



Revista Produção Online
v.11, n.1, mar. 2011

ISSN: 1676 - 1901
www.producaoonline.org.br



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

STATISTICAL METHODS APPLIED TO THE EVALUATION OF THE QUALITY OF RAW-MATERIALS AND RATING OF SUPPLIERS OF A DAIRY INDUSTRY

Enio Júnior Seidel* ejrseidel@hotmail.com
Luis Felipe Dias Lopes* lflopes@smail.ufsm.br
Angela Pellegrin Ansuji* angelaansuj@yahoo.com
Andreia Zanella* andreia_zanella@yahoo.com.br

*Universidade Federal de Santa Maria

Resumo: A presente pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade da matéria-prima com base em especificações físico-químicas e classificar os fornecedores de leite de uma indústria de laticínios. Para desenvolver os procedimentos de análise dos dados foram utilizadas as seguintes técnicas estatísticas: gráficos de controle para atributos, utilizados através da construção de gráficos de controle para fração de não-conformes considerando as especificações das variáveis; e análise fatorial, utilizada para a construção do índice para classificação dos fornecedores. O estudo se desenvolveu em três etapas. Na primeira etapa, analisou-se a qualidade do leite com base na determinação da acidez. Na segunda etapa, foi desenvolvida análise da qualidade da matéria-prima utilizando somente os lotes com medidas adequadas de acidez e considerando as demais variáveis físico-químicas. Por fim, na terceira etapa, foi construído um índice bidimensional para a classificação dos fornecedores. Os resultados obtidos mostraram que é necessária uma política de relacionamento com os fornecedores com a finalidade de reduzir os problemas de acidez elevada e as fraudes por adição de água na matéria-prima fornecida. Além disso, com a construção do índice de classificação foi possível desenvolver um *ranqueamento* dos fornecedores.

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

Abstract: This study aimed to evaluate the quality of raw-materials based on physicochemical specifications and to rate milk suppliers of a dairy industry. To develop the procedures of data analysis, the following statistical techniques were used: control charts for attributes, used through the construction of control charts for fraction of non-compliances considering the specifications of the variables; and factorial analysis, used for the construction of an index for the rate of suppliers. The study was developed in three stages. The first stage analyzed the quality of milk based on the acidity determination. In the second stage, an analysis of the quality of the raw-material was developed, using only lots with standard acidity and considering the other physicochemical variables. Finally, in the third stage, a two-dimensional index for the rate of suppliers was built. The results showed that a relationship policy with suppliers is necessary in order to reduce problems of high acidity and frauds due to the addition of water in the raw-material provided. Furthermore, the construction of the rating index allowed developing a rating of suppliers.

Keywords: Dairy Industry; raw-materials; physicochemical specifications; quality assessment; rating index.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vem se tornando um dos maiores produtores de leite do mundo. Segundo Teixeira, Souza e Martins (2001), a produção leiteira nacional 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 a oferta de produtos de qualidade é um dos fatores de manutenção de uma indústria no mercado. De acordo com Zylbersztajn e Neves (2000), o interesse pela qualidade, atualmente, é proveniente de alguns fatores como a crescente preocupação e conscientização por parte dos consumidores, crescente introdução de novos produtos e o acirramento da concorrência.

No setor de laticínios, a busca pela qualidade passa pela avaliação da matéria-prima nos seus aspectos físico-químicos e microbiológicos. Para Silva (1999), para que o leite apresente qualidade, é necessário que já na fazenda se tenha cuidado com a saúde do rebanho, se possuam condições higiênico-sanitárias adequadas, etc. Também, Figueiredo e Porto (2002), apontam que produtores e processadores de leite devem ser responsáveis pelo contínuo monitoramento da produção e industrialização dos produtos.

No Brasil, o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (BRASIL, 1980) e a Instrução Normativa 51 (IN 51) (BRASIL, 2002) determinam os padrões físico-químicos e microbiológicos para o leite.

As indústrias possuem sistemas de análise que determinam se o leite recebido está ou não de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação. Conforme Figueiredo e Porto (2002) e Noro et al. (2006), os parâmetros de qualidade (componentes do leite) são cada vez mais usados para detectar falhas nas práticas de manejo e produção, e para valorização do leite.

A partir destes parâmetros, passa-se a ter condições de utilizar ferramentas estatísticas para avaliar momentaneamente e/ou evolutivamente a qualidade da matéria-prima, bem como o desempenho dos fornecedores em produzir leite de qualidade adequada.

Assim, o objetivo da presente pesquisa é avaliar a qualidade da matéria-prima, com base nas especificações físico-químicas, e classificar os fornecedores de leite de uma indústria de laticínios, por meio da utilização de ferramentas estatísticas.

Espera-se com esta pesquisa contribuir na melhoria da qualidade do processo produtivo na granja, revelando os aspectos sobre a qualidade da matéria-prima, tanto para os fornecedores quanto para a usina.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza como estudo de caso, onde se desenvolve uma investigação minuciosa dos aspectos relacionados à avaliação da qualidade do leite fornecido a uma indústria de laticínios. De acordo com Miguel (2007), o objetivo proposto estabelece a ação a ser conduzida e deve, portanto, ser fator determinante na escolha da abordagem metodológica em uma pesquisa.

2.1 Coleta dos dados

Os dados utilizados nesta pesquisa são oriundos da Usina Escola de Laticínios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, que possui metodologia própria para a coleta de amostras de matéria-prima junto aos fornecedores e posterior análise em laboratório.

Foram analisadas 2469 amostras coletadas no período de outubro de 2007 a março de 2008, compreendendo as estações da primavera e verão. Foi considerado este período devido a melhor qualidade das informações disponibilizadas pela usina.

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 411 amostras. A rota 2 é composta de 35 fornecedores com 1025 amostras. Já a rota 3, possui 35 fornecedores com 1033 amostras analisadas.

As variáveis analisadas foram: Acidez (°D); Água Excedente (%); Gordura (%); Densidade (g/ml); Lactose (%) e Proteínas (%). Os parâmetros de qualidade estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificações de qualidade para as variáveis físico-químicas.

Variável	Especificações
Acidez	13 a 18°D *
Água	0 a 3% **
Gordura	Mínimo de 3% ***
Densidade	1028 a 1034g/mL ***
Lactose	Mínimo de 4,3% ***
Proteína	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% (ANSUJ, 2000).

*** Especificações definidas pela IN 51 (BRASIL, 2002).

2.2 Procedimentos de análise dos dados

Após a tabulação dos dados, realizou-se a análise dos mesmos em duas etapas distintas.

Na primeira etapa, foi avaliada a qualidade do leite com base na determinação da acidez. Foram comparadas as rotas de coleta e avaliados os fornecedores em cada estação. Nesta fase, foi construído um indicador de qualidade e foram utilizados gráficos de controle para a fração de lotes de leite não-conformes.

Na segunda, tomaram-se as amostras adequadas às especificações de acidez. Nestas amostras, observaram-se as demais variáveis físico-químicas e assim se realizaram os procedimentos do mesmo modo que na primeira etapa.

Porém, aqui, além da utilização do indicador de qualidade e dos gráficos de controle para a fração de lotes de leite não-conformes, foi construído um índice, utilizando a análise fatorial, para a classificação dos fornecedores com base nas características físico-químicas da matéria-prima fornecida.

Optou-se por realizar os procedimentos em dois períodos distintos (primavera e verão), para que fossem minimizadas as influências do tempo nos resultados encontrados.

Na aplicação das técnicas, para o desenvolvimento do estudo, utilizou-se o *software Statistica 7.1*, como ferramenta auxiliar.

3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

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

3.1 Gráficos de controle para atributos

De acordo com Siqueira (1997), os gráficos de controle para atributos são usados quando medidas quantitativas não são possíveis e quando as medidas são possíveis, mas não são tomadas devido à questões econômicas, de tempo, ou de necessidade.

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

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:

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \quad (3.1)$$

Como, geralmente, existem muitas características sendo observadas simultaneamente, um item se torna defeituoso ou não-conforme, quando apresenta um ou mais defeitos, de acordo com o número de características que são consideradas na avaliação da qualidade.

3.1.1 Tamanho variável de amostra

Em algumas situações, o gráfico de controle da fração de não-conformes utiliza dados de amostras de tamanhos variáveis. Nesta aplicação, segundo Montgomery (2004), pode-se utilizar limites de controle com largura variável, sendo que para cada amostra são determinados os limites de controle levando em conta o número de itens amostrados.

Assim, os limites de controle são definidos como:

$$\begin{aligned}
 LSC_i &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \\
 LC &= \bar{p} \\
 LIC_i &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

com

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{\sum_{i=1}^N n_i}
 \tag{3.3}$$

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.

3.2 Análise fatorial

A análise fatorial é uma técnica de interdependência na qual todas as variáveis são simultaneamente analisadas, e cada uma é explicada levando em consideração todas as outras variáveis, empregando o conceito de variável estatística ou variável latente (HAIR JR et al., 2005). As novas variáveis criadas (variáveis latentes), a partir da análise fatorial, são mais fortemente correlacionadas com o conjunto original de variáveis (LEE et al., 2005).

Assim, o objetivo geral da 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.

Para a extração dos fatores, deve-se optar por um método específico e por um número de fatores a serem selecionados para representar a estrutura latente dos dados (HAIR JR et al., 2005).

A extração dos fatores é realizada utilizando-se o método de componentes principais (JOHNSON; WICHERN, 1992; SANTOS et al., 2004). A determinação do número de fatores a serem selecionados segue o critério de Kaiser (ou critério da raiz latente) (MINGOTI, 2005).

3.2.1 Índice baseado em análise fatorial

Na construção de um 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). O índice é definido da seguinte forma:

$$I_j = \sum_{i=1}^p a_i X_{ij} \quad (3.4)$$

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, tornando-se um índice bidimensional ou multidimensional, espera-se que $Cov(I_j, I_l) = 0$ e $R(I_j, I_l) = 0$ 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, 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.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados são apresentados em duas etapas, de acordo com os procedimentos detalhados na metodologia.

4.1 Análise da qualidade do leite com base na determinação da acidez

Para avaliar a qualidade do leite entregue pelos fornecedores da usina de laticínios, foram consideradas 2469 amostras, coletadas no período de outubro de 2007 a março de 2008.

Parte-se da seguinte premissa:

Se a amostra coletada está de acordo com os padrões estabelecidos para a acidez (entre 13 e 18 graus Dornic ($^{\circ}$ D)), o lote é considerado adequado para manipulação industrial;

Se a amostra coletada não é adequada aos padrões estabelecidos para a acidez (acima de 18° D), o lote é desconsiderado.

Segundo Tronco (2008), 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.

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.

Para esta análise foram consideradas as especificações de qualidade estabelecidas na Tabela 1.

4.1.1 Comparação das rotas de coleta do leite

Primeiramente realiza-se uma comparação do indicador de qualidade entre as rotas na primavera. O desempenho de cada rota de coleta na primavera e no verão é mostrado na Figura 1.

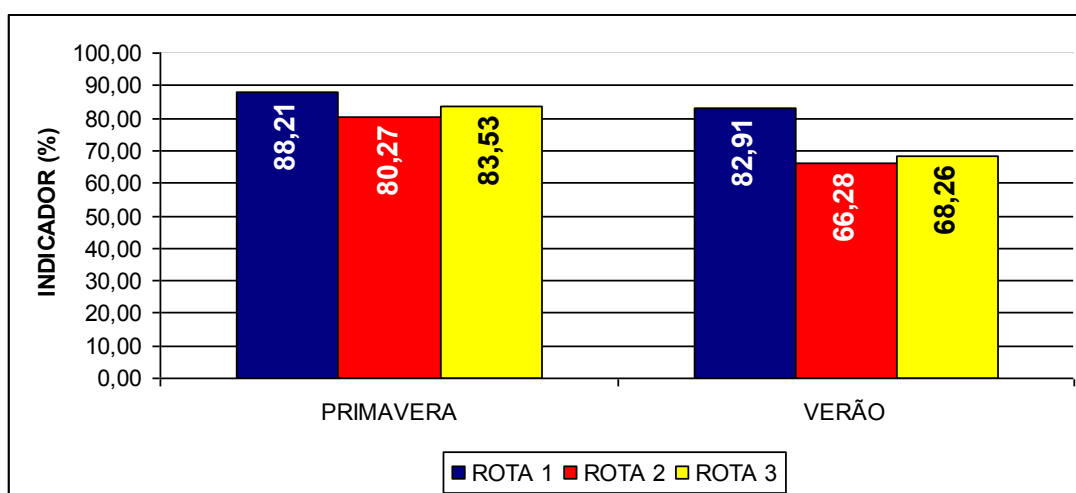


Figura 1 – Percentual de amostras dentro das especificações de qualidade para a acidez em cada rota de coleta nas estações da primavera e do verão.

Analisando os resultados expostos na Figura 1, verifica-se que, na primavera, a rota 1 apresentou 88,21% das amostras 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.

No verão observa-se, pela Figura 1, 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, tanto na primavera quanto no verão, com um indicador consideravelmente maior.

4.1.2 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) para cada estação.

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 2 e 3 mostram os gráficos da fração de não-conformes para cada fornecedor nas estações da primavera e verão, respectivamente.

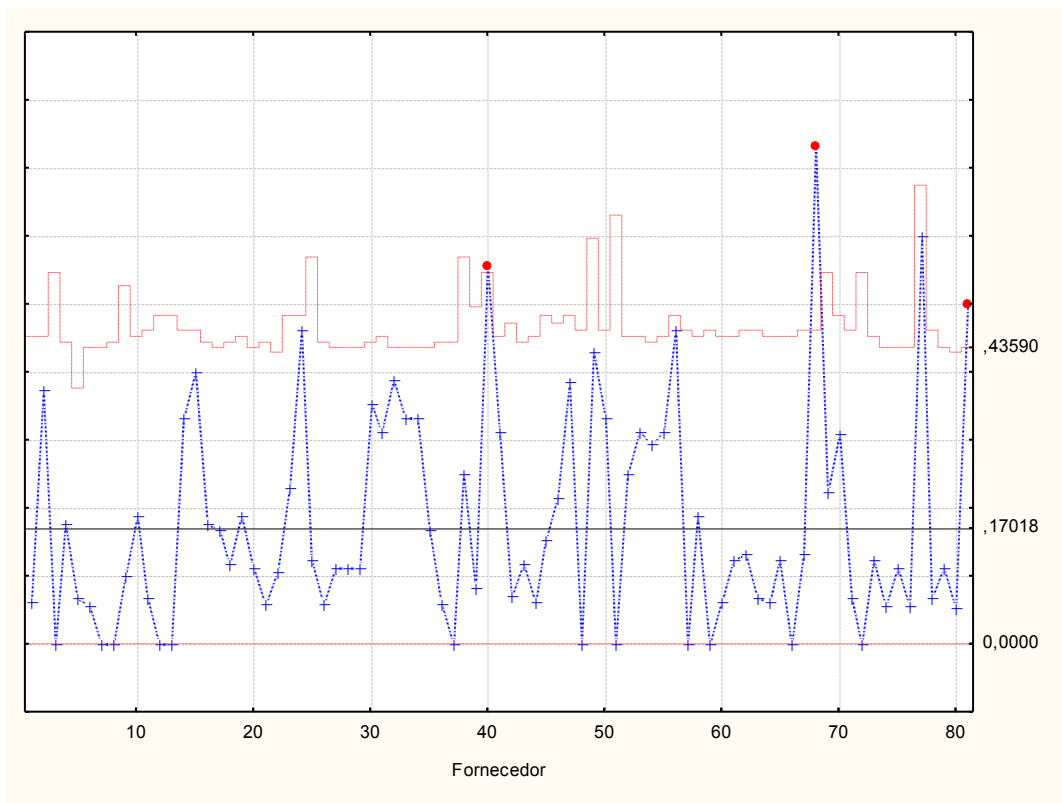


Figura 2 - Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima na primavera.

Pela Figura 2, verifica-se que, na primavera, apenas três fornecedores apresentaram frações de não-conformes acima do limite superior de controle. Sendo um fornecedor da rota 2 e dois da rota 3.

Ainda, verifica-se 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.

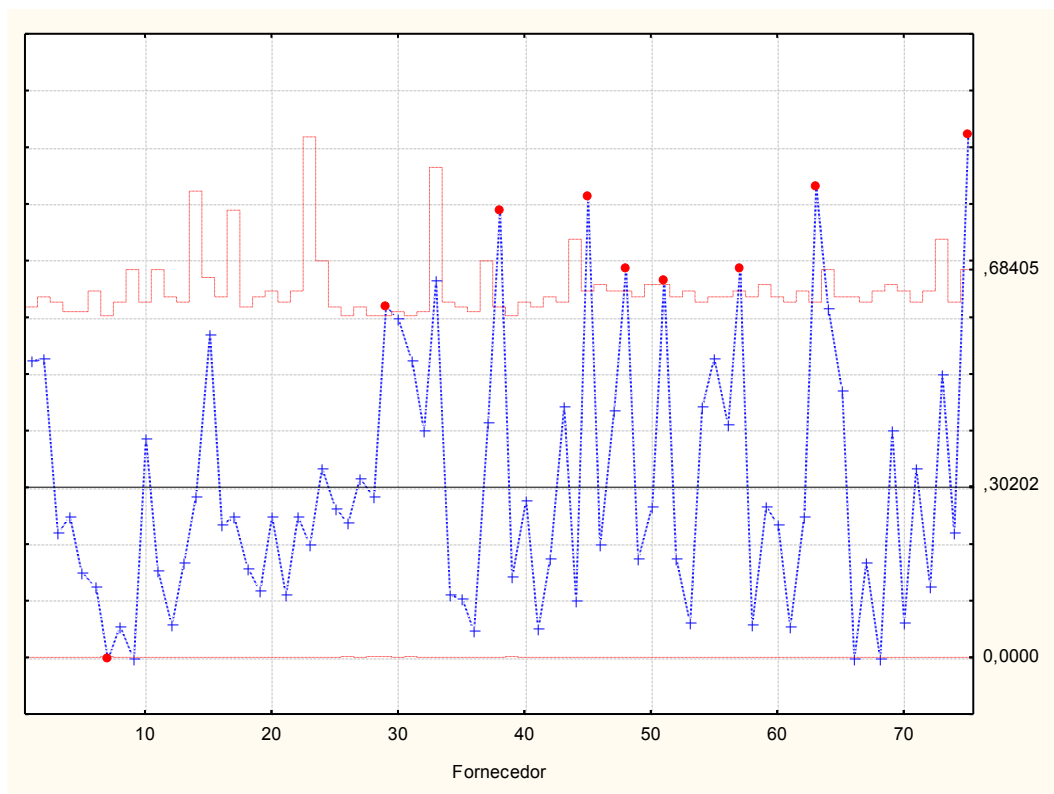


Figura 3 - Gráfico de controle da fração de não-conformes para a produção de matéria-prima no verão.

Observando a Figura 3, é possível verificar que nove fornecedores apresentaram fração de lotes não-conformes fora dos limites de controle. Oito pontos acima do limite superior de controle e um abaixo do limite inferior de controle. Dos oito fornecedores acima do limite superior de controle, três são da rota 2 e cinco da rota 3.

Mais uma vez, a maior parte dos fornecedores apresentou fração de não-conformes abaixo do limite central, caracterizando poucos lotes inadequados quanto à acidez.

Comparando as estações, verifica-se que, no verão houve pior desempenho, enquanto que o melhor desempenho ocorreu na primavera.

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

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

Nesta etapa do estudo, foram considerados somente os lotes em que a matéria-prima se mostrou adequada às especificações de acidez. Assim, tem-se um total de 1886 amostras. Como indicador de qualidade, utiliza-se o percentual de amostras adequadas aos padrões determinados na Tabela 1.

As variáveis consideradas são: Água Excedente (%), Gordura (%), Densidade (g/ml), Lactose (%) e Proteínas (%). Essas variáveis são definidas como características que refletem os aspectos de qualidade da matéria-prima (ZOCCHÉ et al., 2002).

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 esta característica.

4.2.1 Comparação das rotas de coleta do leite

Com o objetivo de comparar as rotas de coleta do leite na primavera, passa-se ao cálculo do indicador de qualidade, baseado no percentual de amostras adequadas para cada variável. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - 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	%
Água	**	**	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	**	**
Proteína	**	**	187	100,00	**	**
ROTA 2						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
Água	**	**	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	**	**
Proteína	4	0,97	407	99,03	**	**
ROTA 3						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
Água	**	**	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	**	**
Proteína	1	0,23	425	99,77	**	**

** A variável não possui amostras na situação indicada.

Pela Tabela 2, percebe-se que, para a água excedente, a rota 1 obteve valor de 1,60% para o indicador, a rota 2 obteve 7,30% e a rota 3 obteve 1,17%.

Quanto ao teor de gordura, na rota 1, observam-se 83,42%, na rota 2, 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, na rota 2, observam-se 54,26% e na rota 3, 54,46%.

Para a lactose, a rota 1 apresentou 80,75% das amostras dentro dos padrões. Na rota 2, 74,45% e na rota 3, 79,58%.

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%.

Os resultados da comparação das rotas de coleta quanto às variáveis físico-químicas, considerando a estação do verão, estão na Tabela 3.

Tabela 3 - 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	%
Água	**	**	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	**	**
Proteína	4	2,42	161	97,58	**	**
ROTA 2						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
Água	**	**	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	**	**
Proteína	12	3,53	328	96,47	**	**
ROTA 3						
Variável	Abaixo das especificações		Dentro das especificações		Acima das especificações	
	N	%	N	%	N	%
Água	**	**	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	**	**
Proteína	18	5,04	339	94,96	**	**

** A variável não possui amostras na situação indicada.

Verifica-se, pela Tabela 3, 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% 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% e, na rota 3, foram 71,71%.

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

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 4.2.2.

4.2.2 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, determinam-se as frações de lotes não-conformes por fornecedor. Com isso, é possível construir o gráfico de controle para a fração de não-conformes para as estações da primavera e verão.

Porém, pelos resultados dos indicadores de qualidade calculados para cada variável no item 4.2.1, é possível perceber uma influência da água excedente e da 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 1, têm-se os gráficos de controle da fração de não-conformes apresentados nas Figuras 4 e 5.

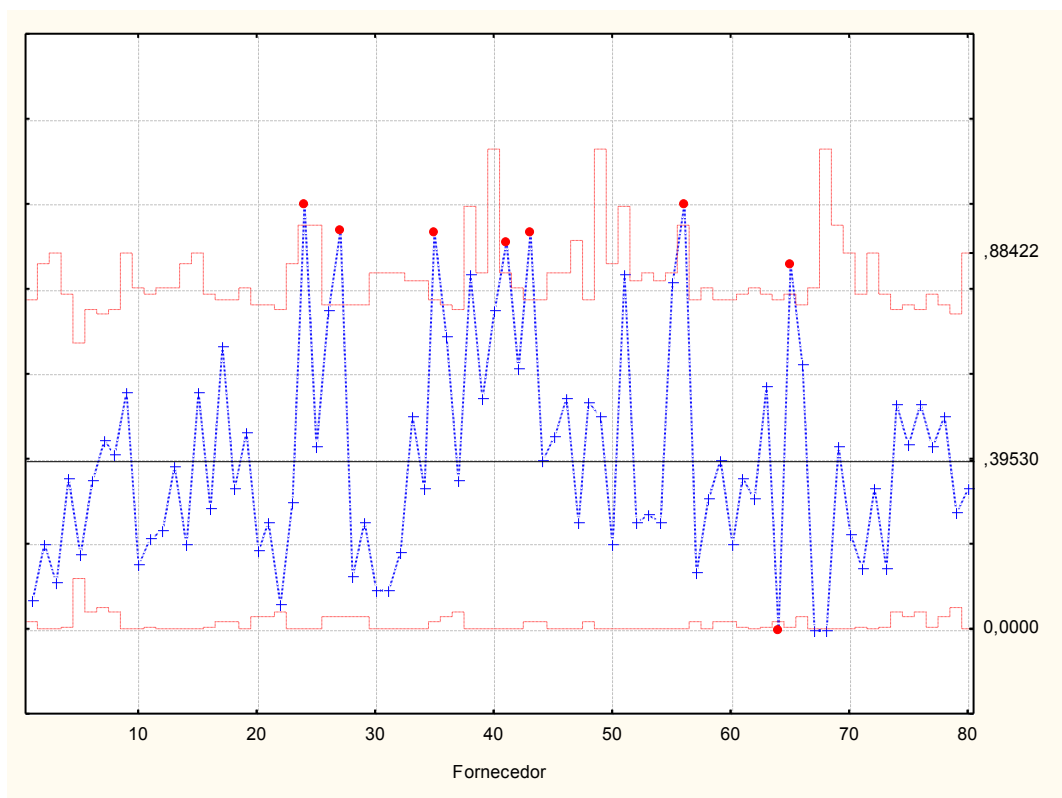


Figura 4 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima na primavera.

Observando a Figura 4, verifica-se que 7 fornecedores apresentaram fração de não-conformes acima do limite superior de controle e um fornecedor apresentou-se abaixo do limite inferior de controle. Dos sete fornecedores acima do limite superior de controle, um é da rota 1, 4 são da rota 2 e 2 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 5 apresenta o gráfico de controle da fração de não-conformes para os fornecedores considerados no verão.

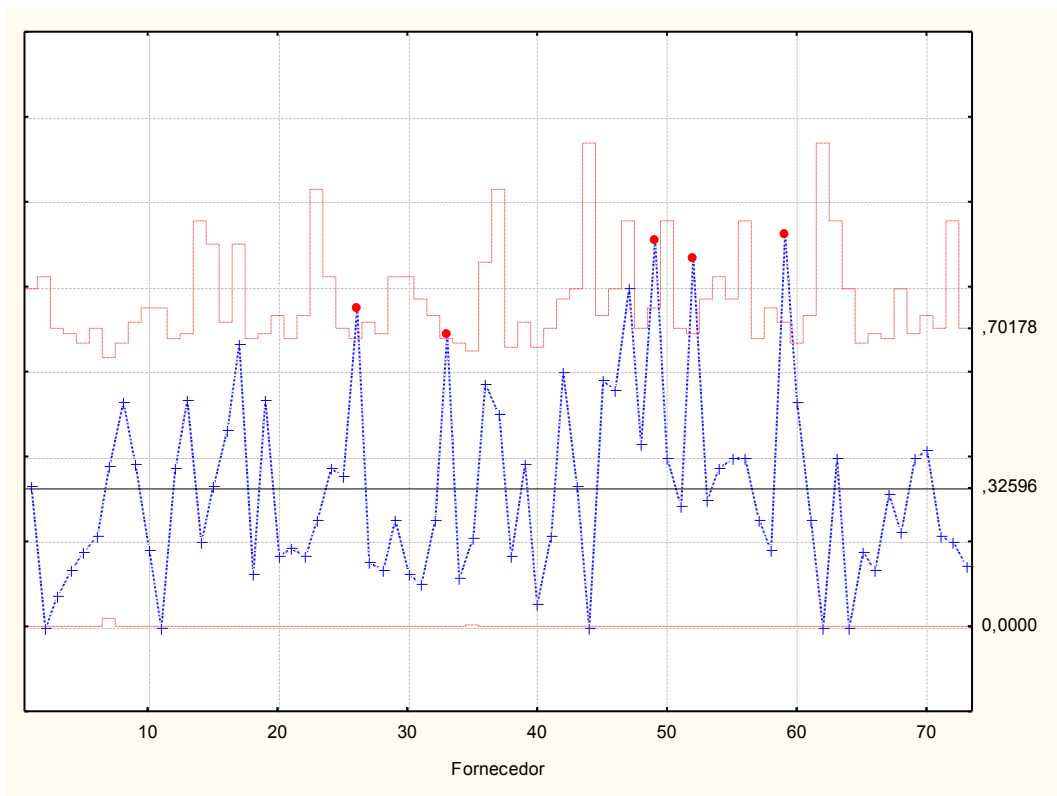


Figura 5 - Gráfico de controle da fração de não-conformes, desconsiderando as variáveis água excedente e densidade, para a produção de matéria-prima no verão.

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

Analisando conjuntamente as Figuras 13 e 14, é possível verificar que o processo se mostrou fora de controle nas duas estações, mas foram poucos fornecedores que apresentaram altas frações de não-conformes.

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

4.2.3 Construção do índice de classificação dos fornecedores

Nesta etapa da pesquisa, propõe-se a construção de 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.

As variáveis Água Excedente (%), 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, senão, por leite. A gordura, a lactose e as proteínas são fatores que valorizam o leite na questão do pagamento por qualidade (MADALENA, 2000; TRONCO, 2008) e no valor nutritivo (TRONCO, 2008).

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, os fornecedores com pelo menos três amostras analisadas.

Com o objetivo de construir o índice de qualidade para os fornecedores na primavera, passa-se ao uso da análise fatorial.

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

Na Tabela 4, estão os fatores extraídos com seus autovalores e percentual de variância explicada.

Tabela 4 - 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 5, com as cargas fatoriais obtidas.

Tabela 5 - Cargas fatoriais para os dois fatores considerados na primavera.

Variável	Fator 1	Fator 2
Água	0,40	0,24
Gordura	0,07	-0,97
Lactose	-0,92	0,17
Proteína	-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, torna-se fácil classificar os fornecedores com escores que englobam as informações de forma resumida.

O diagrama de dispersão para os escores dos dois índices (primeiro índice x segundo índice) é mostrado na Figura 6.

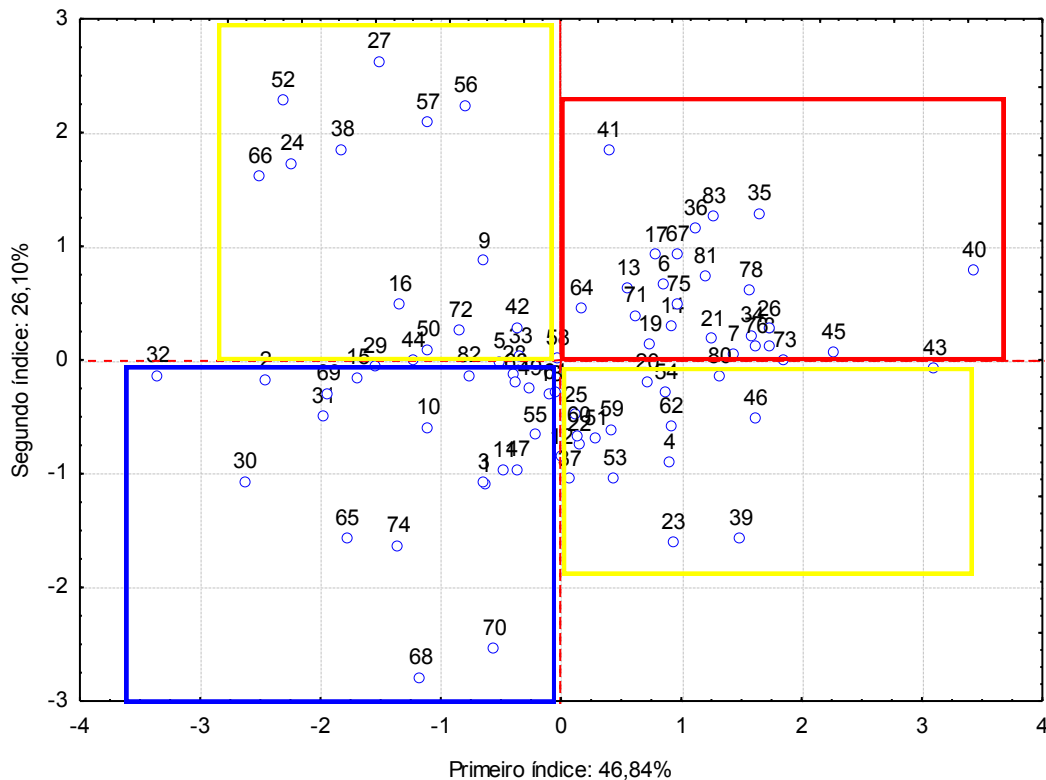


Figura 6 - Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices na primavera.

Pela Figura 6, percebe-se que 25 fornecedores (3º quadrante) 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 primeiro quadrante 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.

Realizando a avaliação dos fornecedores para o período do verão, passa-se à construção do índice de classificação.

Devido ao fato de terem ocorrido correlações significativas entre as variáveis água e proteína, gordura e lactose e entre lactose e proteína ($p < 0,05$), passa-se a extrair os fatores latentes.

Na Tabela 6 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 6 - 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, tem-se 45,79% da variância original, enquanto que no segundo índice a explicação é de 26,74%.

Para a interpretação dos índices, tem-se por base as correlações estabelecidas entre as variáveis originais e os dois índices. A Tabela 7 apresenta essas correlações.

Tabela 7 - Cargas fatoriais para os dois fatores considerados no verão.

Variável	Fator 1	Fator 2
Água	0,50	0,52
Gordura	0,32	-0,84
Lactose	-0,86	0,22
Proteína	-0,86	-0,23

Observando a Tabela 7, 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.

A dispersão dos fornecedores, considerando os dois índices construídos, é mostrada na Figura 7.

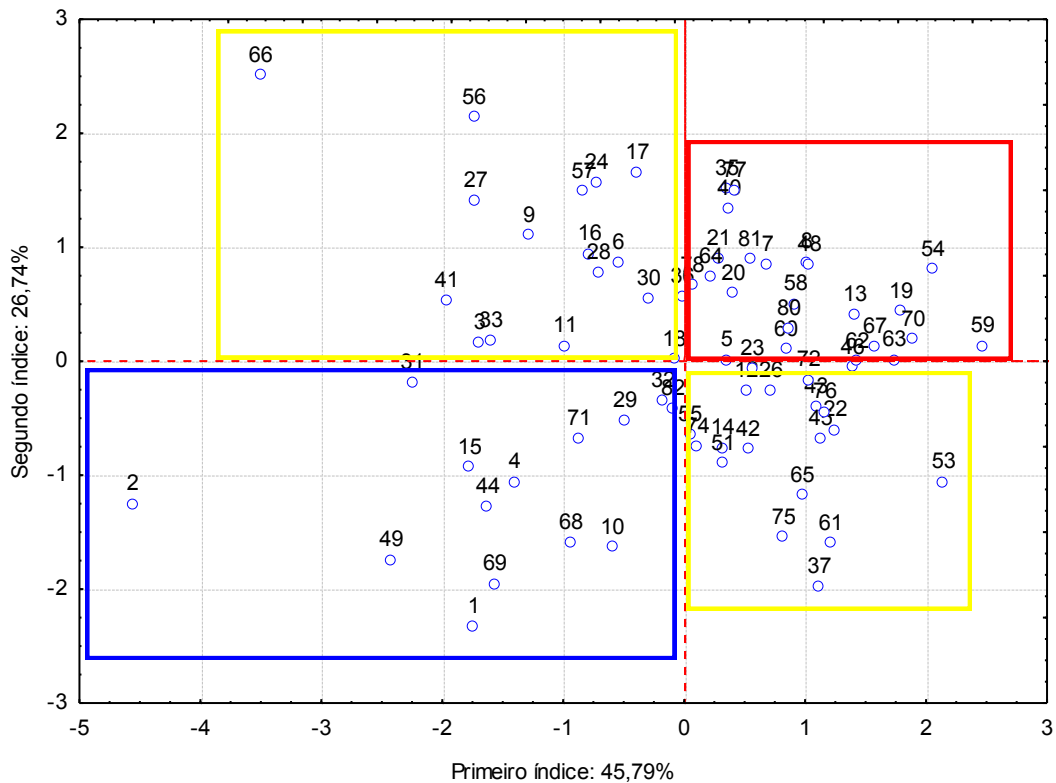


Figura 7 - Diagrama de dispersão dos casos nos dois índices no verão.

Observando a Figura 7, é possível verificar que 14 fornecedores (3º quadrante) 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 primeiro quadrante 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 dois períodos conjuntamente (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 terceiro quadrante nos períodos, percebe-se que, na primavera, esse percentual foi de 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 alocados no primeiro quadrante nos diagramas de dispersão, tem-se que na primavera, o percentual de fornecedores nessa situação foi de 28,75%. Já no verão ocorreu o maior percentual, sendo de 30,14% dos fornecedores.

6 CONCLUSÃO

Após realizar a avaliação da qualidade das amostras de leite com base na determinação da acidez, foi possível observar que, de modo geral, a rota 1 teve melhor desempenho, com indicadores de 88,21% na primavera e 82,91% no verão. 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 gráfico da fração de não-conformes em cada estação, de modo a observar a adequação ou não às especificações.

Observou-se que os fornecedores que ocasionaram pontos fora de controle são oriundos das rotas 2 e 3. Esse resultado pode estar relacionado 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.

Na segunda etapa do estudo, com base no indicador de qualidade, pôde-se verificar que, considerando a estação da primavera, 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.

Pelos gráficos de controle, na primavera e no verão, foi possível perceber que o percentual de água excedente e a densidade mostraram-se fora das especificações na maioria dos lotes. 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, na construção do índice de classificação dos fornecedores, percebeu-se que na primavera, 25 fornecedores (31,25%), das três rotas, tiveram boa classificação nos dois índices simultaneamente, tendo amostras, em média, com altos teores de gordura, lactose e proteínas e menores percentuais de água excedente. E, no verão, ocorreu uma queda para 14 fornecedores (19,18%) com classificação adequada nos dois índices, sendo fornecedores das rotas 2 e 3.

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 e estimulando os que tiveram pior classificação.

Para trabalhos futuros, sugere-se a inclusão de variáveis microbiológicas para que se tenha uma maior avaliação da qualidade também na questão da higiene. Além disso, sugere-se a inclusão de um período maior de investigação, contemplando todas as estações do ano.

REFERÊNCIAS

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.

BRASIL. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal** (RIISPOA). Brasília: Ministério da Agricultura, 1980. 165 p.

BRASIL. **Instrução Normativa nº51**. 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. 2008.

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

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

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

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.

LEE, K. et al. Classification and prediction of maize hardness-associated properties using multivariate statistical analyses. **Journal of Cereal Science**, v. 41, p. 85-93, 2005.

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.

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.

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

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.

SABOIA, J.; KUBRUSLY, L. Diferenciais regionais e setoriais na indústria brasileira. **Econ. Aplic.**, v. 12, n. 1, p. 125-149, 2008.

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.

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.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, H. M.; MARTINS, A. E. Consumo x qualidade do leite. **Indústria de Laticínios**, v. 6, n. 34, p. 79-81, 2001.

TRONCO, V. M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. 3. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2008. 206 p.

ZOCHE, 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.

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.



Artigo recebido em 03/07/2009 e aceito para publicação em 09/12/2010.