,3329	0,8467
GORDURA	127,1401	0,0001
DENSIDADE	49,9330	0,0001
LACTOSE	108,9198	0,0001
PROTEINA	96,8129	0,0001

Os resultados da Tabela 15 mostram que ocorreram diferenças significativas entre as estações para as variáveis teor de gordura, densidade, lactose e proteína ( $p < 0,05$ ). Somente a variável água não apresentou diferenças significativas entre as estações ( $p = 0,8467$ ).

Para observar quais estações diferem entre si, a Tabela 16 apresenta os resultados do teste U de Mann-Whitney.

Tabela 16 – Níveis de significância do teste U de Mann-Whitney para as estações quanto às variáveis físico-químicas.

GORDURA			
ESTAÇÃO	ESTAÇÃO		
	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
INVERNO			
PRIMAVERA	0,0001*		
VERÃO	0,0001*	0,0001*	
DENSIDADE			
ESTAÇÃO	ESTAÇÃO		
	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
INVERNO			
PRIMAVERA	0,0001*		
VERÃO	0,0001*	0,0001*	
LACTOSE			
ESTAÇÃO	ESTAÇÃO		
	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
INVERNO			
PRIMAVERA	0,0001*		
VERÃO	0,0001*	0,3660	

Tabela 16 – Níveis de significância do teste U de Mann-Whitney para as estações quanto às variáveis físico-químicas. Continuação...

PROTEINA			
ESTAÇÃO	ESTAÇÃO		
	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
INVERNO			
PRIMAVERA	0,0001*		
VERÃO	0,0001*	0,5176	

\* Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Pelos resultados do teste U de Mann-Whitney, apresentados na Tabela 16, verifica-se que, em relação à concentração de gordura e à densidade, ocorreram diferenças significativas entre as estações. Considerando as variáveis lactose e proteína, verifica-se que a estação do inverno diferiu significativamente das estações da primavera e do verão ( $p=0,0001$ ).

Como a maioria das variáveis diferiram significativamente pelo efeito das estações, passa-se a uma análise mais profunda das variáveis em cada uma das estações consideradas. Para isso, realiza-se um estudo comparativo entre as rotas de coleta.

### 5.2.1 Análise da qualidade do leite, considerando as rotas de coleta

Devido ao fato de terem ocorrido diferenças significativas entre as estações do ano quanto às variáveis características da qualidade do leite, opta-se por avaliar as rotas de coleta do produto em cada uma das estações do ano.

A rota 1 participou com 13 fornecedores dos quais foram coletadas 386 amostras. Na rota 2, foram consideradas 900 amostras coletadas em 35 fornecedores. Já na rota 3, 35 fornecedores são considerados com 906 amostras analisadas na matéria-prima fornecida à indústria.

No item 5.2.1.1, é realizada a análise da qualidade do leite nas rotas de coleta durante o inverno.

### 5.2.1.1 Análise das rotas no inverno

Com o objetivo de comparar as rotas de coleta do leite no inverno, passa-se ao cálculo do indicador de qualidade, baseado no percentual de amostras adequadas para cada variável.

A Tabela 17 apresenta os percentuais de amostras adequadas em cada variável para as três rotas de coleta.

Tabela 17 - Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite no inverno.

Variável	ROTA 1					
	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	1	2,94	33	97,06
GORDURA	20	58,82	14	41,18	**	**
DENSIDADE	20	58,82	14	41,18	**	**
LACTOSE	3	8,82	31	91,18	**	**
PROTEINA	**	**	34	100,00	**	**
Variável	ROTA 2					
	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	6	4,03	143	95,97
GORDURA	60	40,27	89	59,73	**	**
DENSIDADE	44	29,53	104	69,80	1	0,67
LACTOSE	15	10,07	134	89,93	**	**
PROTEINA	**	**	149	100,00	**	**
Variável	ROTA 3					
	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	3	2,44	120	97,56
GORDURA	52	42,28	71	57,72	**	**
DENSIDADE	36	29,27	87	70,73	**	**
LACTOSE	7	5,69	116	94,31	**	**
PROTEINA	**	**	123	100,00	**	**

\*\* A variável não possui amostras na situação indicada.

Realizando a análise da Tabela 17, é possível verificar que o percentual de amostras adequadas para o percentual de água excedente foi de 2,94% na rota 1. Na rota 2, esse percentual foi de 4,03%. Já, na rota 3, observou-se 2,44% das amostras com menos de 3% de água excedente.

Quanto ao teor de gordura observado nas amostras, percebe-se que na rota 1 apenas 41,18% das amostras estavam adequadas. Na rota 2, esse percentual foi de 59,73%. E na rota 3 esse indicador foi de 57,72%.

Em relação à densidade observada no leite, verificam-se 41,18% das amostras adequadas na rota 1. Esse percentual foi de 69,80% na rota 2. Já na rota 3, o percentual de amostras adequadas quanto à densidade foi de 70,73%.

Para a lactose, observa-se que os percentuais de amostras adequadas para as rotas 1, 2 e 3 foram 91,18, 89,93 e 94,31%, respectivamente.

Quanto ao percentual de proteína no leite, todas as rotas apresentaram 100,00% das amostras dentro dos padrões especificados.

Para verificar se essas proporções de amostras adequadas para cada variável diferem significativamente entre as rotas de coleta, utiliza-se o teste do Qui-quadrado.

Ocorreram associações entre as rotas e as proporções de amostras adequadas para a variável densidade ( $p=0,0030$ ). Não existiu tal relação para as variáveis água excedente ( $p=0,7590$ ), gordura ( $p=0,1390$ ) e lactose ( $p=0,4190$ ). A variável proteína não pôde ser testada pois apresentou 100,00% das amostras dentro das especificações.

A Tabela 18 apresenta os resultados do teste, considerando as rotas, duas a duas, para a variável densidade.

Tabela 18 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta no inverno.

ROTA DE COLETA	DENSIDADE		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0030*		
ROTA 3	0,0030*	0,9730	

\* Diferenças significativas ( $p < \alpha = 0,05$ ).

Observando a Tabela 18, percebe-se que a rota 1 diferiu significativamente das rotas 2 e 3 ( $p < 0,05$ ) quanto a densidade.

### 5.2.1.2 Análise das rotas na primavera

Para comparar o desempenho das rotas de coleta, considerando a estação da primavera, procede-se conforme o item 5.2.1.1.

A Tabela 19 apresenta os resultados do indicador de qualidade para as rotas de coleta.

Tabela 19 - Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite na primavera.

ROTA 1						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	3	1,60	184	98,40
GORDURA	31	16,58	156	83,42	**	**
DENSIDADE	119	63,64	68	36,36	**	**
LACTOSE	36	19,25	151	80,75	**	**
PROTEINA	**	**	187	100,00	**	**
ROTA 2						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	30	7,30	381	92,70
GORDURA	123	29,93	288	70,07	**	**
DENSIDADE	188	45,74	223	54,26	**	**
LACTOSE	105	25,55	306	74,45	**	**
PROTEINA	4	0,97	407	99,03	**	**
ROTA 3						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	5	1,17	421	98,83
GORDURA	90	21,13	336	78,87	**	**
DENSIDADE	194	45,54	232	54,46	**	**
LACTOSE	87	20,42	339	79,58	**	**
PROTEINA	1	0,23	425	99,77	**	**

\*\* A variável não possui amostras na situação indicada.

Pela Tabela 19, percebe-se que a rota 1 obteve valor de 1,60% para o indicador, enquanto que a rota 2 obteve 7,30%. Na rota 3, esse percentual foi de 1,17%.

Na rota 1, observam-se 83,42% das amostras adequadas quanto ao teor de gordura. Na rota 2, esse percentual foi de 70,07%. E na rota 3 observam-se 78,87% das amostras adequadas.

Em relação à densidade, verifica-se na rota 1 que 36,36% das amostras estavam dentro das especificações. Já na rota 2 observam-se 54,26%. Na rota 3, 54,46% das amostras se adequaram aos padrões de densidade.

Para a lactose, a rota 1 apresentou 80,75% das amostras dentro dos padrões. Na rota 2 ocorreram 74,45%. E na rota 3 observam-se 79,58% das amostras dentro das especificações.

Em relação à proteína, a rota 1 apresentou todas as amostras adequadas. Na rota 2, o percentual foi de 99,03%. E na rota 3 ocorreram 99,77% das amostras dentro das especificações.

Para verificar se existem relações entre as rotas e as proporções de amostras adequadas, observam-se os resultados do teste do Qui-quadrado.

Ocorreram associações entre as rotas de coleta e as proporções para as variáveis água excedente ( $p=0,0001$ ), gordura ( $p=0,0001$ ) e densidade ( $p=0,0001$ ).

Na Tabela 20, as rotas são comparadas, duas a duas.

Tabela 20 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta na primavera.

AGUA			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0080*		
ROTA 3	****	0,0001*	
GORDURA			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0001*		
ROTA 3	0,2330	0,0040*	
DENSIDADE			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0001*		
ROTA 3	0,0001*	0,9910	

\* Diferenças significativas ( $p < \alpha = 0,05$ ).

\*\*\*\* Não foi possível realizar o teste, pois as informações não se adequaram para comparação.

Para as variáveis água excedente e teor de gordura, a rota 2 diferiu significativamente das rotas 1 e 3 ( $p < 0,05$ ). Já para a densidade, percebe-se que a rota 1 diferiu significativamente das rotas 2 e 3 ( $p < 0,05$ ).

### 5.2.1.3 Análise das rotas no verão

Seguindo os procedimentos desenvolvidos nos itens 5.2.1.1 e 5.2.1.2, realiza-se a comparação das rotas de coleta quanto às variáveis físico-químicas, considerando a estação do verão.

Tabela 21 - Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade físico-químicas do leite no verão.

ROTA 1						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	2	1,21	163	98,79
GORDURA	28	16,97	137	83,03	**	**
DENSIDADE	104	63,03	60	36,36	1	0,61
LACTOSE	37	22,42	128	77,58	**	**
PROTEINA	4	2,42	161	97,58	**	**

ROTA 2						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	22	6,47	318	93,53
GORDURA	2	0,59	338	99,41	**	**
DENSIDADE	113	33,24	227	66,76	**	**
LACTOSE	55	16,18	285	83,82	**	**
PROTEINA	12	3,53	328	96,47	**	**

ROTA 3						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
AGUA	**	**	10	2,80	347	97,20
GORDURA	64	17,93	293	82,07	**	**
DENSIDADE	137	38,38	220	61,62	**	**
LACTOSE	101	28,29	256	71,71	**	**
PROTEINA	18	5,04	339	94,96	**	**

\*\* A variável não possui amostras na situação indicada.

Verifica-se pela Tabela 21 que, para o percentual de água excedente, na rota 1, apenas 1,21% das amostras estavam dentro das especificações. Na rota 2, ocorreram 6,47% das amostras dentro dos parâmetros. E na rota 3 esse percentual foi de 2,80%.

Em relação ao teor de gordura, observam-se na rota 1, 83,03% das amostras adequadas. Na rota 2, verificam-se 99,41% das amostras nessa situação. E na rota 3 esse percentual foi de 82,07%.

Na rota 1, ocorreram 36,36% das amostras adequadas para a densidade. Na rota 2, foram 66,76%. E na rota 3 esse percentual foi de 61,62%.

Para a lactose, na rota 1 ocorreram 77,58% das amostras dentro das especificações. Para a rota 2 esse percentual foi de 83,82%. Já na rota 3 foram 71,71% das amostras dentro dos padrões.

Em relação ao teor de proteínas do leite, 97,58% das amostras da rota 1 se apresentaram adequadas. Para a rota 2 esse percentual foi de 96,47%. E na rota 3 ocorreram 94,96% das amostras dentro dos parâmetros de adequação.

Com o objetivo de verificar se existe associação entre as rotas de coleta e as proporções de amostras adequadas, utiliza-se o teste do Qui-quadrado.

Pelo teste, verifica-se que ocorreram associações entre as rotas e as proporções para as variáveis água excedente, teor de gordura, densidade e lactose ( $p < 0,05$ ).

Para comparar as rotas, duas a duas, passa-se a observar a Tabela 22.

Tabela 22 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta no verão.

AGUA			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0170*		
ROTA 3	****	0,0330*	
GORDURA			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0001*		
ROTA 3	0,8860	0,0001*	
DENSIDADE			
ROTA DE COLETA	ROTA DE COLETA		
	ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1			
ROTA 2	0,0001*		
ROTA 3	0,0001*	0,1820	

Tabela 22 – Níveis de significância do teste do Qui-quadrado para as rotas de coleta no verão. Continuação...

		LACTOSE		
ROTA DE COLETA		ROTA DE COLETA		
		ROTA 1	ROTA 2	ROTA 3
ROTA 1				
ROTA 2		0,1130		
ROTA 3		0,1910	0,0001*	

\* Diferenças significativas ( $p < \alpha = 0,05$ ).

\*\*\*\* Não foi possível realizar o teste, pois as informações não se adequaram para comparação.

Pela Tabela 22, verifica-se que, para as variáveis água excedente e teor de gordura, a rota 2 diferiu significativamente das rotas 1 e 3 ( $p < 0,05$ ). A rota 1 diferiu significativamente das rotas 2 e 3 para a densidade ( $p = 0,0001$ ). E para a lactose, houve diferença significativa entre as rotas 2 e 3 ( $p = 0,0001$ ).

Após a análise da qualidade do leite entre as rotas de coleta do produto, passa-se a analisar o desempenho dos fornecedores com base nas características de qualidade da matéria-prima entregue à usina. Esse procedimento é desenvolvido no item 5.3.

### 5.3 Aplicação do gráfico de controle da fração de não-conformes

Considerando as especificações de qualidade para as variáveis percentual de água excedente, teor de gordura, densidade, lactose e proteínas, determina-se a fração de lotes não-conformes por fornecedor. Com isso, é possível construir o gráfico de controle para a fração de não-conformes para os períodos do inverno, primavera e verão.

Na Figura 9, está o gráfico de controle da fração de não-conformes para os fornecedores considerados no inverno.

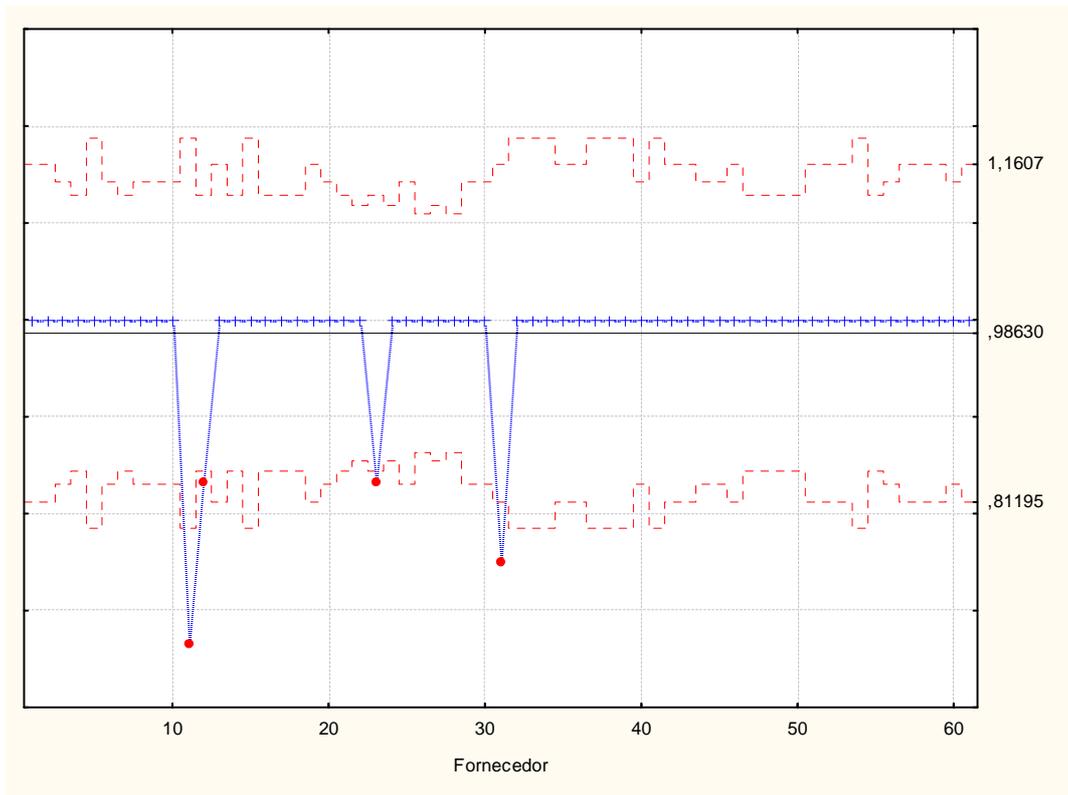


Figura 9 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, considerando todas as características físico-químicas, para a produção de matéria-prima no inverno.

De acordo com a Figura 9, é possível perceber que ocorreram muitas frações não-conformes iguais a 1,00, fazendo com que a proporção média ficasse muito próxima desse valor. Desse modo, frações não-conformes baixas, que seriam consideradas como desejáveis, se apresentaram abaixo do limite inferior de controle.

Na Figura 10, está apresentado o gráfico de controle da fração de não-conformes para os fornecedores na primavera.

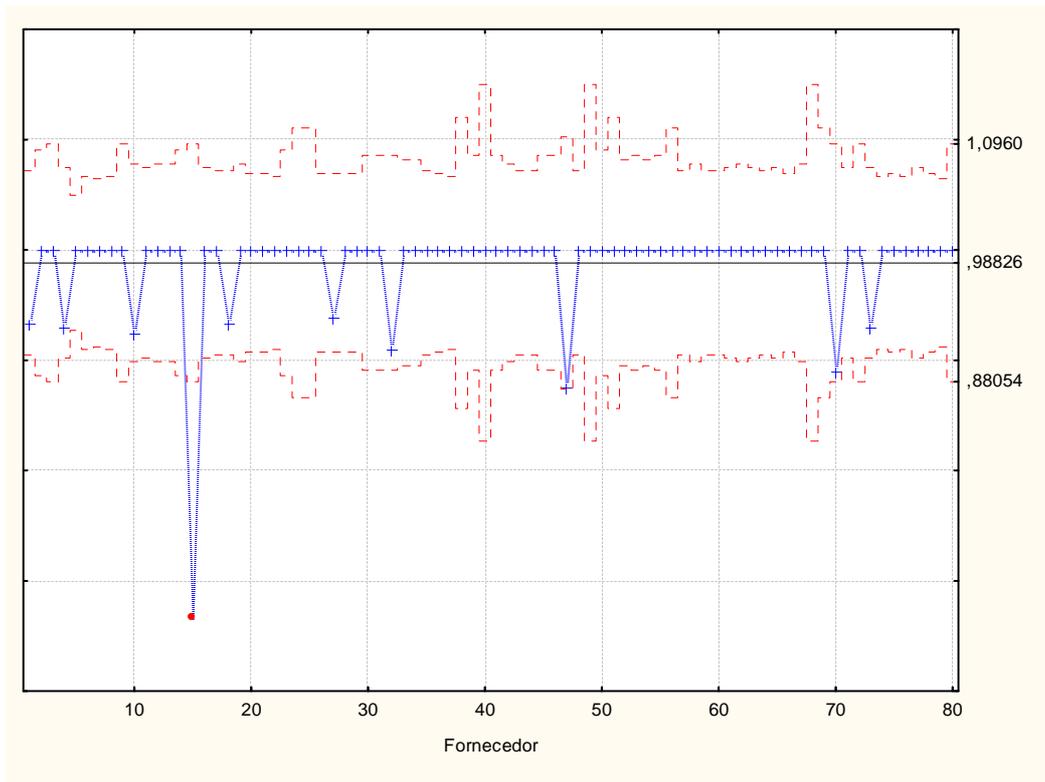


Figura 10 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, considerando todas as características físico-químicas, para a produção de matéria-prima na primavera.

O gráfico apresentado na Figura 10 possui comportamento semelhante ao gráfico da Figura 9, tendo muitas frações de não-conformes iguais a 1,00. Assim, frações de não-conformes menores se apresentaram abaixo do limite inferior de controle.

Na Figura 11, está o gráfico de controle da fração de não-conformes para os fornecedores no verão.

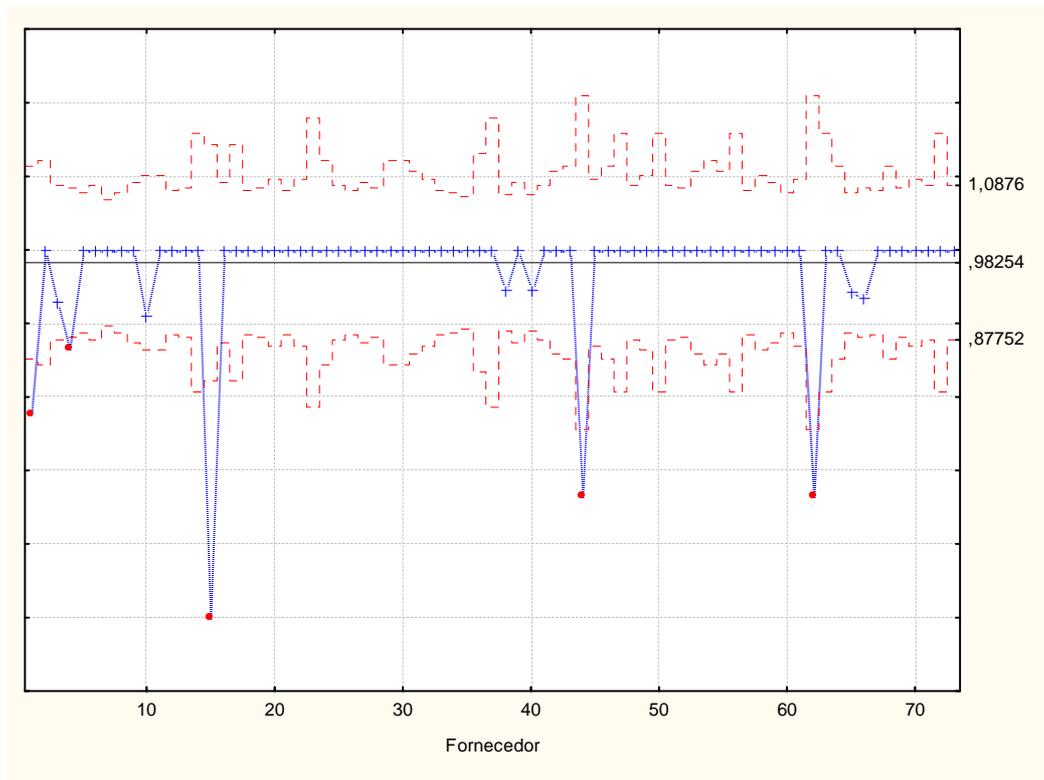


Figura 11 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, considerando todas as características físico-químicas, para a produção de matéria-prima no verão.

Observando a Figura 11, é possível perceber comportamento semelhante ao dos gráficos das Figuras 9 e 10.

Pelas Figuras 9, 10 e 11 e pelos resultados dos indicadores de qualidade calculados para cada variável no item 5.2, é possível perceber uma influência das variáveis água excedente e densidade, tornando as frações de não-conformes próximas de 1,00.

Assim, se forem excluídas essas duas variáveis, que apresentaram maior número de amostras fora dos limites de especificações considerados na Tabela 12, têm-se os gráficos de controle da fração de não-conformes apresentados nas Figuras 12, 13 e 14.

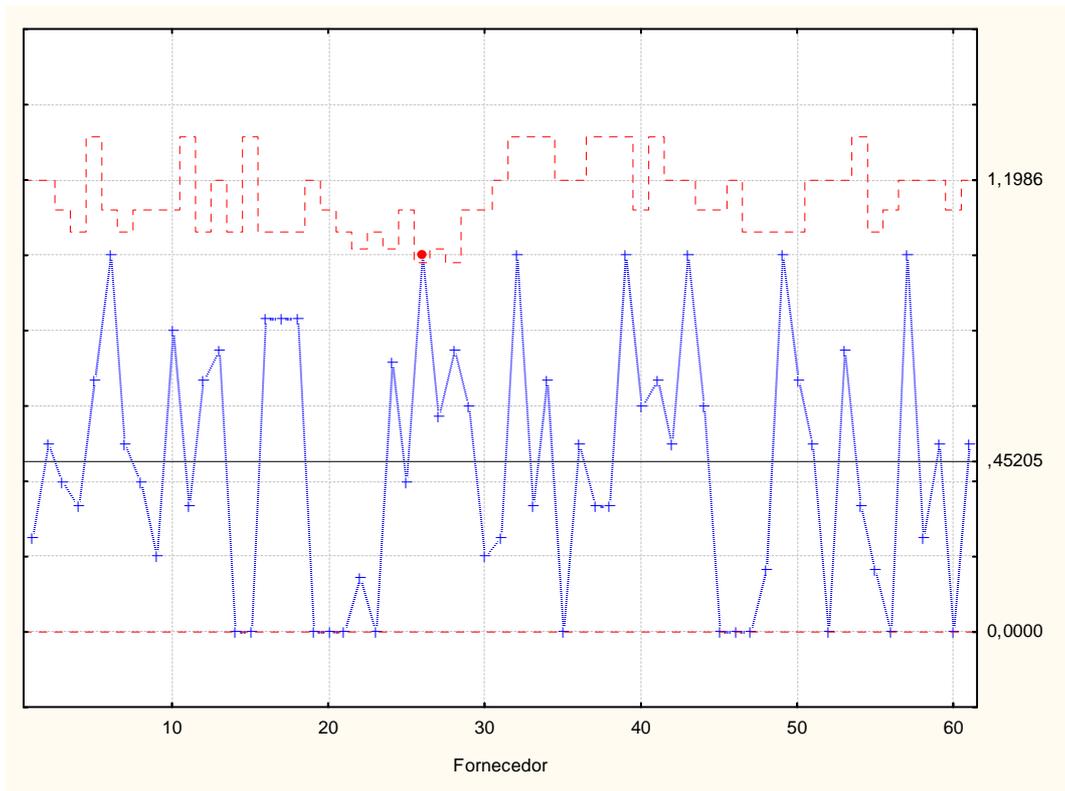


Figura 12 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima no inverno.

Pela Figura 12, percebe-se que ocorreu um ponto acima do limite superior de controle, sendo fração não-conforme igual a 1,00. Esse ponto representa um fornecedor oriundo da rota 2.

Além disso, verifica-se que, eliminando as variáveis água excedente e densidade, o processo ficou mais bem distribuído, diminuindo a proporção média de 0,98630 para 0,45205.

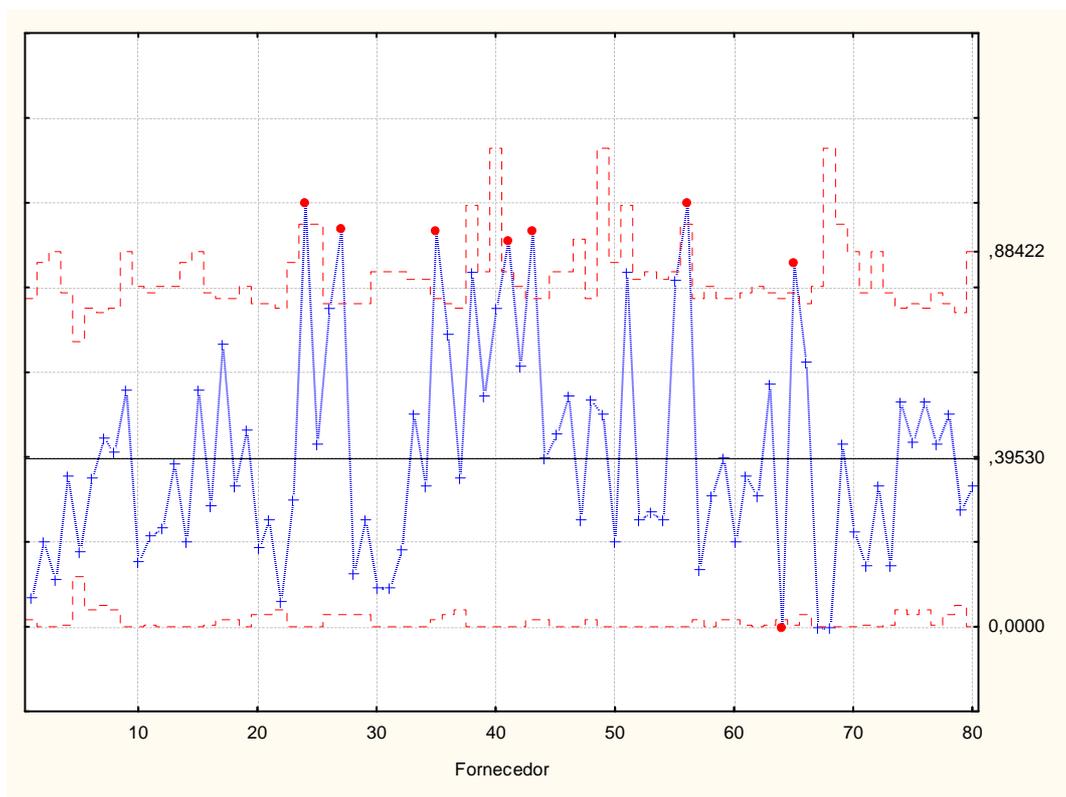


Figura 13 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima na primavera.

Observando a Figura 13, verifica-se que 7 fornecedores apresentaram fração de não-conformes acima do limite superior de controle e um fornecedor se apresentou abaixo do limite inferior de controle. Desses fornecedores, 1 é da rota 1, 4 são fornecedores da rota 2 e 3 são oriundos da rota 3.

Na questão da distribuição dos pontos no gráfico, com a eliminação das variáveis água excedente e densidade, 42 fornecedores apresentaram fração entre o limite inferior e o limite central de controle e 30 apresentaram fração de não-conformes entre o limite central e o limite superior de controle.

A Figura 14 apresenta o gráfico de controle da fração de não-conformes para os fornecedores considerados no verão.

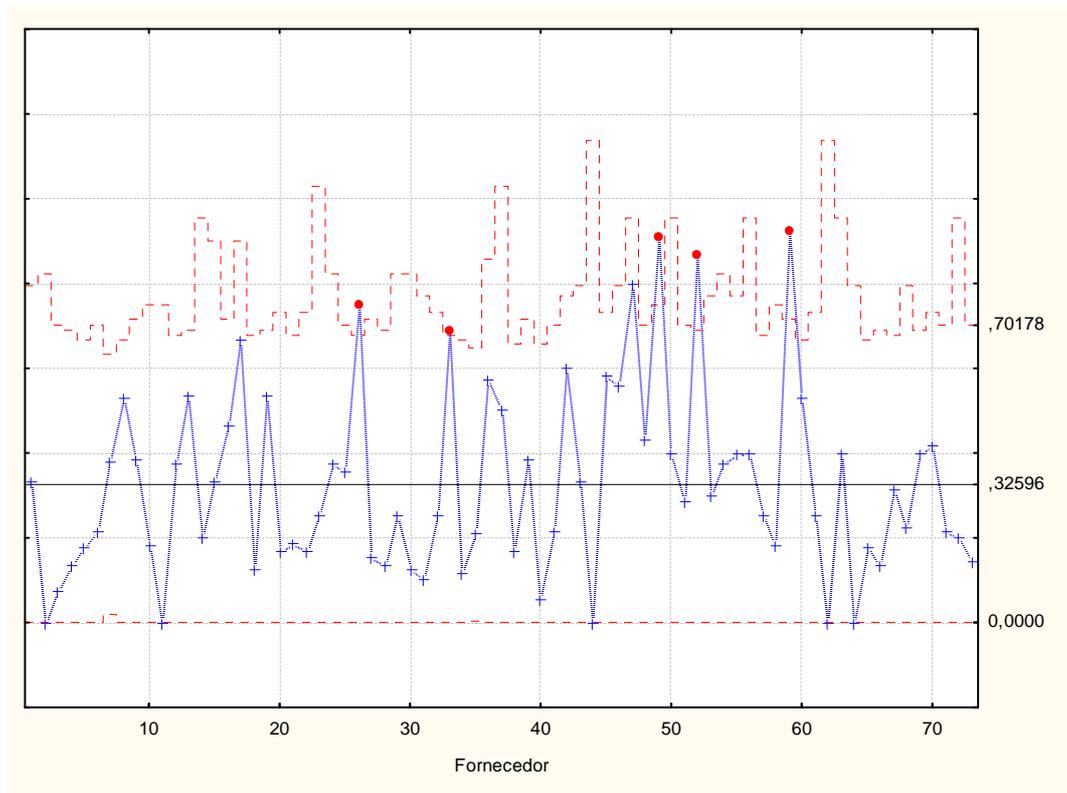


Figura 14 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima no verão.

Pela Figura 14, verifica-se que 5 fornecedores apresentaram fração de não-conformes acima do limite superior de controle. Desses, 2 são da rota 2 e os outros 3 são fornecedores da rota 3.

Além disso, 39 fornecedores apresentaram fração abaixo do limite central de controle, caracterizando fornecedores com melhor desempenho no processo de produção do leite.

Realizando uma análise conjunta das Figuras 12, 13 e 14, é possível verificar que o processo se mostrou fora de controle nos três períodos, mas foram poucos fornecedores que apresentaram altas frações de não-conformes.

Porém, é preciso definir políticas para a eliminação de lotes de leite fora das especificações. Uma possibilidade é o gerenciamento do processo, de modo a evitar fraudes como a adição de água ao leite e o desnate parcial ou total (TRONCO, 1996, p. 188).

No próximo item, é realizada a construção de um índice de qualidade para avaliar o desempenho dos fornecedores.

## 5.4 Construção do índice de qualidade para os fornecedores

Nesta etapa do estudo, tem-se o objetivo de construir um índice capaz de refletir a qualidade do leite fornecido para a usina. A proposta é de uma única variável que resuma todas as informações de qualidade sobre a matéria-prima de cada fornecedor. Aplica-se a metodologia baseada nas técnicas de análise fatorial e de componentes principais (MINGOTI; SILVA, 1997; KUBRUSLY, 2001; SABOIA; KUBRUSLY, 2008).

A idéia é de que as variáveis água excedente, teor de gordura, lactose e proteína sejam ponderadas no índice, de forma que as variáveis mais importantes recebam maiores pesos.

As variáveis água excedente, teor de gordura, lactose e proteínas foram escolhidas nesse procedimento por refletirem a qualidade da matéria-prima, e poderem ser usadas para o sistema de pagamento do leite. A água, quando encontrada em excesso no leite, pode ser fator para desconto no pagamento, já que a indústria não deve pagar por água, mas, sim, por leite. A gordura, a lactose e as proteínas são fatores que valorizam o leite na questão do pagamento por qualidade (MADALENA, 2000, p. 678; TRONCO, 2008, p. 116) e no valor nutritivo (TRONCO, 2008, p. 143).

Inicialmente foram calculadas as médias de cada variável para cada fornecedor, de modo que cada um tivesse somente um escore em cada variável. Além disso, foram considerados, em cada período, somente os fornecedores com pelo menos três amostras analisadas.

Nos itens seguintes, são desenvolvidos os procedimentos para a construção do índice de qualidade.

### 5.4.1 Aplicação do índice de qualidade no inverno

Com o objetivo de construir o índice de qualidade para os fornecedores no inverno, passa-se ao uso da análise fatorial.

Na Tabela 23, estão as correlações entre as variáveis utilizadas para a construção do índice.

Tabela 23 – Matriz de correlação das variáveis consideradas para a construção do índice de qualidade no inverno.

	AGUA	GORDURA	LACTOSE	PROTEINA
AGUA	1,00			
GORDURA	-0,25 (0,052)	1,00		
LACTOSE	-0,29 (0,021)	-0,14 (0,291)	1,00	
PROTEINA	-0,35 (0,005)	0,09 (0,502)	0,65 (0,000)	1,00

Como ocorreram correlações significativas entre as variáveis água e lactose, água e proteína e entre lactose e proteína ( $p < 0,05$ ), opta-se por extrair os fatores adjacentes.

A Tabela 24 apresenta os fatores extraídos das variáveis originais com seus autovalores e percentual de variância explicada.

Tabela 24 – Autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos no inverno.

Fator	Autovalor	% Variância	% Variância Acumulada
1	1,90	47,45	47,45
2	1,17	29,24	76,69
3	0,62	15,57	92,26
4	0,31	7,74	100,00

Considerando o critério de Kaiser (MINGOTI, 2005, p. 105), em que são selecionados os fatores cujos autovalores são maiores que 1, passa-se a considerar os dois primeiros fatores. Essa situação resulta em um índice bidimensional, pois cada fator gera uma componente principal que é considerada como sendo um índice. Juntos os dois índices mantêm 76,69% da variabilidade acumulada dos dados.

Para verificar o comportamento dos dois índices, observam-se as cargas fatoriais, que são as correlações entre as variáveis originais e os fatores extraídos. Essa análise colabora para a interpretação do índice, de modo que se verificam as variáveis mais relevantes em cada dimensão.

Tabela 25 – Cargas fatoriais para os dois fatores considerados no inverno.

Variável	Fator 1	Fator 2
AGUA	-0,65	0,44
GORDURA	0,14	-0,90
LACTOSE	0,83	0,39
PROTEINA	0,87	0,11

Analisando a Tabela 25, percebe-se que as variáveis lactose e proteína possuem correlações positivas e fortes com o Fator 1. Já a variável água possui correlação negativa e moderada com esse fator. Desse modo, tem-se que as variáveis proteína, lactose e água terão maior peso na interpretação do primeiro índice. Dessa maneira o primeiro índice apresentará escores altos para os fornecedores com menor percentual de água excedente no leite, e maior teor de lactose e proteínas.

No segundo fator, a variável gordura se destaca com correlação negativa e forte. Se um fornecedor tiver escore baixo no índice, terá maior teor de gordura no leite produzido.

A Figura 15 mostra a distribuição dos fornecedores nos dois índices.

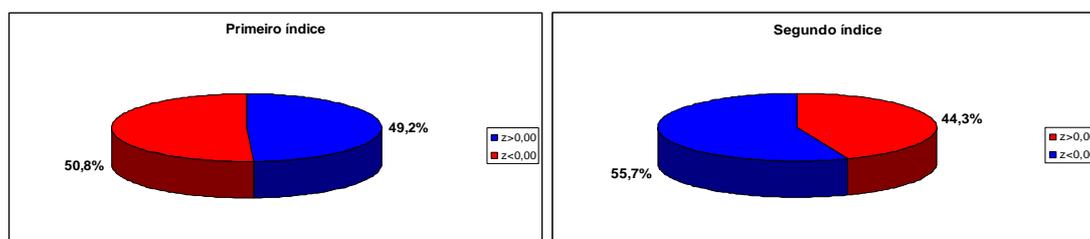


Figura 15 – Distribuição dos fornecedores nos dois índices de qualidade no inverno.

Pela Figura 15, é possível verificar que, no primeiro índice, 49,20% dos fornecedores apresentaram escores positivos, caracterizando amostras com altos teores de lactose e proteína, além de baixos percentuais de água excedente. No segundo índice, têm-se 55,70% dos fornecedores com escores negativos, definindo amostras com elevados teores de gordura.

De modo a observar o comportamento dos fornecedores, utiliza-se um diagrama de dispersão, como sugerem Haase et al. (2003).

A Figura 16 mostra o diagrama de dispersão para os escores dos dois índices (primeiro índice x segundo índice).

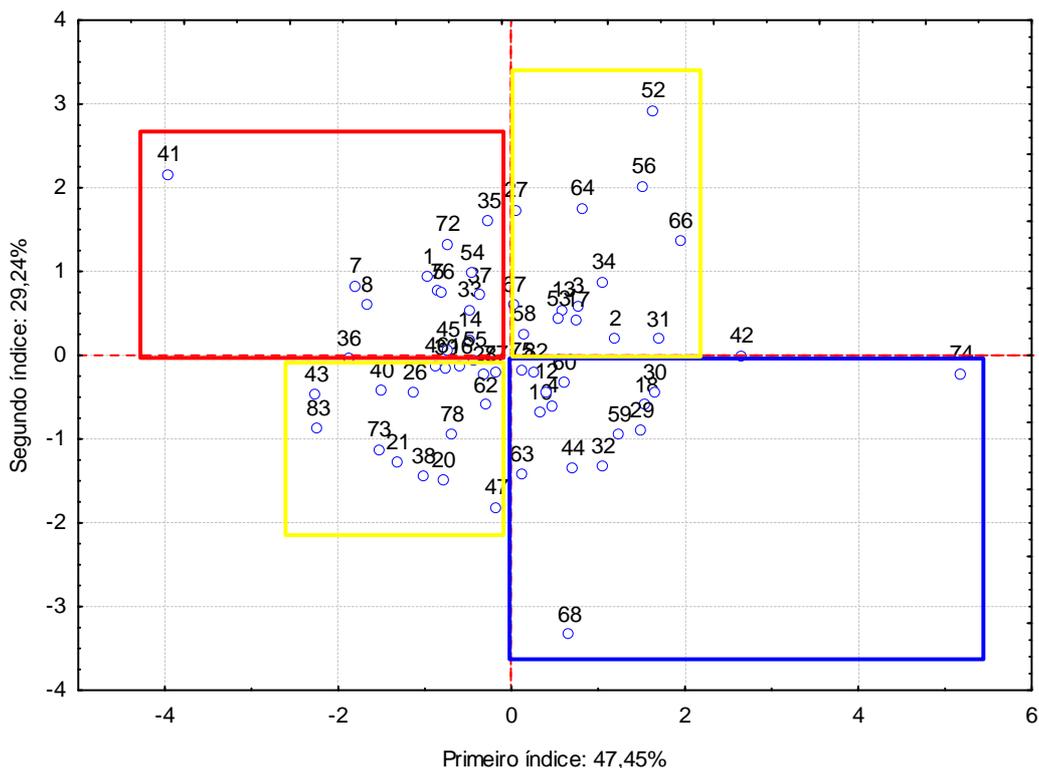


Figura 16 – Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices no inverno.

Observando a Figura 16, é possível verificar que 16 fornecedores (retângulo azul) foram classificados com melhor leite produzido. Desses fornecedores, 50% são da rota 2 e os demais da rota 3. Esses fornecedores são considerados como os que entregaram a melhor matéria-prima, tendo, em média, maiores teores de lactose, proteína e gordura, e com menores percentuais de água adicionada. Desse modo, esses fornecedores poderiam receber melhor remuneração por maior qualidade físico-química apresentada no leite entregue.

Os fornecedores localizados nos retângulos amarelos apresentaram bom desempenho em um índice e mau desempenho no outro índice. Foram 14 fornecedores com bom desempenho no primeiro índice. E, 18 fornecedores com bom desempenho no segundo índice.

Já os fornecedores localizados no retângulo vermelho tiveram os piores desempenhos globais. São 13 fornecedores com matéria-prima, em média, com menor qualidade no aspecto físico-químico. Desses fornecedores, 3 são oriundos da rota 1, 7 vêm da rota 2, e 3 são fornecedores da rota 3.

### 5.4.2 Aplicação do índice de qualidade na primavera

Para a construção do índice de qualidade para os fornecedores considerados na primavera, passa-se ao uso da análise fatorial, conforme realizado no item 5.4.1.

Na Tabela 26 estão as correlações entre as variáveis originais.

Tabela 26 - Matriz de correlação das variáveis consideradas para a construção do índice de qualidade na primavera.

	AGUA	GORDURA	LACTOSE	PROTEINA
AGUA	1,00			
GORDURA	-0,01 (0,960)	1,00		
LACTOSE	-0,15 (0,173)	-0,16 (0,153)	1,00	
PROTEINA	-0,22 (0,049)	0,09 (0,407)	0,79 (0,000)	1,00

Pela Tabela 26, verifica-se que ocorreram correlações significativas entre as variáveis água e proteína, e entre as variáveis lactose e proteína ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 27, estão os fatores extraídos com seus autovalores e percentual de variância explicada.

Tabela 27 - Autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos na primavera.

Fator	Autovalor	% Variância	% Variância Acumulada
1	1,87	46,84	46,84
2	1,04	26,10	72,94
3	0,92	22,88	95,81
4	0,17	4,19	100,00

Considerando o critério de Kaiser para a determinação do número de fatores, opta-se pelos dois fatores iniciais, caracterizando um índice bidimensional.

O primeiro índice explica 46,84% da variabilidade total das variáveis originais. O segundo índice tem poder de explicação de 26,10%.

De modo a facilitar a interpretação do índice bidimensional, tem-se a Tabela 28, com as cargas fatoriais obtidas.

Tabela 28 - Cargas fatoriais para os dois fatores considerados na primavera.

Variável	Fator 1	Fator 2
AGUA	0,40	0,24
GORDURA	0,07	-0,97
LACTOSE	-0,92	0,17
PROTEINA	-0,93	-0,14

Percebe-se que o primeiro fator apresenta correlações negativas e fortes com as variáveis lactose e proteína. Já o segundo fator possui correlação negativa forte com a variável teor de gordura.

Escores altos no primeiro índice significam baixos valores de lactose e proteína, e valores altos de água excedente. No segundo índice, tem-se que altos escores significam baixos valores para teor de gordura. Assim, fica fácil classificar os fornecedores com escores que englobam as informações de forma resumida.

Na Figura 17, estão os fornecedores distribuídos conforme os escores recebidos nos índices.

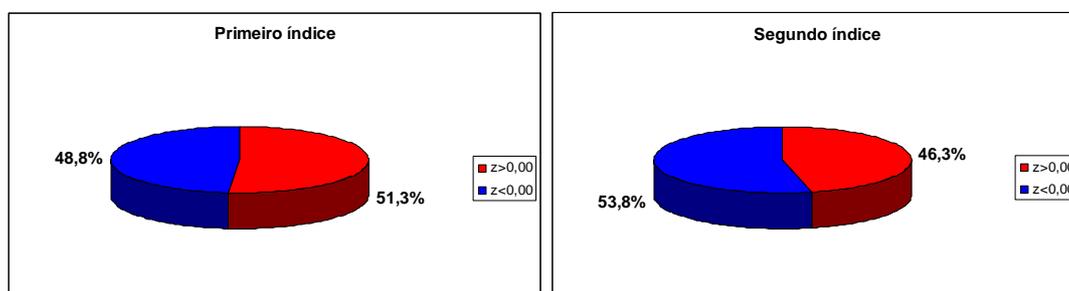


Figura 17 - Distribuição dos fornecedores nos dois índices de qualidade na primavera.

Analisando a Figura 17, verifica-se que 48,80% dos fornecedores apresentaram escores negativos no primeiro índice, indicando altos teores de lactose e proteína, além de baixos percentuais de água adicionada.

No segundo índice, 53,80% dos fornecedores tiveram escores negativos; isso indica que forneceram leite com altos teores de gordura.

Para facilitar a análise da dispersão dos fornecedores em relação aos dois índices, observa-se a Figura 18.

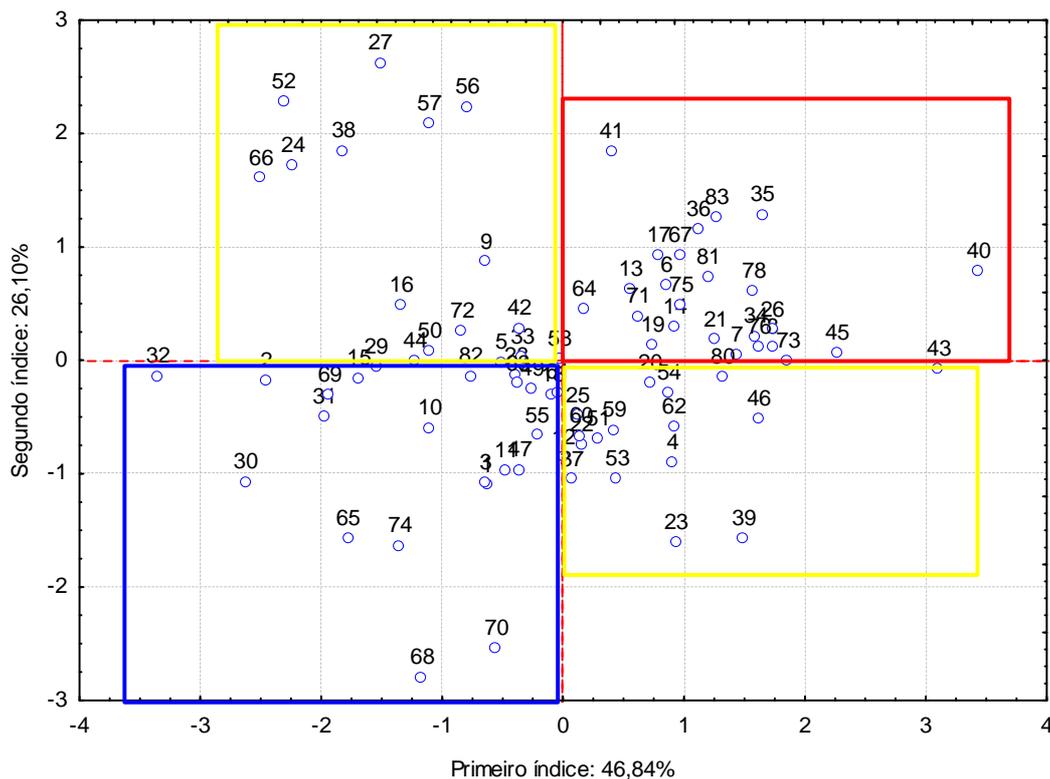


Figura 18 - Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices na primavera.

Pela Figura 18, percebe-se que 25 fornecedores (retângulo azul) tiveram escores negativos no primeiro índice e escores negativos no segundo índice. Desses fornecedores, 2 são da rota 1, 14 são oriundos da rota 2 e 9 fornecedores são da rota 3. Esses fornecedores entregaram matéria-prima, em média, com altos teores de gordura, lactose e proteínas e baixos percentuais de água adicionada. Assim, esses fornecedores poderiam ser beneficiados no sistema de pagamento.

No retângulo vermelho estão os fornecedores com pior classificação, apresentando amostras, em média, com baixos teores de gordura, lactose e proteínas e altos percentuais de água excedente. São 23 fornecedores dos quais 4 são da rota 1, 10 são da rota 2 e 9 são oriundos da rota 3.

### 5.4.3 Aplicação do índice de qualidade no verão

Para proceder à avaliação dos fornecedores durante o período do verão, passa-se à aplicação da técnica de análise fatorial, conforme realizado nos itens 5.4.1 e 5.4.2.

As correlações entre as variáveis originais estão apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29 - Matriz de correlação das variáveis consideradas para a construção do índice de qualidade no verão.

	AGUA	GORDURA	LACTOSE	PROTEINA
AGUA	1,00			
GORDURA	0,00 (0,968)	1,00		
LACTOSE	-0,16 (0,174)	-0,29 (0,012)	1,00	
PROTEINA	-0,32 (0,006)	-0,01 (0,910)	0,63 (0,000)	1,00

Percebe-se pela Tabela 29 que ocorreram correlações significativas entre as variáveis água e proteína, gordura e lactose e entre lactose e proteína ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 30 estão os autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos. Percebe-se que os dois primeiros fatores apresentaram autovalores maiores que 1, sendo definidos para a construção do índice, que nesse caso também é bidimensional.

Tabela 30 - Autovalores e percentual de variância explicada para os fatores extraídos no verão.

Fator	Autovalor	% Variância	% Variância Acumulada
1	1,83	45,79	45,79
2	1,07	26,74	72,52
3	0,81	20,18	92,70
4	0,29	7,30	100,00

No primeiro índice, têm-se 45,79% da variância original, enquanto que no segundo índice a explicação é de 26,74%.

Para a interpretação dos índices, têm-se por base as correlações estabelecidas entre as variáveis originais e os dois índices. A Tabela 31 apresenta essas correlações.

Tabela 31 - Cargas fatoriais para os dois fatores considerados no verão.

Variável	Fator 1	Fator 2
AGUA	0,50	0,52
GORDURA	0,32	-0,84
LACTOSE	-0,86	0,22
PROTEINA	-0,86	-0,23

Observando a Tabela 31, é possível perceber fortes correlações negativas entre as variáveis lactose e proteína e o primeiro fator. Esse fator também apresenta correlação positiva moderada com a variável água excedente.

Em relação ao segundo fator, verifica-se uma forte correlação negativa com a variável teor de gordura, além de uma correlação positiva e moderada com a variável água excedente.

Para realizar a avaliação dos fornecedores, tomam-se por base os escores dos dois índices. A distribuição dos fornecedores conforme os escores está apresentada na Figura 19.

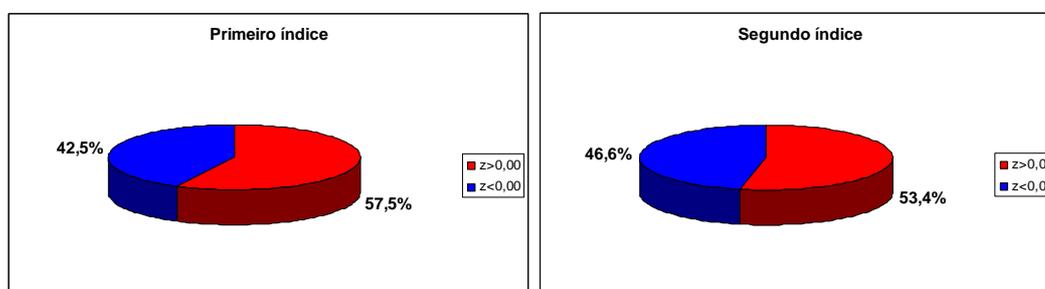


Figura 19 - Distribuição dos fornecedores nos dois índices de qualidade no verão.

Pela Figura 19, verifica-se que 42,50% dos fornecedores tiveram escores negativos no primeiro índice, caracterizando amostras com altos percentuais de lactose e proteínas e baixos percentuais de água excedente.

No segundo índice, verifica-se que 46,60% dos fornecedores apresentaram escores negativos, indicando matéria-prima com altos teores de gordura e baixos percentuais de água excedente.

Já na Figura 20, tem-se a dispersão dos fornecedores, considerando os dois índices construídos.

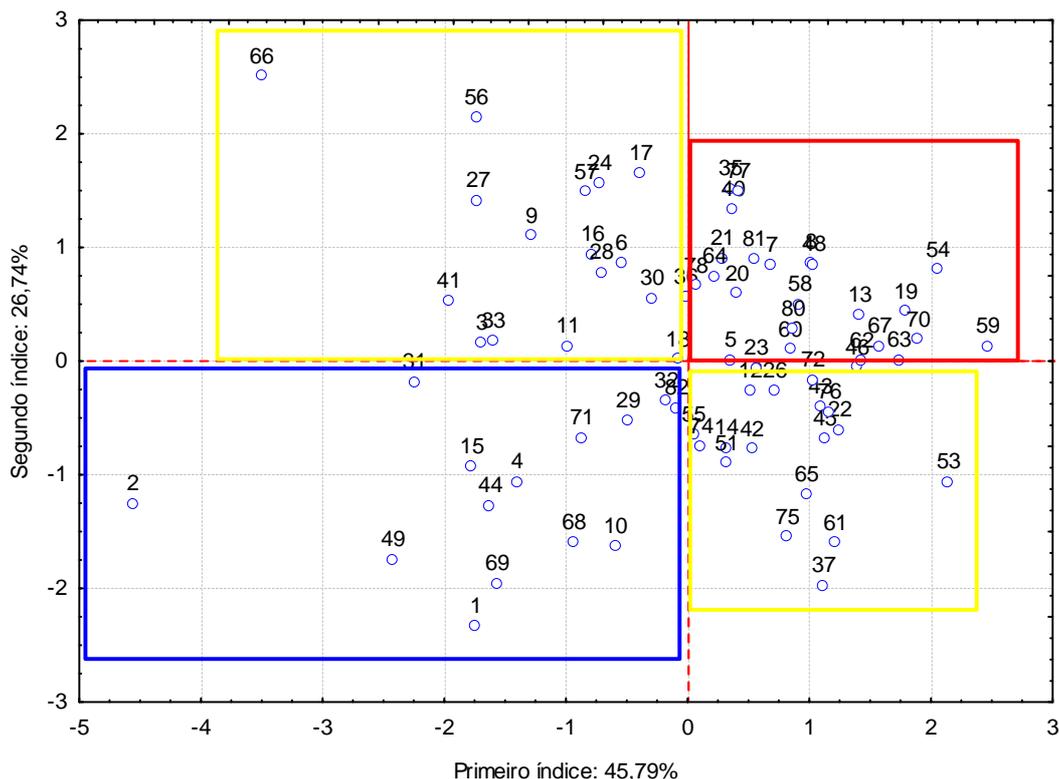


Figura 20 - Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices no verão.

Observando a Figura 20, é possível verificar que 14 fornecedores (retângulo azul) apresentaram escores negativos no primeiro índice e escores negativos no segundo, caracterizando matéria-prima entregue, em média, com altos teores de gordura, lactose e proteínas e baixos percentuais de água excedente. Desses fornecedores, 10 são oriundos da rota 2 e 4 fornecedores vêm da rota 3.

Além disso, esses fornecedores poderiam ser privilegiados no sistema de pagamento, recebendo bônus por fornecerem matéria-prima de maior qualidade físico-química.

Já no retângulo vermelho estão os 22 fornecedores que apresentaram, em média, leite com baixos percentuais de gordura, lactose e proteínas e altos percentuais de água adicionada. Desses fornecedores, 6 vêm da rota 1, 3 são fornecedores da rota 2 e 13 são oriundos da rota 3.

Por fim, considerando os três períodos conjuntamente (inverno, primavera e verão), é possível realizar uma análise da evolução dos fornecedores quanto aos escores obtidos nos índices.

Tendo por base os fornecedores localizados no retângulo azul nos períodos, percebe-se que, no inverno, 26,23% dos fornecedores ficaram nessa classificação. Na primavera, esse percentual aumentou para 31,25%. E, no verão ocorreu uma queda para 19,18% dos fornecedores com classificação adequada nos dois índices.

Fazendo a mesma análise, considerando os piores desempenhos, com fornecedores classificados na região em vermelho nos diagramas de dispersão, tem-se que no inverno, o percentual de fornecedores nessa situação foi de 21,31%. Na primavera foram 28,75%. Já no verão ocorreu o maior percentual, sendo de 30,14% dos fornecedores.

## **5.5 Síntese do capítulo**

Neste capítulo, desenvolveu-se a aplicação das técnicas estatísticas, utilizando a metodologia proposta, juntamente com as discussões realizadas sobre os resultados alcançados.

No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões observadas, com base nos resultados alcançados neste capítulo.

## 6 CONCLUSÕES

Este capítulo é dedicado às conclusões obtidas após o desenvolvimento do presente estudo.

O objetivo da pesquisa foi utilizar ferramentas estatísticas para avaliar a qualidade da matéria-prima e classificar os fornecedores de leite de uma indústria de laticínios com base em especificações físico-químicas.

Para isso, usaram-se as seguintes técnicas: análise exploratória de dados; métodos não-paramétricos; controle estatístico de processos (CEP); e análise multivariada.

A técnica de análise exploratória de dados foi utilizada para análise inicial dos dados com o objetivo de verificar o comportamento dos dados quanto à consistência e variabilidade.

Além disso, foi possível construir um indicador de qualidade da matéria-prima fornecida com base na relação entre os lotes adequados quanto às especificações de qualidade estabelecidas e o total de lotes produzidos.

Os métodos não-paramétricos foram utilizados através da análise de variância de Kruskal-Wallis, em que foi testada a hipótese de que existem diferenças significativas entre as estações do ano quanto à qualidade físico-química do leite. O teste U de Mann-Whitney foi utilizado para complementar à análise de variância de Kruskal-Wallis, para verificar quais estações diferiram entre si. Também foi utilizado o teste do Qui-quadrado para testar a hipótese de que as rotas de coleta possuíam diferenças estatisticamente significativas entre as proporções de lotes adequados quanto às especificações de qualidade.

O CEP foi utilizado por meio do gráfico de controle para fração de não-conformes, de modo a verificar o comportamento do sistema produtivo do leite quanto à qualidade dos lotes produzidos.

Por fim, foi utilizada a análise multivariada através da técnica de análise fatorial, pela qual foi possível construir um índice de qualidade da matéria-prima para fins de classificação dos fornecedores.

No desenvolvimento do estudo foram respeitadas duas etapas. Na primeira etapa foi realizada uma análise sobre a qualidade do leite com base

na determinação da acidez. Na segunda etapa foi desenvolvida a análise da qualidade da matéria-prima, utilizando somente os lotes com medidas adequadas de acidez e considerando as demais variáveis físico-químicas.

## **6.1 Conclusões sobre a primeira etapa da análise**

Após realizar a avaliação da qualidade dos lotes de leite com base na determinação da acidez, foi possível observar que a maioria dos lotes produzidos pelas fazendas (75,53%) estava de acordo com os parâmetros de qualidade estabelecidos. Isso evidencia que, na maioria das fazendas, ocorre a conservação adequada do leite.

Em relação à comparação das rotas de coleta do leite, de modo geral, a rota 1 teve melhor desempenho em todas as estações, com indicadores entre 82,91% e 88,21%. Além disso, no inverno, a rota 3 obteve o pior desempenho, com menor indicador (61,50%), enquanto que, na primavera e no verão, a rota 2 teve os piores desempenhos em relação ao percentual de amostras adequadas para a acidez, com 80,27% e 68,26%, respectivamente. Esses resultados podem ser explicados devido ao fato de que a coleta de leite na rota 1 é realizada diariamente, ao passo que nas rotas 2 e 3 a coleta é feita a cada dois dias.

Com o objetivo de avaliar a qualidade do leite, aplicou-se o CEP através do gráfico da fração de não-conformes em cada estação, de modo a observar a adequação ou não às especificações.

Observou-se que, nos três períodos, os fornecedores que ocasionaram pontos fora de controle são oriundos das rotas 2 e 3. Esse resultado pode estar ligado ao fato de que a coleta do leite nessas duas rotas é feita de dois em dois dias, e a conservação do produto nesse período de espera pode não ser adequada, resultando em um leite ácido.

Sugere-se a investigação dos fornecedores que se apresentaram acima do limite de controle, para que as causas dessas altas frações de não-conformes possam ser corrigidas. Além disso, uma solução para a ocorrência de lotes de leite com alta acidez seria a utilização de tanques adequados para

a conservação da matéria-prima na fazenda, garantindo a integridade e a adequação à manipulação industrial.

## **6.2 Conclusões sobre a segunda etapa da análise**

Na segunda etapa do estudo, com base no indicador de qualidade, pôde-se verificar que os fornecedores apresentaram baixos percentuais de lotes de leite adequados às especificações de qualidade para as variáveis água excedente e densidade. Esse fato pode ter decorrido de fraudes por adição de água, tanto para aumentar o volume de leite entregue, quanto para mascarar problemas de acidez no produto.

Considerando a comparação entre as rotas de coleta, no inverno, foi possível verificar que as rotas 2 e 3 tiveram melhor desempenho no indicador de qualidade, com destaque nas variáveis teor de gordura e densidade.

Comparando o desempenho das rotas de coleta, considerando a estação da primavera, percebeu-se que a rota 1 obteve melhor desempenho, com destaque nas variáveis gordura, lactose e proteína.

Realizando-se a comparação das rotas de coleta quanto às variáveis físico-químicas, considerando a estação do verão, verificou-se que a rota 2 obteve melhor desempenho, com melhor indicador nas variáveis água excedente, teor de gordura, densidade e lactose.

Após a análise da qualidade do leite entre as rotas de coleta do produto, passou-se à aplicação do gráfico de controle para a fração de não-conformes. Pelos gráficos de controle aplicados nos períodos do inverno, primavera e verão, foi possível perceber que o percentual de água excedente e a densidade mostraram-se fora das especificações na maioria dos lotes, tornando as frações de não-conformes próximas ou iguais a 1,00.

Porém, quando essas duas variáveis foram descartadas, os gráficos de controle se mostraram mais adequados, apesar de ainda mostrarem que o processo estava fora de controle nos três períodos, mas com poucos fornecedores apresentando altas frações de não-conformes.

Assim, verifica-se que é necessária uma política de relacionamento com os fornecedores de modo que se possam eliminar as fraudes por adição de água.

Por fim, construiu-se o índice de qualidade para classificação dos fornecedores.

No inverno, considerando o primeiro índice, 49,20% dos fornecedores apresentaram lotes, em média, com altos teores de lactose e proteína, além de menores percentuais de água excedente. No segundo índice, têm-se 55,70% dos fornecedores com matéria-prima com elevados teores de gordura.

Na primavera, verificou-se que 48,80% dos fornecedores apresentaram, em média, altos teores de lactose e proteína, além de menores percentuais de água adicionada ao leite entregue. No segundo índice, 53,80% dos fornecedores tiveram leite com altos teores de gordura.

No período do verão, verificou-se que 42,50% dos fornecedores tiveram amostras, em média, com altos percentuais de lactose e proteínas e baixos percentuais de água excedente. No segundo índice, verifica-se que 46,60% dos fornecedores apresentaram matéria-prima com altos teores de gordura e baixos percentuais de água excedente.

Considerando os dois índices conjuntamente, percebe-se que no inverno obtiveram-se 16 fornecedores (26,23%) com boa classificação nos dois índices simultaneamente, tendo amostras, em média, com altos teores de gordura, lactose e proteínas e menores percentuais de água excedente. Esses fornecedores são oriundos das rotas 2 e 3. Na primavera foram 25 fornecedores (31,25%), das três rotas. E, no verão ocorreu uma queda para 14 fornecedores (19,18%) com classificação adequada nos dois índices, sendo fornecedores das rotas 2 e 3.

Contudo, nenhuma rota se destacou nos índices, pois, considerando fornecedores com pior desempenho, é possível observá-los nas três rotas. Assim, considerando os índices calculados, conclui-se que existem fornecedores bons e ruins nas três rotas.

Ressalta-se que é preciso perceber que, ao considerar o primeiro índice, dá-se importância ao percentual médio de lactose, proteínas e água excedente. Ao considerar o segundo índice, dá-se importância maior ao teor de gordura. E,

ao considerar os dois índices simultaneamente, se está considerando o desempenho nas quatro variáveis.

A usina não possui sistema de pagamento por qualidade, assim, espera-se que os resultados desta aplicação possam ser usados para auxiliar a implantação de um sistema de pagamento por qualidade do leite, beneficiando os fornecedores classificados com melhor desempenho nos índices.

Devido ao fato de que são pequenos e médios fornecedores de matéria-prima, o incentivo por pagamento por qualidade pode ser uma alternativa para que os fornecedores busquem continuamente melhorar os sistemas de produção e conservação do leite.

### **6.3 Sugestões para trabalhos futuros**

Para trabalhos futuros, sugere-se a inclusão de variáveis microbiológicas para que se tenha uma maior avaliação da qualidade também na questão da higiene.

Também, sugere-se a inclusão de um período maior de investigação, contemplando todas as estações do ano.

Além disso, sugere-se um estudo mais aprofundado sobre as condições de produção do leite nas fazendas dos fornecedores. E um estudo mais aprofundado sobre a possibilidade de utilizar índices calculados a partir das variáveis físico-químicas, como base para o pagamento do leite por qualidade.

### **6.4 Síntese do capítulo**

Este capítulo apresentou as conclusões da presente pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C. et al. Características físico-químicas e microbiológicas do leite cru consumido na cidade de Alfenas, MG. **R. Un. Alfenas**, v. 5, p. 165-168, 1999.

ANSUJ, A. P. **Melhoramento da qualidade de um processo de produção contínua utilizando técnicas estatísticas e os métodos de Taguchi**. 2000, 128f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo**. São Paulo: Atlas, 2001.

BELCHIOR, F. Lácteos 100% saudáveis. **Leite & Derivados**, Ano XII, n. 69, p. 30-32, 2003.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTINEZ, F. **Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

BRASIL. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1980. 165 p.

BRASIL. **Instrução Normativa nº1**. Brasília: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 2002. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932>. Acesso em: 04 ago. de 2008.

BRASIL. **Resolução – RDC nº 216**. 2004. Disponível em: <http://www.pr.senac.br/PAS/resolucao216.pdf>. Acesso em: 16 set. de 2008.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

CARVALHO, M. M. (Org.). **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CASTRO, P. R. S.; FONTES, A. C. L.; BRANDAO, S. C. C. Avaliação da qualidade do leite coletado em latões e a granel pelos métodos da redutase (TRAM) e da técnica de epifluorescência direta (DEFT). **Indústria de Laticínios**, Ano 8, n. 45, p. 54-59, 2003.

CONTADOR, J. C. (Org.). **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

CORRAR, L. J. (Org.). **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total**. v. 4. São Paulo: Makron Books, 1994.

FIGUEIREDO, M. G.; PORTO, E. Avaliação do impacto da qualidade da matéria-prima no processamento industrial do iogurte natural. **Indústria de Laticínios**, Ano 7, n. 41, p. 76-80, 2002.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GOMES, J. A. **Proposta metodológica para avaliação de colhedoras de batata (*solanum tuberosum* L.) com base em parâmetros de qualidade**. 139 f. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GONÇALVES, C. F. F. **Estatística**. Londrina: Ed. UEL, 2002. 304 p.

HAASE, J. et al. Qualidade das águas superficiais do litoral norte e médio do Rio Grande do Sul. In: 22 Congresso Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental. 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003. CD-ROM.

HAIR Jr., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

INACIO FILHO, G. **A monografia na universidade**. 7 ed. Campinas: Papyrus, 2004.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

KROLOW, A. C. R.; RIBEIRO, M. E. R. **Obtenção de leite com qualidade e elaboração de derivados**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 66 p.

KUBRUSLY, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. **Pesquisa Operacional**, v. 21, n. 1, p. 107-117, 2001.

LEAL, J. A. **As transformações na cadeia produtiva do leite**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.

MADALENA, F. E. Valores econômicos para a seleção de gordura e proteína do leite. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 29, n. 3, p. 678-684, 2000.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 720 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MARQUES, J. M.; MARQUES, M. A. M. As componentes principais no descarte de variáveis em um modelo de regressão múltipla. **Rev. FAE**, v. 8, n. 1, p. 93-101, 2005.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297 p.

MINGOTI, S. A.; SILVA, A. F. Um exemplo de aplicação de técnicas de estatística multivariada na construção de índices de preços. **Nova Economia**, v. 7, n. 2, p. 203-212, 1997.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MURTEIRA, B. J. F.; BLACK, G. H. J. **Estatística descritiva**. Lisboa: McGraw-Hill, 1983.

NOAL, R. M. C. **Ações de melhoria contínua para incrementar a qualidade e produtividade na cadeia do leite**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NORO, G.; GONZALEZ, F. H. D.; CAMPOS, R.; DURR, J. W. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.1129-1135, 2006.

OLIVEIRA, O. J. (Org). **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

PADUA, E. M. M. **Metodologia da Pesquisa**. 7 ed. Campinas: Papirus, 2000.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços**. São Paulo: Atlas, 1995.

PEREDA, J. A. O. et al. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. v. 2, Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p.

RAMOS, A. W. **Controle estatístico de processo para pequenos lotes**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1995.

ROBERTO, C. D.; LIMA, R. C.; BRANDAO, S. C. C. Sensitividade do método de análise da fosfatase alcalina e o controle da segurança da pasteurização do leite. **Leite & Derivados**, Ano X, n. 58, p. 32-42, 2001.

RODRIGUES, A. **A pesquisa experimental em psicologia e educação**. 2 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1976.

ROSA, E. P. S.; SELLITTO, M. A.; MENDES, L. W. Avaliação multicriterial de desempenho e separação em aglomerados de fornecedores críticos de uma manufatura OKP. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 413-428, 2006.

SABOIA, J.; KUBRUSLY, L. Diferenciais regionais e setoriais na indústria brasileira. **Econ. Aplic.**, v. 12, n. 1, p. 125-149, 2008.

SANTOS, J. A. Importância da CCS para produtores e laticínios. **Leite & Derivados**, Ano XII, n. 70, p. 44-50, 2003.

SANTOS, J. H. S. et al. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **R. Árvore**, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SCREMIM, M. A. A. **Método para a seleção do número de componentes principais com base na lógica difusa**. 2003, 124f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 448 p.

SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios lactoplasa: um estudo de caso**. 83 f. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle estatístico do processo**. São Paulo: Pioneira, 1997.

SOARES, F. M.; MACHADO, E. C.; FONSECA, L. M. Produção de queijos com teores reduzidos de gordura. **Indústria de Laticínios**, Ano 7, n. 41, p. 68-71, 2002.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, H. M.; MARTINS, A. E. Consumo x qualidade do leite. **Indústria de Laticínios**, Ano 6, n. 34, p. 79-81, 2001.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 419 p.

TRIVINOS, A. N. S. **Bases teórico-metodológicas preliminares da pesquisa qualitativa em ciências sociais**. v. 4, Porto Alegre: Faculdades Integradas Ritter dos Reis, 2001.

TRONCO, V. M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. 3 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2008. 206 p.

TRONCO, V. M. **Proposta de melhorias na inspeção da qualidade do leite.** 1996, 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

VALSECHI, O. A. **Tecnologia de produtos agrícolas de origem animal: noções básicas.** Araras: UFSCar, Centro de Ciências Agrárias, 2001. 30 p. Disponível em: <http://www.cca.ufscar.br/~vico/Geral.pdf>. Acesso em: 16 set. de 2008.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Leche y productos lácteos: tecnología, química y microbiología.** Zaragoza: Editorial ACRIBIA, 1995. 476 p.

VIALTA, A.; MORENO, I.; VALLE, J. L. E. Boas práticas de fabricação, higienização e análise de perigos e pontos críticos de controle na indústria de laticínios: 1 – Requeijão. **Indústria de Laticínios**, n. 37, p. 56-63, 2002.

VILELA, D.; BRESSAN, M.; CUNHA, A. S. **Cadeia de lácteos no Brasil: restrições ao seu desenvolvimento.** Brasília: MCT/CNPq, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 484 p.

ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição.** São Paulo: Pioneira, 2000.

ZOCCHÉ, F. et al. Qualidade microbiológica e físico-química do leite pasteurizado produzido na região oeste do Paraná. **Archives of Veterinary Science**, v. 7, n. 2, p. 59-67, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 212p.