

JULIA DESIRÉ VÁSQUEZ ANGULO

**EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO NA
MESORREGIÃO DA ZONA DA MATA NORTE DE MINAS GERAIS FRENTE
À VIGÊNCIA DAS INSTRUÇÕES NORMATIVAS N° 51/2002 E N° 62/2011 DO
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
para obtenção do título *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

V335e
2018

Vásquez Angulo, Julia Desiré, 1988-
Evolução da qualidade do leite cru refrigerado na
Mesorregião da Zona da Mata Norte de Minas Gerais frente à
vigência das Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011 do
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / Julia
Desiré Vásquez Angulo. – Viçosa, MG, 2018.
xvi, 111f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Benício Paes Chaves.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Leite - Resfriamento. 2. Leite - Qualidade. 3. Leite -
Análise. 4. Leite - Produção - Minas Gerais. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Tecnologia de Alimentos.
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos. II. Título.


CDD 22. ed. 637.1098151

JULIA DESIRÉ VÁSQUEZ ANGULO

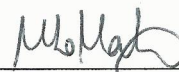
**EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO NA
MESORREGIÃO DA ZONA DA MATA NORTE DE MINAS GERAIS FRENTE
À VIGÊNCIA DAS INSTRUÇÕES NORMATIVAS Nº 51/2002 E Nº 62/2011 DO
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

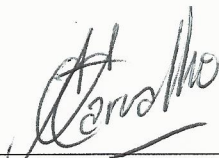
APROVADA: 24 de agosto de 2018.



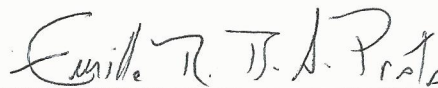
Evandro Martins



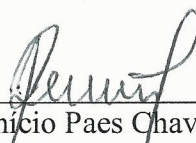
Maurílio Lopes Martins



Antônio Fernandes de Carvalho



Emille Rocha Bernardino de Almeida Prata
(Coorientador)



José Benício Paes Chaves
(Orientador)

“Se o dinheiro é a sua esperança para independência, você nunca a terá. A única segurança real que um homem pode ter neste mundo é uma reserva de conhecimento, experiência e habilidade” (Henry Ford)

“Acredito em Deus, todos os outros devem apresentar dados e fatos” (William Edwards Deming)

*A mis papás, Víctor y Soledad,
por todo el amor, apoyo y enseñanzas.*

AGRADECIMENTOS

A meus pais Víctor e Soledad, pelas demonstrações de carinho, preocupação e conselhos, mesmo estando longe de casa.

A minha família, meus irmãos Victoria, Javier e Manolo, meu sobrinho e afilhado Rodrigo e meus avós. Por motivar-me a seguir adiante nesta etapa culminante da minha vida acadêmico-profissional.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por ter me aceitado para realizar o doutorado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador, professor Benício, por depositar sua confiança em mim, me aceitando como aluna estrangeira para orientar no doutorado.

Ao Prof. Antônio Fernandes de Carvalho por seu apoio e determinação para encaminhar meu doutorado.

Ao Prof. Emille pelos conselhos, paciência e ajuda no desenvolvimento e conclusão da tese.

A Prof^a Rosangela, pela sinceridade e sugestões para melhorar as discussões da tese.

Aos Prof^s. José Ivo, Monique e Ronaldo Perez. Pela amizade, compreensão e conselhos sobretudo nos momentos mais difíceis. Por suas orientações, adequadas e sinceras, no desenvolvimento da tese.

Ao Thomaz, Mariana, Leda, Natália, Andréa e Vinicius. Pela amizade sincera e por que foram minha segunda família mesmo estando longe de casa, me brindando bons momentos e cuidados.

Ao Caio, pelo amor, cuidados, paciência e ensinamentos neste tempo juntos. Por ser meu aconchego e parte da minha felicidade, nos momentos bons e sobretudo nos difíceis desta jornada.

E a todos os que ajudaram de alguma forma a levar minha vida no Brasil e na finalização do meu doutorado.

BIOGRAFIA

Julia Desiré Vásquez Angulo, filha de Víctor Javier Vásquez Villalobos e María Soledad Angulo de Vásquez, nasceu em 21 de julho de 1988 em Trujillo, La Libertad, Peru.

Em 2011 graduou-se no curso de Engenharia Agroindustrial na Universidade Nacional de Trujillo, Peru.

Em fevereiro de 2014 obteve o título de *Magister Scientiae* em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2014, iniciou o curso de doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa. Defendeu sua tese em agosto de 2018.

SUMARIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1. REVISÃO DA LITERATURA	3
1 Leite.....	3
1.1 Síntese do Leite.....	4
1.2 Composição do Leite	5
2 Legislação Brasileira para a Qualidade do Leite cru refrigerado.....	7
3 Análises estatísticos aplicados ao setor leiteiro	9
4 Modelos Mistos.....	13
5 Métodos de Análise Multivariada	16
5.1 Análise de Agrupamento	17
6 Teste de Aderência.....	19
6.1 Teste de Kolmogorov-Smirnov da normalidade.....	20
7 Capacidade de Processos.....	21
7.1 Índice de capacidade potencial (Cp).....	24
7.2 Índice de capacidade efetiva (Cpk).....	25
7.3 Índice de capacidade inferior (Cpi) e superior (Cps).....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO 2. EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS INDICADORES DE QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO.....	33
1 INTRODUÇÃO	33
2 MATERIAIS E MÉTODOS	35
2.1 Banco de dados	35
2.2 Análises Estatísticas.....	37
2.2.1 Análise Descritiva dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado	37
2.2.2 Comparação dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado.....	37
2.2.3 Avaliação do comportamento temporal dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado	38

2.2.4	Estratificação temporal dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado	39
2.2.5	Estudo da capacidade do processo de produção de leite cru refrigerado	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
3.1	Evolução temporal da qualidade do leite cru refrigerado	40
3.2	Capacidade de processo de produção do leite cru refrigerado.....	58
4	CONCLUSÕES	67
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTORES DE LEITE CRU REFRIGERADO		74
1	INTRODUÇÃO	74
2	MATERIAIS E MÉTODOS	76
2.1	Banco de Dados	76
2.2	Análises Estatísticas.....	78
2.2.1	Agrupamento dos produtores de leite cru refrigerado.....	78
2.2.2	Fidelidade dos produtores de leite cru refrigerado	78
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
3.1	Agrupamento dos produtores segundo a qualidade do leite cru refrigerado	80
3.2	Fidelidade dos produtores de leite cru refrigerado	105
4	CONCLUSÕES	107
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
CONCLUSÕES GERAIS		110
RECOMENDAÇÕES		111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BLUP	Best linear unbiased predictor
CCS	Contagem de células somáticas
CS	Células somáticas
CBT	Contagem bacteriana total
CP	Índice de capacidade potencial
CPK	Índice de capacidade efetiva
CPI	Índice de capacidade inferior
CPS	Índice de capacidade superior
CV	Coefficiente de variação
DP	Desvio padrão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EST	Extrato seco total
ESD	Estrato seco desengordurado
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FAO RAP	Escritório regional para Ásia e o Pacífico da FAO
FAO RLC	Escritório regional para a América Latina e o Caribe da FAO
IN51	Instrução Normativa n° 51/2002 do MAPA
IN62	Instrução Normativa n° 62/2011 do MAPA
LCR	Leite cru refrigerado
LIE	Limite inferior de especificação
LNS	Limite natural superior
LNI	Limite natural inferior
LSE	Limite superior de especificação
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
RBQL	Rede Brasileira de Laboratórios de Controle da Qualidade do Leite
REML	Procedimento de máxima verossimilhança restrita
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
UFC	Unidade formadora de colônias
UE	União Europeia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Padrão de variação de um processo estável em uma carta de controle.	21
Figura 1.2. Limites naturais de variabilidade do processo.....	22
Figura 1.3. Relações entre os limites naturais do processo e os limites de especificação.	23
Figura 2.1. Diagramas de dispersão dos valores da temperatura do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	41
Figura 2.2. Diagramas de dispersão dos teores de gordura do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	44
Figura 2.3. Diagramas de dispersão dos teores de proteína do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	45
Figura 2.4. Diagramas de dispersão dos teores de lactose do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	47
Figura 2.5. Diagramas de dispersão dos teores de extrato seco total do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	49
Figura 2.6. Diagramas de dispersão dos teores de extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	50
Figura 2.7. Diagramas de dispersão dos valores da contagem de células somáticas do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	53
Figura 2.8. Diagramas de dispersão dos valores da contagem bacteriana total do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	54
Figura 2.9. Estratificação anual dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	56
Figura 2.10. Estratificação mensal dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	57
Figura 2.11. Teste de Kolmogorov-Smirnov e gráfico de probabilidade de aderência à distribuição normal para os indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	59
Figura 2.12. Histogramas de frequência dos valores da temperatura do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b).....	60
Figura 2.13. Histogramas de frequência dos teores de gordura do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)	61
Figura 2.14. Histogramas de frequência dos teores de proteína do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)	61
Figura 2.15. Histogramas de frequência dos teores de lactose do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)	62
Figura 2.16. Histograma de frequências dos teores de extrato seco total do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b).....	63
Figura 2.17. Histograma de frequências dos teores de extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b).....	63

Figura 2.18. Histograma de frequências dos valores da contagem de células somáticas do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b).....	64
Figura 2.19. Histograma de frequências dos valores da contagem bacteriana total do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b).....	65
Figura 3.1. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de temperatura, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 4 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 20 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 26 produtores pertencentes ao cluster 3 (c).	83
Figura 3.2. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de temperatura, no período de 2012 a 2017.	84
Figura 3.3. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de gordura, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 28 produtores pertencentes ao cluster 2 (b) e 22 produtores pertencentes ao cluster 3 (c).	86
Figura 3.4. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de gordura, no período de 2012 a 2017.	87
Figura 3.5. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de proteína, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 8 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 33 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 9 produtores pertencentes ao cluster 3 (d).....	88
Figura 3.6. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de proteína, no período de 2012 a 2017.	89
Figura 3.7. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de lactose, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 22 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 22 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 6 produtores pertencentes ao cluster 3 (d).....	91
Figura 3.8. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de lactose, no período de 2012 a 2017.	92
Figura 3.9. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco total, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 15 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 26 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 9 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)....	94
Figura 3.10. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco total, no período de 2012 a 2017	95
Figura 3.11. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco desengordurado, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 12 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 34 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 4 produtores pertencentes ao cluster 3 (d).	97
Figura 3.12. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco desengordurado, no período de 2012 a 2017.....	98
Figura 3.13. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem de células somáticas, no período de 2006 a 2011	

(a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 9 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 22 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 19 produtores pertencentes ao cluster 3 (d).....	100
Figura 3.14. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem de células somáticas, no período de 2012 a 2017.	101
Figura 3.15. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem bacteriana total, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 21 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 22 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 5 produtores pertencentes ao cluster 3 (d).	103
Figura 3.16. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem bacteriana total, no período de 2012 a 2017....	104
Figura 3.17. Fidelidade dos produtores para cada indicador de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Classificação do processo com respeito a sua capacidade	26
Tabela 2.1. Requisitos físico-químicos para o leite cru refrigerado pelas Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011	36
Tabela 2.2. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa n° 51/2002 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste	36
Tabela 2.3. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa n° 62/2011 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste	37
Tabela 2.4. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), no período de 2006 a 2017	40
Tabela 2.5. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o teor de gordura (%), no período de 2006 a 2017	43
Tabela 2.6. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o teor de proteína (%), no período de 2006 a 2017	44
Tabela 2.7. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o teor de lactose (%), no período de 2006 a 2017	46
Tabela 2.8. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o extrato seco total (%), no período de 2006 a 2017	48
Tabela 2.9. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o extrato seco desengordurado (%), no período de 2006 a 2017	50
Tabela 2.10. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para a contagem de células somáticas (\log_{10} CS/mL), no período de 2006 a 2017	51
Tabela 2.11. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para a contagem bacteriana total (\log_{10} UFC/mL), no período de 2006 a 2017 ...	53
Tabela 3.1. Requisitos físico-químicos para o leite cru refrigerado pelas Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011	77
Tabela 3.2. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa n° 51/2002 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste	77
Tabela 3.3. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa n° 62/2011 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste	78
Tabela 3.4. Qualificação dos produtores por clusters resultantes do agrupamento das médias dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, durante os dois períodos de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017.....	81

RESUMO

VÁSQUEZ ANGULO, Julia Desiré, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2018. **Evolução da qualidade do leite cru refrigerado na mesorregião da zona da mata norte de Minas Gerais frente a vigência das instruções normativas N° 51/2002 e N° 62/2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Orientador: José Benício Paes Chaves. Coorientador: Emille Rocha Bernardino de Almeida Prata.

O leite de qualidade é de importância indispensável na dieta humana da maioria dos países do mundo devido a seu alto valor nutricional, tornando sua produção de alto valor econômico. O aumento da demanda por produtos lácteos de qualidade abre a possibilidade para o Brasil competir no mercado internacional, sendo necessário atingir os padrões físico-químicos e microbiológicos internacionais de qualidade do leite cru refrigerado. Por tais motivos, tem-se como objetivos avaliar a evolução dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado (temperatura, gordura, proteína, lactose, extrato seco total e desengordurado, e contagens de células somáticas e bacteriana total), tendo como base os dados de um laticínio localizado na mesorregião da zona da Mata Norte de Minas Gerais, nos períodos de vigência das Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Também se avaliou a evolução mensal e anual dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado no período de 2006 a 2017. Desenvolveu-se um método de avaliação dos produtores/fornecedores do laticínio, primeiro, pelo seu agrupamento segundo a qualidade do leite cru refrigerado que produziam, mediante análise de cluster, e, segundo, mediante a avaliação da situação de migração ou permanência dos produtores antigos e novos no laticínio, para assim determinar sua fidelidade. Os resultados do Capítulo 2 revelam que durante o tempo de vigência da Instrução Normativa n° 51/2002, entre 2006 e 2011, se obteve leite cru refrigerado de melhor qualidade em relação aos indicadores avaliados. Apesar disso, as médias da temperatura, de contagens de células somáticas e de contagens bacteriana total não atingiram as exigências, além de apresentar alta variabilidade. Esta queda na qualidade se pode dever às Instruções Normativas n° 51 e n° 62 confundirem os produtores ao mudar, em um curto período de tempo e em mais de uma ocasião, os valores exigidos das contagens de células somáticas e bacteriana total. Os comportamentos anuais e mensais dos indicadores de qualidade não apresentaram uma tendência significativa de alteração entre 2006 e 2017. Os resultados do Capítulo 3 revelam que os produtores fiéis não contribuíram significativamente na qualidade, apesar

da boa qualidade do leite fornecido, devido a sua menor participação em número se comparados com os produtores novos, cuja qualidade do leite foi intermediária ou ruim, na sua maioria. Portanto, o aumento de produtores não levou a uma melhoria da qualidade do leite cru refrigerado fornecido ao laticínio após 2012.

ABSTRACT

VÁSQUEZ ANGULO, Julia Desiré, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2018. **Evolution of the quality of refrigerated raw milk in the mesoregion of the north forest area of Minas Gerais, in view of the validity of Normative Instructions n° 51/2002 and n° 62/2011 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply.** Adviser: José Benício Paes Chaves. Co-adviser: Emille Rocha Bernardino de Almeida Prata.

Quality milk is of vital importance in the human diet of most countries in the world because of its high nutritional value, making its production, an activity of high economic value. The increase in the demand for quality dairy products opens the possibility for Brazil to compete in the international dairy market, and it is necessary to achieve the international physical-chemical and microbiological quality standards of the refrigerated raw milk. For those reasons, the objectives of this study were to evaluate the development of the value of the refrigerated raw milk quality indicators (temperature, fat, protein, lactose, total solids, defatted dry extract, somatic cell count and total bacterial count), using the data-base of a dairy plant located in the mesoregion of the North Mata area of Minas Gerais, during those periods when the Normative Instructions n° 51/2002 and n° 62/2011 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (MAPA) were effective. The monthly and annual evolution of the values of the refrigerated raw milk quality indicators were also evaluated between 2006 and 2017. A method of evaluating raw milk producers/suppliers was developed, first, by grouping them according to the quality of the refrigerated raw milk they produced through cluster analysis, and secondly by evaluating the migration or permanence situation of the old and new producers, in order to determine its loyalty delivering refrigerated raw milk to the dairy plant. Results of Chapter 2 show that during the term of the Normative Instruction n° 51/2002, between 2006 and 2011, they obtained better refrigerated raw milk according to their quality indicators. In spite of this, averages of temperature, somatic cell count and total bacterial count did not reach the requirements in addition, they presented high variability. This drop in quality may be because Normative Instructions n° 51 and n° 62 confuse the dairy farmers by changing, over a short period and more than once, the required values for somatic cell count and total bacterial count. The monthly and annual behavior of the indicators did not show a significant change between 2006 and 2017. The results of Chapter 3 show that the loyal dairy farmers did not contribute significantly to quality, despite the good quality of their milk, due to the smaller number of participants compared

to the new dairy farmers, whose milk qualities were intermediate or bad, mostly. Therefore, the increase in dairy farmers has not led to an improvement in quality of the refrigerated raw milk supplied to the dairy plant after 2012.

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de leite de qualidade é de grande importância para a maioria dos países do mundo em razão de seu alto valor nutricional, tornando-o indispensável na dieta humana diária (FAO, 2013). A cadeia produtiva do leite é um dos setores mais importantes para a economia do Brasil. Gera renda para milhões de brasileiros, especialmente no setor rural, onde o produtor vê melhorar sua renda mensal com a produção e venda de leite e derivados (PEREIRA, 2008; SIQUEIRA et al., 2010; VILELA; LEITE; RESENDE, 2002).

O aumento da população mundial nas últimas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento, e a crescente demanda por produtos lácteos de qualidade, sobretudo nos países mais ricos e desenvolvidos, abre a possibilidade para o Brasil competir no mercado leiteiro internacional. Para isso é necessário atender aos padrões higiênico-sanitários internacionais da qualidade do leite, como as contagens de células somáticas e bacteriana total. Também é indispensável o envolvimento da indústria láctea, dos produtores de leite, das instituições de pesquisa e dos órgãos governamentais, para a estruturação e implantação de projetos e programas direcionados ao melhoramento da produtividade e da qualidade nos ambientes de produção e transporte do leite cru refrigerado, no Brasil.

É importante avaliar a qualidade do leite cru refrigerado por meio dos indicadores temperatura, gordura, proteína, lactose, extrato seco total e desengordurado e contagens de células somáticas e bacteriana total frente às exigências das Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011 (revogou a IN51/2002) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a evolução da qualidade do leite cru refrigerado, tomando como base o banco de dados de um laticínio localizado na mesorregião da zona da Mata Norte de Minas Gerais, no período de vigência das Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011 do MAPA.

No Capítulo 1 desenvolve-se uma revisão bibliográfica dos tópicos a serem abordados nos capítulos seguintes. No Capítulo 2 desenvolve-se uma análise da evolução temporal

dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado frente à vigência das Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011 do MAPA, cujos objetivos específicos foram:

- ✓ Comparar os valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, proveniente da Zona da Mata Norte de Minas Gerais, entre os períodos de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017;
- ✓ Avaliar a evolução mensal e anual dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, proveniente da Zona da Mata Norte de Minas Gerais, no período de 2006 a 2017.
- ✓ Avaliar a consistência dos produtores da Zona da Mata Norte de Minas Gerais em entregar o leite cru refrigerado dentro das exigências das Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011 do MAPA.

No Capítulo 3 desenvolve-se um método de avaliação dos produtores fornecedores do leite cru refrigerado. Os objetivos específicos foram:

- ✓ Agrupar os produtores segundo a qualidade do leite cru refrigerado que produzem mediante análise de agrupamento (análise de cluster);
- ✓ Avaliar a situação de permanência (fiéis) ou saída (não fiéis) dos produtores antigos e a situação de chegada dos produtores novos dentro do laticínio;
- ✓ Identificar os produtores em função da sua fidelidade de entrega de leite cru refrigerado ao laticínio.

CAPÍTULO 1. REVISÃO DA LITERATURA

1 Leite

O leite é uma secreção da glândula mamária proveniente de mamíferos fêmeas, sendo a fonte de alimentação que nutre e provê de proteção imunológica aos filhotes. O leite produzido por especialmente vacas; mas também por búfalas, cabras e ovelhas é utilizado em vários lugares do mundo para o consumo humano. Para a maior parte da população mundial o leite de vaca responde pela grande maioria do produto processado para o consumo humano (ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

O leite é um fluido biológico complexo com cerca de 100.000 espécies moleculares em dispersão coloidal, sendo que a maioria de espécies ainda não foi identificada. Contudo, os componentes principais do leite (proteína, lactose, gordura e minerais) podem ser separados e isolados facilmente. Por isso, os componentes do leite têm sido estudados e as características principais são bem conhecidas (ROBINSON, 2005).

Em seu estado natural o leite é um alimento altamente perecível. É susceptível a deterioração rápida pela ação natural de enzimas e microrganismos contaminantes (ROBINSON, 2005). Por isso, o resfriamento abaixo de 4 °C logo após a ordenha é necessário para retardar a multiplicação microbiana e as mudanças químicas que podem se desenvolver no leite.

O leite de vaca de boa qualidade, ou seja, com boas características físico-químicas e microbiológicas, depende de um bom relacionamento entre o animal, a alimentação e o manejo pós-ordenha (BARBOSA et al., 2010). O fator animal significa que fatores genéticos, fisiológicos e ambientais do animal influenciam a composição química e sensorial final do leite. O fator alimentação influencia maiormente o teor de proteína e de gordura do leite, afetando o sabor e odor do mesmo. No Brasil, se aproveitam muito as pastagens tropicais devido a sua disponibilidade e diversidade (FUKUMOTO et al., 2010) e o farelo de soja (SOUZA et al., 2010b), mas a pesar da boa genética do rebanho é necessária a suplementação para potencializar a alimentação dos rebanhos leiteiros (CARVALHO et al., 2010). O fator pós-ordenha significa que um manuseio impróprio

do leite, agitação excessiva, refrigeração e higiene inadequados, etc., permitem a modificação da composição e, portanto, da qualidade do leite.

1.1 Síntese do Leite

Walstra; Wouters; Geurts (2006) descreveram de maneira muito concreta todo o processo de biossíntese do leite e seus respectivos compostos, sendo que esta síntese ocorre em grande parte nas células secretoras da glândula mamária. Na parte basal da célula os precursores dos componentes do leite são retirados do sangue, e na parte apical da célula os componentes finais do leite são secretados no lúmen. A lactose é sintetizada de duas moléculas de glicose absorvidas do sangue, sendo que uma molécula de glicose é convertida (epimerizada) em galactose através da via Leloir, depois é fosforilada e condensada com uma segunda molécula de glicose através da ação de uma enzima única de dois componentes, a lactose-sintase (FOX; MCSWEENEY, 2009). As proteínas são formadas no retículo endoplasmático e transportadas para as vesículas de Golgi, nas quais a maioria dos componentes solúveis do leite é armazenada. A vesícula cresce em tamanho enquanto é transportada através da célula e logo se abre para liberar seu conteúdo no lúmen. Os triglicerídeos são sintetizados no citoplasma, formando glóbulos pequenos, os quais crescem enquanto são transportados até a extremidade apical da célula. Eles se tornam cobertos por uma membrana celular externa (ou plasmalemma) enquanto são comprimidos dentro do lúmen. Esse tipo de secreção é chamado de merócrina, o que significa que a célula se mantém intacta.

A maioria dos componentes é sintetizada na célula, outros componentes são retirados do sangue, mas, geralmente, não na mesma proporção em que estão no sangue; especialmente os sais. Isso significa que as membranas celulares têm mecanismos de rejeição ou permitem a passagem de componentes específicos. Algumas substâncias, notadamente a água e moléculas lipofílicas pequenas, podem atravessar a célula de maneira quase desimpedida. Alguns outros componentes, como albumina sérica e cloretos, podem migrar do sangue para o leite passando através dos espaços entre as células secretoras. Alguns leucócitos conseguem, de alguma forma, chegar até o lúmen. Os remanescentes das células são segregados e os fragmentos pequenos do citoplasma,

que ocasionalmente se aderem a um glóbulo graxo, são secretados e formam as partículas de lipoproteínas (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

O epitélio glandular – consistindo em camadas de células secretoras – forma corpos esféricos chamados de alvéolos. Cada um desses tem um lúmen central em que o leite fresco formado é secretado e a partir de lá, o leite pode fluir pelos dutos pequenos para os dutos maiores até chegar a uma cavidade chamada de cisterna. A partir da cisterna, o leite pode ser liberado através das tetas, sendo que a vaca tem quatro tetas e conseqüentemente quatro glândulas mamárias separadas, comumente chamadas de úbere ou quartos (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

A excreção do leite não acontece espontaneamente, o alvéolo tem que se contrair, o que pode ser alcançado pela contração do tecido muscular ao redor do alvéolo. Essa contração é induzida pelo hormônio oxitocina, a qual é liberada no sangue por estimulação das tetas do animal, seja quando o bezerro é amamentado ou pelo ordenhador (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

A capacidade da vaca de manter uma boa produção ou síntese do leite chama-se de persistência da lactação, onde a produção se mantém até após o pico de produção. Como a vaca precisa de maior esforço fisiológico diminuindo o desempenho reprodutivo e causando distúrbios metabólicos para produzir mais leite, preferem-se produções moderadas com persistência no tempo (TICIANI et al., 2013), permitindo assim, uma maior síntese do leite.

1.2 Composição do Leite

O componente principal do leite é a água; o restante consiste em gordura, lactose e proteína (caseínas e proteínas do soro). O leite também contém pequenas quantidades de minerais, proteínas sanguíneas específicas, enzimas e pequenos intermediários da síntese mamária. As estruturas e propriedades desses componentes influenciam profundamente as características do leite e tem conseqüências importantes para o processamento do leite (ROBINSON, 2005).

A gordura é composta em grande parte por triglicerídeos, constituindo uma mistura complexa de mais de 98% da gordura no leite. Os componentes dos ácidos graxos variam

muito no comprimento da cadeia (2 a 20 átomos de carbono) e em saturação (0 a 4 ligações duplas). Os outros 2% de lipídeos no leite consistem em diglicerídeos, monoglicerídeos, colesterol, fosfolipídios, ácidos graxos livres, cerebrosídeos e gangliosídeos (ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

O leite contém em média 3,5% de proteína, a qual pode ser fracionada em dois grandes grupos: caseína e proteína do soro. Na acidificação do leite a pH de 4,6 a 20 °C, cerca de 80% da proteína total precipita na solução; essas proteínas são chamadas de caseínas. São típicas do leite e tem algumas propriedades específicas: elas são fosforiladas e tem pouca ou nenhuma estrutura secundária. As proteínas que permanecem solúveis sob essas condições são as do soro ou também conhecidas como proteínas do sangue. Além disso, o leite contém numerosas proteínas menores, incluindo uma enorme variedade de enzimas (ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

A lactose, o açúcar do leite, é um dissacarídeo que representa entre 4,6 e 4,9% do leite de vaca. É sintetizada na glândula mamária a partir de uma ligação glicosídica do tipo β (1-4) entre glicose e galactose (FOX; MCSWEENEY, 2009). A lactose contribui principalmente nas propriedades coligativas do leite, tais como pressão osmótica, depressão do ponto de congelamento e elevação do ponto de ebulição (ROBINSON, 2005).

O leite também contém vitaminas (ex. vitamina A e C) e enzimas (ex. lactoperoxidase e fosfatase ácida). Alguns dos constituintes menores podem exercer uma função importante, e outras podem ser contaminantes acidentais (anticorpos) (ROBINSON, 2005).

Os componentes do leite mudam consideravelmente com o progresso da lactação. As primeiras secreções coletadas do úbere no início da lactação, conhecidas como colostro, tem uma alta concentração de gordura, proteína, particularmente de imunoglobulinas, e um conteúdo variável de lactose (ROBINSON, 2005). A composição desse leite muda gradualmente do estado de colostro ao de um leite maduro em torno de alguns dias (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

A porcentagem de lactose e proteína em leites provenientes de uma mesma vaca varia muito pouco de uma ordenha a outra. Entretanto, o conteúdo de gordura do leite varia muito mais; quanto mais frequências de ordenhas, maior é a variação. Geralmente, durante a ordenha, o conteúdo de gordura aumenta. O leite proveniente de ordenhas

matutinas geralmente é mais rico em gordura que o leite obtido de ordenhas à noite (ROBINSON, 2005).

O tipo e a quantidade de alimento afetam a composição do leite, especialmente o conteúdo e a composição da gordura e da proteína (BARBOSA et al., 2010; FREITAS JÚNIOR et al., 2010; SOUZA et al., 2010b). Outros fatores, como a mastite, condições climáticas extremas, estresse e cansaço também podem exercer uma influência na composição do leite (ROBINSON, 2005; SOUZA et al., 2010a).

2 Legislação Brasileira para a Qualidade do Leite cru refrigerado

Dadas às exigências internacionais em melhorar a qualidade do leite, junto com o desenvolvimento de novas políticas de incentivo à produção leiteira que envolvessem os setores científicos e econômicos da área, em 1996 se iniciou no Brasil a elaboração do Programa Nacional de Melhoria de Qualidade do Leite (PNQL). Em 6 de Maio de 1998, a Portaria n° 166 (BRASIL, 1998), estabeleceu um grupo de trabalho para analisar e propor um programa de medidas visando o aumento da competitividade e modernização do setor lácteo brasileiro (NERO et al., 2005; VARGAS, 2012).

A qualidade do leite brasileiro era monitorada utilizando critérios não internacionais, o que impedia que o leite e seus derivados atingissem os níveis de qualidade necessários para competir no mercado internacional.

A versão final desses trabalhos gerou a Instrução Normativa n° 51 (IN51), aprovada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 18 de setembro de 2002. A IN51 criou e aprovou os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite tipo A, tipo B, tipo C, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado e o regulamento técnico da coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel. Naquela Instrução Normativa foi criado o produto leite cru refrigerado e foram introduzidos indicadores e parâmetros internacionais de qualidade para o leite, como contagem bacteriana total (CBT), contagem de células somáticas (CCS), determinação dos teores de proteína, gordura, extrato seco desengordurado e extrato seco total. Especificamente, estabeleceu-se a exigência de que os parâmetros de CCS e CBT fossem de no máximo de 400.000 células/mL e 100.000 UFC/mL, respectivamente, para o leite cru refrigerado, os

quais, no início, tinham que ser atingidos até 1 de julho de 2005, nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste; e até 1 julho de 2007, nas Regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2002).

Para o suporte analítico aos regulamentos técnicos da IN51, o MAPA criou, em abril de 2002, uma rede de laboratórios chamada de Rede Brasileira de Laboratórios de Controle da Qualidade do Leite (RBQL). A finalidade é fazer as análises do leite cru refrigerado para contagem de células somáticas, contagem total de bactérias e detecção de resíduos de antibióticos. A RBQL conta com laboratórios de análise de leite distribuídos pelo Brasil, possibilitando o monitoramento dos principais produtores leiteiros do país. Os laboratórios da rede estão localizados nas cidades de Curitiba - PR, Juiz de Fora - MG, Belo Horizonte - MG, Passo Fundo - RS, Lajeado - RS, Pelotas - RS, Concórdia - SC, Piracicaba - SP, Goiânia - GO e Recife - PE, (CONSELHO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 2017; EMBRAPA, 2017; GIROLANDO, 2010).

Com a implantação da IN51, era previsto que a cadeia do leite sofresse muitas transformações. No entanto, a qualidade do leite não apresentou melhora que atendesse os padrões de exigência internacional, como demonstrado nas pesquisas de G. N. de Souza (2008), Neto et al. (2012) e Cassoli, Machado, & Cardoso (2008) feitas em diferentes regiões do Brasil, indicando deficiências e não conformidades na qualidade do leite.

Assim, em 29 de dezembro de 2011, a IN51 foi alterada e substituída pela Instrução Normativa nº 62 (IN62), prorrogando no início, por mais quatro anos a entrada em vigor dos novos parâmetros de qualidade para produção de leite nacional. Pois, se a legislação fosse adotada de imediato, muitos produtores brasileiros ficariam excluídos do mercado. Ela exigiu que os valores de CBT e CCS fossem atingidos até 1 de julho de 2016, nas regiões: Sul, Sudeste e Centro-Oeste; e até 1 de julho de 2017 nas Regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2011; DAMBRÓS, 2012). Nela também se incluíram novos indicadores para o monitoramento da qualidade do leite cru refrigerado, como a determinação da composição centesimal e análise para detecção de resíduos de antimicrobianos em leite. Esses indicadores, junto com CBT e CCS, foram escolhidos com o intuito de se tornarem ferramentas indispensáveis na produção, beneficiamento e industrialização, uma vez que fornecem informações relacionadas à qualidade do leite,

englobando a sanidade da glândula mamária, condições higiênicas de obtenção do leite e valor nutricional (FREITAS, 2017).

Em 4 de Maio de 2016, a IN62 sofreu modificações mediante a Instrução Normativa nº 7, na qual novamente foi prorrogado o prazo para atingir os parâmetros de CCS e CBT até 1 de julho de 2018, nas regiões: Sul, Sudeste e Centro-Oeste; e até 1 de julho de 2019, nas Regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2016).

Se o Brasil conseguir atingir o limite de 400.000 células/mL de CCS estará se igualando aos padrões internacionais dos países membros da União Europeia (UE), Nova Zelândia e Austrália, e estaria propondo limites inferiores, portanto mais exigentes que os designados por Canadá e Estados Unidos da América (EUA), que são de 500.000 células/mL e 750.000 células/mL, respectivamente. No caso de atingir as 100.000 UFC/mL de CBT, o Brasil estaria se igualando a UE, EUA, Austrália e Nova Zelândia e ficaria ainda acima do limite proposto para o Canadá, que é de 50.000 UFC/mL (SANTOS, 2006; VARGAS, 2012).

Em 19 de abril de 2018, para alinhar aos artigos do novo RIISPOA (Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal), de março de 2018, o MAPA editou a Portaria nº 39 submetendo à Consulta Pública, pelo prazo de 60 dias, a contar da data da publicação. A Portaria nº 39 propõe uma revisão da IN62, estabelecendo critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção federal. Nessa nova proposta o MAPA propõe no artigo 6º que leite cru refrigerado de tanque individual ou de uso comunitário deve apresentar médias geométricas trimestrais de CCS de no máximo 500.000 células/mL e de CBT de no máximo 300.000 UFC/mL (BRASIL, 2018).

3 Análises estatísticas aplicados ao setor leiteiro

Existem várias ferramentas estatísticas aplicadas ao estudo do leite cru refrigerado. O método mais utilizado e adequado para avaliar a evolução da qualidade do processo de obtenção do leite cru refrigerado é o modelo misto, por exemplo. Para agrupar essas

qualidades ou até agrupar os produtores segundo essas qualidades do leite cru refrigerado, se utiliza muito a análise multivariada de agrupamento, por exemplo.

Um exemplo de aplicação do modelo misto ao setor leiteiro é a pesquisa de Wilson et al. (2004), cujo objetivo foi estimar as perdas de produção de leite associadas à mastite clínica. Pelo modelo linear misto, explicou-se a variação na variável-resposta (rendimento diário do leite) em relação às companheiras de rebanho sem mastite, encontrando significância para todas as nove doenças estudadas (distocia, febre do leite, retenção de placenta, metrite, cetose, abomaso deslocado, claudicação e doença do ovário cístico), incluindo a mastite clínica. As análises das vacas de primeira lactação e da segunda lactação foram realizadas separadamente, devido às suas curvas de lactação serem diferentes. Ajustando-as para os efeitos das outras oito doenças, a perda de produção de leite por mastite clínica durante toda a lactação foi estimada em, aproximadamente, 598 kg para as vacas na segunda lactação. No entanto, as vacas que contraíram a mastite apresentaram uma vantagem na produção diária de 2,6 kg em relação às suas companheiras de rebanho, até o momento em que estas contraíram a doença. Quando comparada com a referida produção de leite potencialmente maior, a perda total devido a mastite clínica foi estimada em 1.181 kg.

Outro exemplo de aplicação de modelos mistos se refere às estimativas dos fatores de ajustamento para produção de leite e gordura em rebanhos leiteiros em função da idade da vaca ao parto, da composição racial e do lugar do parto. Utilizou-se a máxima verossimilhança restrita com efeitos fixos de rebanho/ano, época do parto e classes idade-composição racial-lugar de parto, e efeitos aleatórios de animal e resíduo. Os valores foram maiores para as vacas jovens do que para as não tão jovens. Os valores ajustados para produção de gordura foram maiores que os correspondentes para produção de leite (DURÃES et al., 2000).

Um ano depois, os mesmos autores utilizaram, com o objetivo de estimar as tendências genéticas para a produção de leite e gordura em rebanhos, o modelo misto com máxima verossimilhança restrita. Os efeitos fixos considerados no modelo foram: rebanho-ano-estação de parto e os efeitos linear e quadrático da idade da vaca ao parto. Os efeitos aleatórios foram animal e erro. As estimativas de ganho genético para produção de leite e gordura foram de 18,4 e 0,6 kg, respectivamente. A média de produção de leite e gordura aumentou anualmente. Os valores genéticos estimados tiveram um aumento

acentuado nos últimos anos, indicando que os produtores de leite avaliados estão pondo em prática os critérios para aumentar a produção de seus rebanhos (DURÃES et al., 2001).

Carvalho et al. (2001) estimaram os fatores de ajustamento das produções de leite, de gordura e de proteína para idade da vaca na época do parto. As 3.327 lactações foram analisadas por meio da metodologia de modelos mistos, com efeitos fixos de rebanho/ano, estação do parto, composição genética e classes de idade e efeitos aleatórios de animal e de meio permanente. Os fatores de ajustamento obtidos para produção de leite foram ligeiramente menores do que os de gordura, porém em idades mais avançadas os fatores foram semelhantes. Os fatores de ajustamento da produção de proteína tenderam a ser maiores do que os correspondentes para produção de leite e gordura. Vacas jovens tiveram fatores ligeiramente maiores do que vacas de idades mais avançadas, em todas as características estudadas.

Um dos exemplos recentes de aplicação da análise multivariada ao setor leiteiro é a pesquisa de Werncke et al. (2016) que caracterizou as propriedades leiteiras da região do Vale do Braço do Norte, sul de Santa Catarina, quanto à qualidade do leite e ao perfil em infraestrutura, manejo e alimentação dos animais. Os dados tratados pela análise fatorial permitiram obter três fatores: o primeiro representa as relações entre as práticas de higiene na ordenha e de controle/prevenção de mastite, o segundo abrange a infraestrutura da fazenda com o nível de produção, e o terceiro concebe a relação entre a suplementação concentrada, a produção e a estabilidade do leite ao teste do álcool¹. Depois os dados submetidos à *análise de agrupamento ou de cluster* formaram três grupos: dois compostos pelos produtores com maior nível tecnológico, e o outro composto por pequenos produtores com menor infraestrutura e nível tecnológico. Chegou-se à conclusão que as propriedades com infraestrutura de produção, adoção de práticas de ordenha, e critérios de alimentação melhores, obtêm leite com a melhor qualidade.

Outro exemplo de aplicação do método multivariado é a investigação de Eckstein et al. (2016) cujo objetivo foi a identificação e caracterização dos sistemas de produção leiteira em relação à higiene e práticas sanitárias na ordenha sobre a qualidade sanitária do leite. Primeiro foi utilizada a *análise de agrupamento* para obter os grupos de

¹ Teste do álcool: mistura de 2mL de leite e 2mL da solução alcoólica, numa placa de Petri, agitada por alguns segundos. Concentrações alcoólicas utilizadas: 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80 e 82% de etanol v/v.

variáveis, através dos quais se procurou obter as variáveis explicativas mediante análise de componentes principais: equipamentos e contaminação, ordenha tecnológica, e escala de produção. Os resultados permitiram representar as diferentes características dos sistemas de produção por meio da análise de agrupamento, onde para cada componente principal foi realizada uma análise de agrupamento, sempre com cinco grupos de sistemas de produção de leite formados com características semelhantes dentro de cada grupo. A formação dos cinco grupos permitiu identificar que o uso de técnicas higiênico-sanitárias de ordenha está relacionado com a idade e escolaridade do produtor, ligado ao tempo na atividade leiteira.

Alessio (2013) objetivou avaliar os fatores que influenciam a variação de lactose do leite bovino em rebanhos sob controle leiteiro, bem como os dados de tanque de refrigeração empregando análise multivariada. Mediante *análise de agrupamento* foram obtidos os grupos: G1 formado por dados de controles leiteiros de ambas as raças (Holandês e Jersey), baixo teor de lactose, escore de células somáticas elevado, estágio de lactação e número de partos mais elevados; G2 e G3 com valores médios característicos das raças Holandês e Jersey, respectivamente. Concluiu-se que teores de lactose baixos se relacionam com: valores elevados de contagem de células somáticas (CCS), estágio de lactação avançado e vacas com mais lactações; sem influência de: raça, nível de produção de leite, e concentração de gordura e proteína.

Para caracterizar sistemas de produção leiteira da região noroeste do Estado do Paraná em relação à gestão zootécnica e resultados para produção e qualidade do leite, Junior et al. (2012) conduziram um estudo em que se utilizou a estatística multivariada. Obtiveram-se, mediante *análise de agrupamento*, quatro grupos homogêneos de produtores quanto às estratégias de gestão zootécnica influenciando na produção de leite. Foram detectados diferentes perfis de ação quanto ao manejo da ordenha e a estrutura da propriedade, mas o nível tecnológico e a continuidade da atividade em função do perfil etário conferiram diferenças marcantes entre os grupos. Então, as ações de melhoria devem ser direcionadas ao perfil de cada grupo para atingir a todos os sistemas e conseguir resultados concretos quanto à qualidade do leite.

Para caracterizar os sistemas de produção de leite da região Oeste do estado do Paraná, Defante (2011) usou a análise de correspondências múltiplas: dimensão 1 “potencial produtivo” e dimensão 2 “controle zootécnico”. Sendo que os grupos formados a partir

dos sistemas foram: G1 infere deficiência no manejo nutricional, G2 é caracterizado por maximizar o potencial de produção e G3 destaca-se pela produção e exploração da atividade. Para entender as ações adotadas pelos sistemas de produção leiteiro frente ao manejo higiênico-sanitário sobre as características do leite utilizou-se análise de componentes principais: componente principal 1 foi formado pelas variáveis relacionadas aos componentes do leite, e componente principal 2 pelos indicadores de qualidade sanitária do leite. Com esses resultados e mediante *análise de cluster*, obtiveram-se cinco grupos, os quais comprovam que a contaminação por microrganismos é indicativo de deficiência nos procedimentos de higiene, limpeza e sanitização dos equipamentos de ordenha, comprometendo diretamente a qualidade nutricional e higiênico-sanitária do leite.

Oliveira (2008) avaliou as associações entre as variáveis da qualidade do leite: teor de gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado, CCS e contagem bacteriana total de cinco microrregiões do estado de Minas Gerais usando análise multivariada. Mediante análise de componentes principais as associações entre as variáveis puderam ser observadas. Com a aplicação de cada componente foi calculado um escore para classificação dos produtores. Depois por *análise de agrupamento* obtiveram-se grupos segundo a semelhança na qualidade do leite produzido. Concluiu-se que os métodos multivariados na análise de dados da qualidade do leite cru refrigerado são uma boa alternativa para avaliar quais são as características mais importantes, para definir associações e agrupar os produtores.

4 Modelos Mistos

Dos diversos modelos estatísticos utilizados para a análise de dados, os modelos mistos destacam-se pela sua precisão (LEITE, 2012). Eles possibilitam a modelagem de correlação intra indivíduos diferentes (com diferentes interceptos e diferentes inclinações) presentes num mesmo grupo de dados (BARBOSA, 2009).

O modelo misto, além de incorporar e modelar as estruturas de covariâncias, ele estuda o comportamento individual e médio, ao contrário dos modelos usuais que ajustam somente o comportamento médio. Assim, os modelos mistos lineares consideram os

efeitos fixos e outro conjunto de covariáveis denominado de efeitos aleatórios (comumente denotado por erro experimental), que incorporados ao bloco de efeitos aleatórios no modelo dão a sua característica principal. Sendo possível então, a incorporação de uma estrutura de covariâncias preponderante na análise da correlação entre e intragrupos (ANTONIO & FILHO, 2002; COSTA, 2010).

Os blocos incompletos, as parcelas subdivididas, os dados longitudinais, os coeficientes aleatórios, a análise de curvas de crescimento, as curvas polinomiais e os BLUPs (Best Linear Unbiased Predictors), entre outros, podem ser descritos por meio de um modelo linear misto. Dessa forma, a estrutura da matriz de variâncias e covariâncias deve estar inserida no modelo para melhor explicar o comportamento dos dados (FILHO, 2002).

Matricialmente, o modelo misto linear geral descrito por Harville (1977), Laird & Ware (1982) e Henderson (1984) (FILHO, 2002; RESENDE, 2000) é denotado por:

$$y = X\beta + Zv + e \quad (1.1)$$

em que,

${}_n y_1$ é o vetor de observações;

${}_n X_{p+1}$ é a matriz de incidência dos efeitos fixos (conhecida);

${}_{p+1} \beta_1$ é o vetor de efeitos fixos (desconhecido);

${}_n Z_q$ é a matriz de incidência dos efeitos aleatórios (conhecida);

${}_q v_1$ é o vetor de efeitos aleatórios (desconhecido);

${}_n e_1$ é o vetor de erros aleatórios;

em que, n é o número de observações, p é o número de parâmetros e q é o número de efeitos aleatórios.

Assume-se que os efeitos aleatórios e os erros (resíduos) têm distribuição normal com média zero e são não correlacionados, com matrizes de variâncias e covariâncias, respectivamente, G e R matrizes positivas definidas, por hipótese, e, portanto, não singulares, dadas por:

$$Var(v) = E(vv') = G \text{ e } Var(e) = E(ee') = R \quad (1.2)$$

Matricialmente, tem-se:

$$Var \begin{bmatrix} v \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & \phi \\ \phi & R \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

Deste modo, tem-se que:

$$V = Var(y) = Var(X\beta) + Var(Zv) + Var(e) = ZVar(v)Z' + R = ZGZ' + R \quad (1.4)$$

Assume-se, ainda, que V é não singular, e:

$$E(y) = E(X\beta + Zv + e) = X\beta \quad (1.5)$$

assim,

$$y \sim N(X\beta; ZGZ' + R) \quad (1.6)$$

Quando G e R não são conhecidas, os componentes de variância associados a eles podem ser estimados mediante o procedimento REML (RESENDE, 2000) , ou Método de Máxima Verossimilhança Restrita, cuja função é dada por:

$$L = -\frac{1}{2}(\log|XH^{-1}X| + \log|H| + v \log\sigma_e^2 + y'Py/\sigma_e^2) \quad (1.7)$$

$$L = -\frac{1}{2}(\log|C| + \log|R| + \log|G| + v \log\sigma_e^2 + y'Py/\sigma_e^2) \quad (1.8)$$

em que:

$$H = R + ZGZ';$$

$$P = H^{-1} - H^{-1}X(X' H^{-1}X)^{-1} X' H^{-1};$$

$v = N - r(x) = \text{graus de liberdade}$, em que N é o número total de dados e $r(x)$ é o posto da matriz X ;

$\sigma_e^2 = \text{variância residual}$;

$C = \text{matriz dos coeficientes das equações de modelo misto.}$

O método da Máxima Verossimilhança Restrita ou Máxima Verossimilhança Residual é o mais utilizado para a estimação de parâmetros em modelos mistos. Esse método foi proposto em 1971 por Patterson e Thompson para estimar os componentes de variância. Mediante esse método obtém-se a estimativa de σ^2 não tendenciosa e as estimativas dos parâmetros subestimadas (COSTA, 2010). O método da Máxima Verossimilhança Restrita está associado aos contrastes dos erros e não às observações reais, portanto, as estimativas para os componentes de variância são menos tendenciosas (DAVIS, 2002).

Seja Y o vetor referente à variável de interesse, um contraste de erro é uma transformação linear $A'y$ de forma que $E(A'y) = 0!$, que $E(A'X) = 0!$. Então, o método de Máxima Verossimilhança Restrita baseia-se na aplicação do método de Máxima Verossimilhança considerando $w = A'y$ em vez de y .

Também $y \sim N_n(X\beta, V)$, em que $V = Z\Psi Z' + \Sigma$, então, $A'y \sim N_{n-p}(0_{n-p}, A'VA)$. Dessa forma, tem-se que os parâmetros são estimados baseando a Verossimilhança em $f_w(w, \theta)$, em que θ representa um vetor de parâmetros a serem estimados.

Nesse caso, o logaritmo da função de Máxima Verossimilhança restrita será:

$$l(\hat{\beta}, \theta) = -\frac{1}{2}\{\log|X^T V^{-1} X| + \log|V| + \hat{e}^T \hat{e}\} \quad (1.9)$$

com $\hat{e} = y - X\tilde{\beta}$ e $\tilde{\beta} = (X^T \hat{V}^{-1} X)^{-1} X^T \hat{V}^{-1} y$.

Maximizando a Verossimilhança com relação aos parâmetros, obtêm-se estimadores dados por:

$$\hat{\beta} = (X^T V^{-1} X)^{-1} X^T V^{-1} y \quad (1.10)$$

$$\hat{\sigma}_{REML}^2 = \frac{(y - X\hat{\beta})^T (y - X\hat{\beta})}{n-p} \quad (1.11)$$

5 Métodos de Análise Multivariada

A análise multivariada representa um conjunto de métodos estatísticos com o objetivo de otimizar a interpretação de grandes conjuntos de dados, analisando medições múltiplas que tenham sido efetuadas em uma ou diversas amostras de indivíduos (CUNHA, 2005).

Segundo Lopes (2007), os métodos multivariados tornam possível levantar questões específicas e precisas de considerável complexidade em um conjunto de dados transformando informação multidimensional em tri ou bidimensional. A capacidade humana de identificação por reconhecimento visual só é possível até a terceira dimensão. Na posse de uma enorme quantidade de informações a questão principal que surge é naturalmente como interpretá-las e, obedecendo à natureza multivariada, como extrair informação relevante.

5.1 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento ou análise de cluster é um método que tem como objetivo agrupar indivíduos ou variáveis de uma mesma população em grupos discretos, a partir das características dos indivíduos de acordo com algum critério de classificação. Determinam-se subconjuntos tais que cada indivíduo pertença a um único subconjunto. Os indivíduos num mesmo subconjunto serão *similares ou homogêneos* em relação a suas características, e aqueles pertencentes a grupos distintos serão *diferentes ou heterogêneos* (DE SOUZA; DE LIMA, 2003; MINGOTI, 2013).

Entende-se então, que o procedimento de agrupamento dos elementos parte da decisão sobre qual medida de *similaridade ou dissimilaridade* será utilizada. As medidas de similaridade indicam que quanto maior o valor, maior a semelhança entre os elementos amostrais, e as medidas de dissimilaridade indicam que, quanto maior o valor, mais distintos são os elementos amostrais (MINGOTI, 2013).

Para continuar com a análise precisa-se estabelecer a *medida de distância* entre os grupos a serem formados. Existem diversos métodos para mensuração dessa distância, como o *método de aglomeração*. Os métodos mais utilizados são as técnicas hierárquicas aglomerativas, em que a classificação dos indivíduos é feita mediante sucessivas fusões dos “n” indivíduos em grupos. O procedimento básico consiste em computar uma matriz de distância ou similaridade entre os indivíduos, a partir da qual se inicia o processo de fusões sucessivas, com base na proximidade ou similaridade entre eles (DE SOUZA; DE LIMA, 2003).

Com as variáveis selecionadas e a constituição da matriz de similaridade, o pesquisador inicia o processo de partição das observações, escolhendo o algoritmo de agrupamento usado para formar os grupos e decidindo o número de agrupamentos a ser formados. A intenção dos algoritmos é maximizar as diferenças entre agrupamentos relativamente à variação dentro deles (HAIR JR. et al., 2009).

Há dois grupos de métodos para a combinação dos elementos nos agrupamentos: os *hierárquicos e não hierárquicos*. Nos métodos hierárquicos, os grupos são constituídos sobre níveis distintos de distância ou semelhança, podendo ser divisivos ou aglomerativos. Esses métodos são utilizados em análises exploratórias de dados, visando a identificar possíveis agrupamentos e o provável valor do número de grupos (CAMPOS, 2008).

Os *métodos hierárquicos divisivos* partem da ideia de que se tem, inicialmente, um só conglomerado constituído de “n” elementos da amostra observados (geralmente grande) e que, em cada fase do agrupamento, esse conglomerado inicial vai sendo subdividido, formando novos conglomerados (HAIR JR. et al., 2009).

Os *métodos hierárquicos aglomerativos* partem da ideia de que, no início do processo de agrupamento cada elemento do conjunto de dados observado é considerado um conglomerado isolado, tendo-se então “n” conglomerados. Em cada passo do processo, os elementos vão sendo agrupados, formando novos conglomerados, até o ponto em que se tenha um só grupo. Por último, constrói-se um dendrograma que representa um gráfico em forma de árvore, no qual a escala vertical indica o nível de similaridade ou dissimilaridade (CAMPOS, 2008).

Existem cinco algoritmos aglomerativos populares usados para desenvolver agregados, os quais são: ligação individual, ligação completa, ligação média, método de Ward e método centroide. No método centroide, a distância entre dois agrupamentos é a distância entre seus centróides, os quais são os valores médios das observações sobre as variáveis, na variável estatística de agrupamento, ou chamado também k-médias. Ou seja, o k, de k-médias, é a quantidade de centróides que serão criados para ajudar encontrar a similaridade dos dados. A vantagem desse método é que ele é menos afetado por observações atípicas do que outros métodos hierárquicos (HAIR JR. et al., 2009).

Os *métodos não hierárquicos* caracterizam-se pelo fato de que, no número de grupos apresentados, os elementos se agrupam simultaneamente, de tal forma que, partindo-se

de uma divisão inicial, é possível deslocar os elementos, ou seja, é necessário que o número de grupos seja pré-especificado pelo pesquisador. Não existe critério pré-estabelecido para a determinação do número de grupos a serem considerados, sendo necessária a avaliação crítica dos pesquisadores em cada caso específico (CAMPOS, 2008).

6 Teste de Aderência

Os testes de hipóteses estatísticas pressupõem uma distribuição teórica específica dos dados. O pesquisador ou analista pode se deparar com a necessidade de verificar a hipótese de determinada distribuição amostral, proveniente de uma população de dados, sendo necessário que os dados sigam um modelo específico de distribuição. Se a resposta for positiva, quer dizer que a distribuição teve boa aderência ao modelo teórico da distribuição de probabilidade e então poderá ser utilizado para representar a distribuição populacional da qual a amostra foi extraída, facilitando os processos e análises posteriores (MARTINS; DOMINGUES, 2014).

Primeiro devem-se construir histogramas dos dados e tentar associar o formato da amostra a uma das distribuições teóricas de probabilidade. Mas essa é uma solução aproximada, sendo então, a análise mais segura utilizar os testes de aderência.

Segundo Morettin (2010), a seguinte expressão serve para realizar testes de aderência que permitam verificar se os resultados práticos obtidos em um experimento aleatório seguem uma determinada distribuição:

$$X^2_{\phi=(k-1)-P} = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (1.12)$$

em que: k é a categoria de provas ou classes; o_i é a frequência absoluta observada da i -ésima categoria; e_i é a frequência absoluta esperada da i -ésima categoria; e P é o número e parâmetros a serem estimados. Então:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{o_i^2}{e_i} - \frac{2o_i e_i}{e_i} + \frac{e_i^2}{e_i} \right) = \sum_{i=1}^k \frac{o_i^2}{e_i} - 2 \sum_{i=1}^k o_i + \sum_{i=1}^k e_i \quad (1.13)$$

Como necessariamente $\sum_{i=1}^k e_i = \sum_{j=1}^k o_j = n$, temos:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} = \sum_{i=1}^k \frac{o_i^2}{e_i} - n \quad (1.14)$$

No teste só há uma região de rejeição à direita, pois quanto mais próximo for o_i de e_i , portanto mais próximo ao zero (à esquerda da X^2), mais perfeita será a aderência testada.

Então se utilizaram teste de aderência para verificar se determinados dados seguem uma distribuição de probabilidade, como binomial, Pearson ou normal. Um dos testes de aderência mais utilizados tem sido o teste de Kolmogorov-Smirnov, cujo objetivo é determinar se uma amostra é oriunda de uma população com distribuição normal.

6.1 Teste de Kolmogorov-Smirnov da normalidade

É um teste de aderência que efetua a comparação entre a distribuição de frequência acumulada dos valores de certa amostra com as probabilidades acumuladas da distribuição normal teórica (MARTINS; DOMINGUES, 2014).

Muitas técnicas de tratamento de dados exigem a normalidade dos dados porque partem desse pressuposto, exigindo então que as amostras sejam provenientes de uma população com distribuição normal.

Esse teste de aderência é muito mais robusto que o teste Qui-Quadrado, por isso é o mais utilizado para verificar a normalidade dos dados, seguindo o roteiro:

- Enunciar as hipóteses;
- Fixar o nível de significância;
- Determinar a região crítica com o auxílio da tabela do teste de K-S;
- Calcular a estatística K-S a partir dos dados da amostra; e
- Concluir.

A estatística de Kolmogorov-Smirnov é dada pela seguinte equação:

$$K - Scalc = \max(|FR_{E_i} - FR_{O_i}|; |FR_{E_i} - FR_{O_{i-1}}|) \quad (1.15)$$

Para $i = 1, 2, \dots, n$. Em que FR_{E_i} é a frequência relativa acumulada esperada até a classe/categoria i ; FR_{O_i} é a frequência relativa acumulada observada até a classe/categoria i ; e $FR_{O_{i-1}}$ é a frequência relativa acumulada esperada até a classe/categoria $i-1$.

7 Capacidade de Processos

Quando as causas especiais de variação são eliminadas de um processo com distribuição normal quanto à característica de interesse, diz-se que o processo está sob controle estatístico ou que se trata de um processo estável. Quando isso ocorre e é estabelecido um padrão de variação (Figura 1.1), pode-se verificar em uma carta de controle que cerca de dois terços dos pontos se situam próximos à linha central, que poucos pontos ficam juntos aos limites de controle e que ocorre uma distribuição balanceada dos pontos abaixo e acima do valor central. Porém, mesmo em processos estáveis, itens defeituosos ou não conformes podem ser produzidos. Logo, não é suficiente colocar e manter um processo sob controle; é fundamental avaliar se o processo é capaz de atender às especificações estabelecidas a partir das necessidades dos clientes. É essa avaliação que constitui a análise da capacidade do processo (RIBEIRO JÚNIOR, 2013; WERKEMA, 2006).

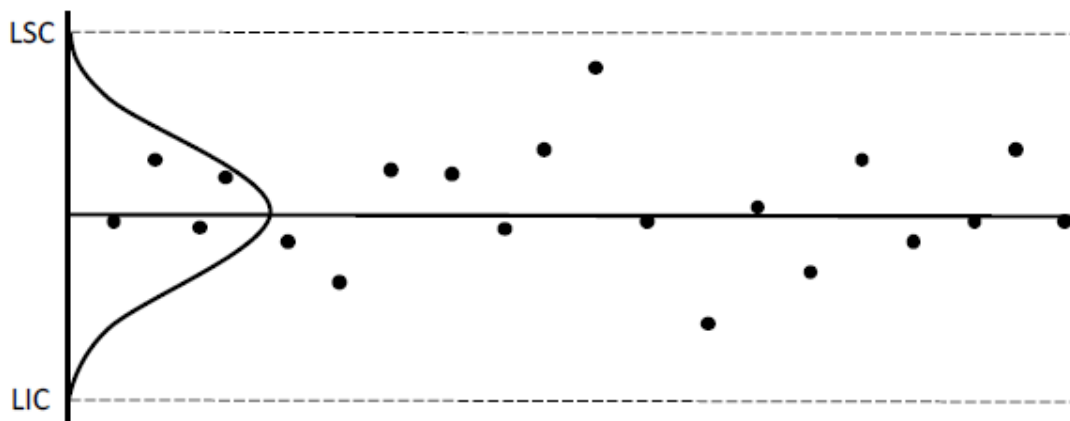


Figura 1.1. Padrão de variação de um processo estável em uma carta de controle

A capacidade de processo deve ser obtida para processos estáveis, sendo definida a partir dos limites naturais de sua variabilidade. Esses limites são dados por:

$$\text{Limite natural superior (LNS): } \mu + 3\sigma \quad (1.16)$$

$$\text{Limite natural inferior (LNI): } \mu - 3\sigma \quad (1.17)$$

onde μ é a média do processo e σ é o desvio-padrão do processo (Figura 1.2).

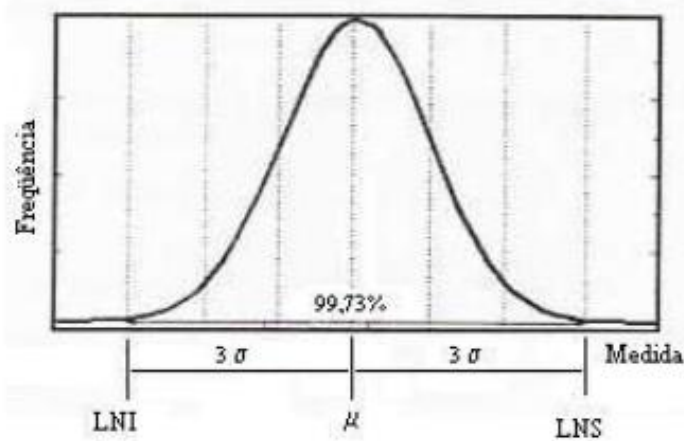


Figura 1.2. Limites naturais de variabilidade do processo

Para processos em que os dados tenham distribuição normal e que estejam centrados na média do processo, o intervalo de 3σ resultará em 99,73% dos valores dentro dos limites estabelecidos.

Para avaliar a capacidade do processo devem-se comparar os limites naturais do processo com os limites de especificação. Na Figura 1.3 são mostradas quatro situações possíveis de relacionamento entre esses limites. Em (a) o processo centrado atende às especificações, apresentando uma variabilidade menor que a exigida. Em (b) o processo, apesar de centrado, não atende às especificações, tendo em seus limites naturais valores menores e maiores que os especificados. Em (c) o processo, apesar de descentrado, tem seus limites naturais de variabilidade menores que os de especificação, conseguindo atendê-la. Em (d), além de descentrado, o processo apresenta um percentual de itens fora dos limites de especificação devido à variabilidade excessiva do processo (GONÇALEZ; WERNER, 2009).

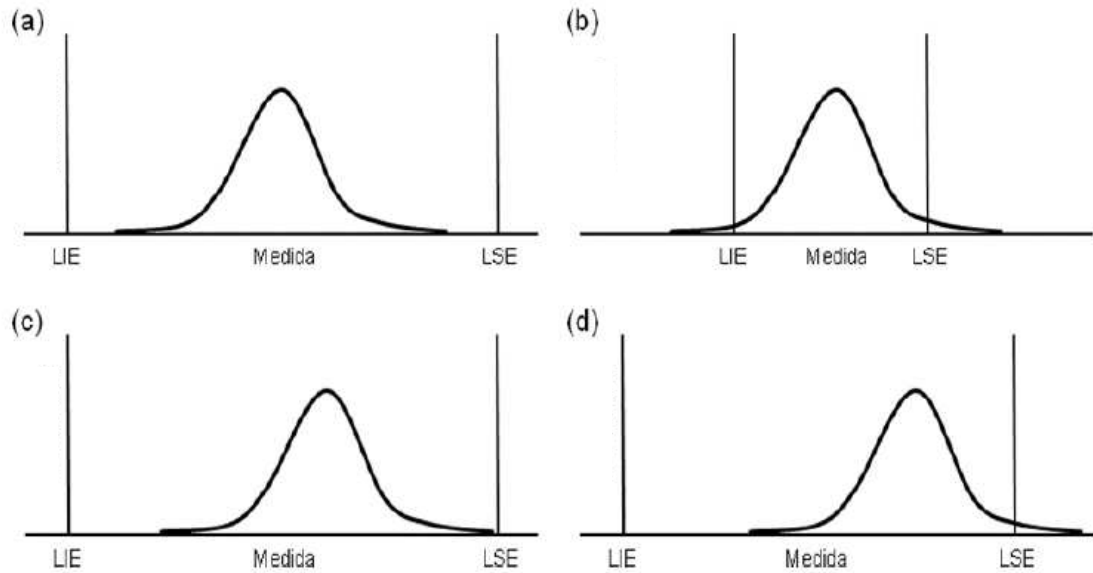


Figura 1.3. Relações entre os limites naturais do processo e os limites de especificação

A análise da capacidade do processo tem aplicação em muitos segmentos de um ciclo produtivo, podendo ser citados alguns dos seus mais importantes usos (MONTGOMERY, 2009):

- i) Predição de como um processo irá conservar-se dentro das especificações;
- ii) Seleção e/ou modificação de um processo;
- iii) Estabelecimento de um intervalo entre amostragens em um ciclo de monitoramento;
- iv) Especificação de desempenho necessária para um novo equipamento;
- v) Seleção entre fornecedores concorrentes;
- vi) Estabelecimento de uma sequência no processo de produção quando há efeito interativo do processo sobre as especificações;
- vii) Redução na variabilidade de um processo de produção.

Como técnicas usadas na análise da capacidade do processo, tem-se a análise gráfica, feita por histograma ou gráfico de probabilidade, cartas de controle e os índices de capacidade do processo (WERKEMA, 2006).

Os índices de capacidade são medidas adimensionais que, em forma de números, representam a capacidade de um processo em atender às especificações estabelecidas com base em exigências dos clientes. Em outras palavras, esses índices avaliam a capacidade

de se produzir (ou não) itens de qualidade segundo as especificações (BANDEIRA, 2015; RIBEIRO JÚNIOR, 2013; WERKEMA, 2006).

Os índices estabelecidos nos estudos tradicionais de capacidade de processo procuram detectar dois tipos de problemas: localização do processo, se o processo atende em média ao valor nominal de especificação; e variabilidade, quando o processo apresenta muita dispersão e não atende às especificações que são estabelecidas no projeto (GONÇALEZ; WERNER, 2009).

De acordo com o resultado e a interpretação dos índices de capacidade, tem-se um guia estratégico para a melhoria da qualidade do processo, possibilitando diminuir custos de produção bem como obter clientes mais satisfeitos.

7.1 Índice de capacidade potencial (C_p)

Uma das formas de se avaliar a capacidade de um processo é por meio do seu índice de capacidade potencial. Esse índice, definido inicialmente por Juran em 1974 (JURAN; GRZYNA, 1988), considera que o processo está centrado no valor nominal da especificação, desconsidera a centralização (média) do processo tratando apenas de sua variação (GONÇALEZ; WERNER, 2009). Não é sensível ao deslocamento (causas especiais) dos dados que afetam a média do processo (BANDEIRA, 2015; RIBEIRO JÚNIOR, 2013; WERKEMA, 2006). O C_p é definido como sendo a razão entre a tolerância de engenharia e a dispersão do processo (RAMOS; HO, 2003). Esse índice relaciona o que deve ser produzido com a variabilidade natural do processo, sendo calculado da seguinte forma:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1.18)$$

em que, LSE é o limite superior de especificação; LIE é o limite inferior de especificação e σ é o desvio padrão do processo.

Se o desvio padrão for desconhecido, se recomenda utilizar uma estimativa de σ , resultando em uma estimativa de índice C_p:

$$\hat{C}_p = \frac{LSE-LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (1.19)$$

7.2 Índice de capacidade efetiva (Cpk)

É um ajuste do índice de capacidade potencial C_p que inicialmente foi proposto por Kane (1986) e que não considera a centralização do processo, sendo sensível ao deslocamento dos dados em relação à média, ou seja, leva em consideração a distância da média do processo em relação aos limites de especificação (BANDEIRA, 2015; RIBEIRO JÚNIOR, 2013). Então, se usa quando o processo não está centrado no valor nominal da especificação. O índice C_{pk} é definido pela seguinte equação:

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\mu-LIE}{3\sigma}, \frac{LSE-\mu}{3\sigma}\right) \quad (1.20)$$

em que, LSE é o limite superior de especificação; LIE é o limite inferior de especificação; μ é a média do processo e 3σ é metade da variabilidade do processo.

Se o desvio-padrão e a média do processo forem desconhecidos, a estimativa para o índice C_{pk} é calculada da seguinte forma:

$$\hat{C}_{pk} = \min\left(\frac{\bar{\mu}-LIE}{3\hat{\sigma}}, \frac{LSE-\bar{\mu}}{3\hat{\sigma}}\right) \quad (1.21)$$

Em casos de processos em que a média é centralizada na especificação e a característica de interesse obedece a uma distribuição normal, é válida a igualdade entre C_p e C_{pk} estimados (RAMOS; HO, 2003).

Se $C_p = C_{pk}$, o processo está centrado no ponto médio das especificações e, quando $C_{pk} < C_p$, o processo está descentrado, ou seja, que a média não coincide com o valor nominal das especificações. Portanto, o índice C_p mede a capacidade potencial do processo enquanto o índice C_{pk} mede a capacidade efetiva (MONTGOMERY, 2009).

Os índices de capacidade do processo frequentemente utilizados para processos univariados são o C_p (índice de capacidade potencial) e o C_{pk} (índice de capacidade efetiva) segundo as indicações na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Classificação do processo com respeito a sua capacidade

Valor de Cp/Cpk	Itens não conformes (ppm)	Descrição
$\geq 1,33$	≤ 64 ppm	Está dentro dos limites especificados, produzindo praticamente todos os produtos com qualidade
$1 \leq Cpk \leq 1,33$	De 64 ppm a 1350 ppm	Está sujeito a frequentes ocorrências de causas especiais, necessitando ser rigidamente controlado
≤ 1	> 1350 ppm	Está produzindo uma porcentagem considerável de itens fora das especificações, o processo está fora de controle

Fonte: Adaptado de Werkema (2006) e Ribeiro Júnior (2013)

7.3 Índice de capacidade inferior (Cpi) e superior (Cps)

Estes índices de capacidade de processo são utilizados quando o processo somente apresenta um dos limites de especificação ou como chama Kane (1986) de limite de especificação unilateral, sendo utilizado o Cps para o caso do processo apresentar limite superior e o Cpi para o caso do processo apresentar limite inferior (BANDEIRA, 2015; RIBEIRO JÚNIOR, 2013; WERKEMA, 2006).

Ambos índices são definidos a seguir:

$$C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (1.22)$$

$$C_{ps} = \frac{\mu - LSE}{3\sigma} \quad (1.23)$$

em que, em ambos casos LSE é o limite superior de especificação; LIE é o limite inferior de especificação; μ é a média do processo e 3σ é metade da variabilidade do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSIO, Dileta Regina Moro. **Estudo meta-analítico e análise de banco de dados de teor de lactose no leite bovino**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC., 2013.
- BANDEIRA, Mayra Marques. **Estimação da capacidade de processos via testes de permutação e bootstrap em aplicações industriais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 2015.
- BARBOSA, Julicelly Gomes et al. Características físico-químicas e sensoriais do leite de vacas Sindi suplementadas em pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, BA., v. 11, n. 2, p. 362–370, 2010. Disponível em: <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1512/973>>. Acesso em: 28 out. 2018.
- BARBOSA, Michele. **Uma abordagem para análise de dados com medidas repetidas utilizando modelos lineares mistos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP., 2009.
- BRASIL. Portaria N° 166, de 5 de Maio de 1998. Criar grupo de trabalho para analisar e propor programa e medidas visando ao aumento da competitividade e à modernização do setor produtivo de leite e derivados no Brasil...**Diário Oficial**, Brasília, DF, 6 mai., 1998. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/1210932/pg-58-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-06-05-1998/pdfView>>
- BRASIL. Instrução Normativa N° 51, de 18 de Setembro de 2002. Aprova regulamentos técnico de produção, identidade e qualidade do leite...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 20 set., 2002. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932>>. Acesso em: 31 maio. 2018.
- BRASIL. Instrução Normativa N° 62, de 29 de Dezembro de 2011. Alterar a Instrução Normativa MAPA n° 51, de 18 de setembro de 2002...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 30 dez., 2011. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=6&data=30/12/2011>>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- BRASIL. Instrução Normativa N° 7, de 03 de maio de 2016. A tabela 2 do item 3.1.3.1 do Anexo II da Instrução Normativa n° 62, de 29 de dezembro de 2011...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 04 mai., 2016. p. 11–12. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=11&data=04/05/2016>>
- BRASIL. Portaria n° 39, de 19 de abril de 2018. Submeter à Consulta Pública a proposta de Instrução Normativa que estabelece os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 abr., 2018. p. 18–20. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=26/04/2018&jornal=515&pagina=18&totalArquivos=128>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

CAMPOS, Kilmer Coelho. **Produção localizada e inovação: o arranjo produtivo local de fruticultura irrigada na microrregião do Baixo Jaguaribe no estado do Ceará**. 2008. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 2008.

CARVALHO, G. et al. Fatores de ajustamento da produção de leite, de gordura e de proteína para idade em bovinos mestiços europeu-zebu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 53, n. 6, p. 714–719, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v53n6/a18v53n6.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2010.

CARVALHO, Paulo César de Faccio et al. Potencial do capim-quicuí em manter a produção e a qualidade do leite de vacas recebendo níveis decrescentes de suplementação. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Viçosa, MG., v. 39, n. 9, p. 1866–1874, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n9/a02v39n9.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

CASSOLI, Laerte D.; MACHADO, Paulo F.; CARDOSO, Felipe. Diagnostico da qualidade do leite na Região Sudeste entre 2005 e 2008. **Clínica do Leite**, Piracicaba, SP., p. 7, 2008. Disponível em: <<http://www.terraviva.com.br/cliq/laertediagnostico.pdf>>. Acesso em: 2 maio. 2018.

CONSELHO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE. **Laboratórios / Rede Brasileira de Qualidade do Leite - RBQL**. 2017. Disponível em: <<https://cbql.com.br/laboratorios-rbql/>>. Acesso em: 7 jun. 2018.

COSTA, Tadeu Rodrigues Da. **Modelos Lineares Mistos: uma aplicação na produção de leite de vacas da raça Sindi**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) - Faculdade de Biometria e Estatística Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE., 2010.

CUNHA, Nina Rosa da Silveira. **A intensidade da exploração agropecuária na região dos Cerrados e potencial de degradação ambiental**. 2005. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 2005.

DAMBRÓS, Dayane. **Prevalência de *Corynebacterium sp.* no leite de vacas, sua correlação com o manejo de ordenha e contagem de células somáticas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC., 2012.

DAVIS, Charles Shaw. **Statistical methods for the analysis of repeated measurements**. 1st. ed. New York, NY.: Springer, 2002.

DE SOUZA, Paulo Marcelo; DE LIMA, João Eustáquio. Intensidade e Dinâmica da Modernização Agrícola no Brasil e nas Unidades da Federação. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, RJ., v. 57, n. 4, p. 795–824, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbe/v57n4/a07v57n4.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2018.

DEFANTE, Leslié. **Caracterização dos sistemas de produção leiteiros na Região Oeste do Paraná por meio de análise multivariada**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR., 2011.

DURÃES, M. C. et al. Fatores de ajustamento da produção de leite e de gordura na raça Holandesa para idade e núcleo de controle leiteiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina**

Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, MG., v. 52, n. 2, p. 1–6, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352000000200017>

DURÃES, Marcus Cordeiro et al. Tendência Genética para a Produção de Leite e de Gordura em Rebanhos da Raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG., v. 30, n. 1, p. 66–70, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v30n1/5436.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2018.

ECKSTEIN, Ilton Isandro et al. Typification of factors related to milk production and its impact on the sanitary quality of milk. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, PR., v. 15, n. 1, p. 56–63, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f28b/f713e7b766890f9cad3e3560fd672b2dc57.pdf?_ga=2.106374081.396007105.1542579423-26970638.1527017123>. Acesso em: 20 ago. 2018.

EMBRAPA. **Rede de Laboratórios**. 2017. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_14_217200392357.html>. Acesso em: 22 nov. 2017.

FAO. Milk and dairy products in human nutrition. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, Italy., p. 404, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

FILHO, Jomar Antonio Camarinha. **Modelos lineares mistos: estruturas de matrizes de variâncias e covariâncias e seleção de modelos**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP., 2002.

FOX, Patrik F.; MCSWEENEY, Paul. **Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents**. 3rd. ed. New York, NY.: Springer, 2009.

FREITAS, Fernanda Antunha De. **Proteinograma de leite de vacas com mastite subclínica em função do escore de células somáticas e de microrganismos isolados e identificados por microbiologia convencional**. 2017. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, RG., 2017.

FREITAS JÚNIOR, José Esler De et al. Parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras suplementadas com diferentes fontes de gordura. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS., v. 40, n. 4, p. 950–956, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n4/a520cr1567.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2018.

FUKUMOTO, Nelson Massaru et al. Produção e composição do leite, consumo de matéria seca e taxa de lotação em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG., v. 39, n. 7, p. 1548–1557, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n7/a22v39n7.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

GIROLANDO. **Melhorias no controle da qualidade do leite**. 2010. Disponível em: <<http://www.girolando.com.br/index.php?paginasSite/tecnico,49>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

GONÇALEZ, Patricia Ueda; WERNER, Liane. Comparação dos índices de capacidade

do processo para distribuições não-normais. **Gestão & Produção**, São Carlos, SP., v. 16, n. 1, p. 121–132, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v16n1/v16n1a12>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

HAIR JR., Joseph F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6th. ed. Porto Alegre, RS.: Bookman, 2009.

JUNIOR, José Francisco Lopes et al. Análise das práticas de produtores em sistemas de produtos leiteiros e seus resultados na produção e qualidade do leite. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR., v. 33, n. 3, p. 1199–1208, 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/8848/10856>>. Acesso em: 4 out. 2018.

JURAN, Joseph M.; GRZYNA, Frank M. **Juran's quality control handbook**. 4th. ed. New York, NY.: McGraw-Hill, 1988.

KANE, Victor E. Process Capability Indices. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, WI., v. 18, n. 1, p. 41–52, 1986. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00224065.1986.11978984>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

LEITE, Kessyana Pereira. **Estimativa de parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos em Heliconia spp. via modelos mistos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE., 2012.

LOPES, André Dias. **Caracterização de unidades produtoras de leite na área de abrangência do escritório de desenvolvimento rural de Jaboticabal - SP**. 2007. Dissertação (Mestrado em em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP., 2007.

MARTINS, Gilberto de Andrade; DOMINGUES, Osmar. **Estatística Geral e Aplicada**. 5ta. ed. São Paulo, SP.: Atlas, 2014.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada - Uma abordagem aplicada**. 1st. ed. Belo Horizonte, MG.: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

MONTGOMERY, Dc. **Introduction to statistical quality control**. 6th. ed. Arizona: John Wiley & Sons, Inc, 2009.

MORETTIN, Luiz Gonzaga. **Estatística Básica - Probabilidade e Inferência**. 1a. ed. São Paulo, SP.: Pearson Prentice Hall, 2010.

NERO, Luís Augusto et al. Leite cru de quatro regiões leiteiras brasileiras: perspectivas de atendimento dos requisitos microbiológicos estabelecidos pela Instrução Normativa 51. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP., v. 25, n. 1, p. 191–195, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n1/a30v25n1.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

NETO, A. C. Ribeir. et al. Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 64, n. 5, p. 1343–1351, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v64n5/v64n5a35.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2018.

OLIVEIRA, Andréa Melo Garcia De. **Análise estatística multivariada de parâmetros de qualidade de leite cru refrigerado em tanques no Estado de Minas Gerais**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG., 2008.

PEREIRA, Pollyanna Cardoso. **A inserção brasileira no mercado internacional de produtos lácteos: evolução e perspectivas**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 2008.

RAMOS, Alberto W.; HO, Linda Lee. Procedimentos inferenciais em índices de capacidade para dados autocorrelacionados via bootstrap. **Revista Produção**, São Paulo, SP., v. 13, n. 3, p. 50–62, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132003000300005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2018.

RESENDE, Marcos Deon Vilela De. Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes. **EMBRAPA, Florestas**, Colombo, PR., v. 47, p. 101, 2000. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297572/1/doc47.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

RIBEIRO JÚNIOR, José Ivo. **Métodos Estatísticos Aplicados ao Controle da Qualidade**. 1a. ed. Viçosa, MG.: Universidade Federal de Viçosa, 2013.

ROBINSON, Richard Kenneth. **Dairy microbiology handbook**. 3rd. ed. New York, NY.: Wiley-Interscience, 2005.

SANTOS, Marcos Veiga Dos. O uso da CCS em diferentes países. In: **Perspectivas e avanços da qualidade do leite no Brasil**. Goiânia, RG.: Talento, 2006. v. 1, p. 181–197.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz et al. Circular técnica 104: O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial. **EMBRAPA, Gado de Leite**, Juiz de Fora, MG., p. 12, 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/gado-de-leite/busca-de-publicacoes/-/publicacao/886169/o-mercado-lacteo-brasileiro-no-contexto-mundial>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SOUZA, Guilherme Nunes De. Qualidade do leite de rebanhos bovinos localizados na Região Sudeste: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Janeiro/2007 a Junho/2008. **EMBRAPA, Gado de Leite**, Juiz de Fora, MG., p. 8, 2008. Disponível em: <<http://www.terraviva.com.br/clique/IIIcbql.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2018.

SOUZA, Rodrigo De et al. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa em função da estação do ano e ordem de parto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, BA., v. 11, n. 2, p. 484–495, 2010. a. Disponível em: <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1494/984>>. Acesso em: 13 out. 2018.

SOUZA, V. L. et al. Substituição parcial de farelo de soja por ureia protegida na produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 62, n. 6, p. 1415–1422, 2010. b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v62n6/v62n6a18.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2018.

TICIANI, Elvis et al. Persistência da lactação e composição do leite em ovelhas leiteiras das raças Lacaune e East Friesian. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS., v. 43, n. 9, p.

1650–1653, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n9/a25013cr2012-0830.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2018.

VARGAS, Diego Prado De. **Efeito da contagem de células somáticas e contagem bacteriana total sobre os constituintes do leite**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS., 2012.

VILELA, Duarte; LEITE, José Luiz Bellini; RESENDE, João Cesar De. Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro. **In: Anais do Sul - Leite, Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil**, Maringá, PR., p. 1–26, 2002. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/267935852_POLITICAS_PARA_O_LEITE_NO_BRASIL_PASSADO_PRESENTE_E_FUTURO>. Acesso em: 19 set. 2018.

WALSTRA, Pieter.; WOUTERS, Jan T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2nd. ed. New York, NY.: CRC/Taylor & Francis, 2006.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1a. ed. Belo Horizonte, MG.: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 2006.

WERNCKE, D. et al. Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 68, n. 2, p. 506–516, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v68n2/0102-0935-abmvz-68-02-00506.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2018.

WILSON, D. J. et al. Effect of Clinical Mastitis on the Lactation Curve: A Mixed Model Estimation Using Daily Milk Weights. **Journal of Dairy Science**, Ithaca, NY., v. 87, n. 7, p. 2073–2084, 2004. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030204700259>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

CAPÍTULO 2. EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS INDICADORES DE QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO

1 INTRODUÇÃO

O leite, após a ordenha, na sua forma natural é um alimento altamente perecível sujeito à contaminação microbiana e às alterações químicas. Apesar dos avanços tecnológicos na produção, ordenha, transporte e armazenamento, a contaminação bacteriana no leite e as doenças do úbere, devido a presença de microrganismos associados à mastite, se mantêm difundidos.

A refrigeração do leite cru após a ordenha geralmente ajuda a mascarar os efeitos das práticas inadequadas de higiene e devido a sua qualidade microbiológica inadequada apresenta problemas tecnológicos como: aromas anormais, sabores indesejados, baixo rendimento, além de representar um risco à saúde do consumidor. Essas alterações devem-se às mudanças nos compostos principais do leite como, por exemplo, diminuição da concentração da gordura devido a sua oxidação e hidrólise como resultado de transformações químicas e enzimáticas, diminuição no percentual de caseína devido a sua proteólise, e diminuição do teor da lactose (ROBINSON, 2005; SANTOS, 2003; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

No Brasil, a qualidade do leite ganhou destaque pela Portaria nº166 de 1998, em que se criou um grupo de trabalho para elaborar uma proposta de um programa nacional de melhoria da qualidade do leite. O trabalho resultou na publicação da Instrução Normativa nº 51/2002 e na Instrução Normativa nº 37/2002, que criou a Rede Brasileira de Controle de Qualidade do Leite. Entretanto, pesquisas demonstraram que o leite cru refrigerado não apresentou melhoria nos seus indicadores de qualidade (CASSOLI; MACHADO; CARDOSO, 2008; NETO et al., 2012). Por tais motivos, a Instrução Normativa nº 51/2002 foi alterada e substituída pela Instrução Normativa nº 62/2011, prorrogando no início, por mais quatro anos a entrada em vigor dos novos parâmetros de qualidade para produção de leite, evitando que muitos produtores brasileiros fossem excluídos do mercado.

Assim, o objetivo foi desenvolver uma análise da evolução temporal dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado frente à vigência das Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011 do MAPA, cujos objetivos específicos foram:

- ✓ Comparar os valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, proveniente da Zona da Mata Norte de Minas Gerais, entre os períodos de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017;
- ✓ Avaliar a evolução mensal e anual dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, proveniente da Zona da Mata Norte de Minas Gerais, no período de 2006 a 2017.
- ✓ Avaliar a consistência dos produtores da Zona da Mata Norte de Minas Gerais em entregar o leite cru refrigerado dentro das exigências das Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011 do MAPA.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Banco de dados

Foi realizado um estudo longitudinal retrospectivo do banco de dados referente ao controle de qualidade do leite cru refrigerado (LCR) no período de vigência das Instruções Normativas n° 51 (2006 a 2011) e n° 62 (2012 a 2017), com base em vários produtores (fornecedores) de um laticínio localizado na Mesorregião da Zona da Mata Norte de Minas Gerais.

Da base de dados foram selecionados como variáveis-resposta os seguintes indicadores de qualidade do LCR:

- Temperatura: temperatura em que o leite cru resfriado, granelizado na propriedade rural, é acondicionado para a amostragem, expressa em graus Celsius (°C);
- Proteína: quantidade de proteína no leite cru refrigerado, expressa em porcentagem (%);
- Gordura: quantidade de lipídios no leite cru refrigerado, expressa em porcentagem (%);
- Lactose: quantidade de lactose no leite cru refrigerado, expressa em porcentagem (%);
- ESD – Extrato seco desengordurado: quantidade de todos os elementos do leite cru refrigerado, exceto água e gordura, expresso em porcentagem (%);
- EST – Extrato seco total: quantidade de gordura e matéria seca desengordurada no leite cru refrigerado, expresso em porcentagem (%);
- CCS – Contagem de células somáticas: quantidade de células somáticas presentes no leite cru refrigerado, transformada em logaritmo decimal para sua normalização, expressa em \log_{10} CS/mL (CS – células somáticas)
- CBT – Contagem bacteriana total: quantidade de unidades formadoras de colônias de bactérias presentes no leite cru refrigerado, transformada em logaritmo decimal para sua normalização, expressa em \log_{10} UFC/mL (UFC – unidade formadora de colônias).

As análises foram realizadas por um laboratório da RBQL e os resultados foram fornecidos na base de dados utilizada. Para medir a composição centesimal de proteína, gordura, lactose, EST e ESD, utilizou-se o método de espectrometria de absorção no infravermelho e o equipamento Bentley FTS (Id.: 85014). Para medir a CCS utilizou-se o método de citometria de fluxo e o equipamento SomaCount FCM (Id.: 82014). Para medir a CBT utilizou-se o método de citometria de fluxo e o equipamento BactoCount IBC (Id.: 1109).

As datas de análise das amostras foram diferentes para as análises físico-químicas (temperatura, proteína, gordura, lactose, EST, ESD) e para a qualidade higiênico-sanitária (CCS e CBT), contando-se então com duas bases de dados. Por esse motivo, na base de dados das análises físico-químicas, o número de produtores avaliados foi de 78 de 2006 a 2011 e de 418 de 2012 a 2017, enquanto na base de dados para as análises microbianas o número de produtores avaliados foi de 78 de 2006 a 2011 e de 416 de 2012 a 2017.

Foram utilizados, como limites de especificação, os parâmetros estabelecidos nas duas Instruções Normativas para cada indicador (variável-resposta) de qualidade do LCR (Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3).

Tabela 2.1. Requisitos físico-químicos para o leite cru refrigerado pelas Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011

Requisitos físico-químicos	Parâmetros
Temperatura no tanque de expansão, °C	máximo 4
Matéria gorda, g/100 g	teor original, com o mínimo de 3,0
Extrato seco desengordurado, g/100 g	mínimo 8,4
Proteínas, g/100 g	mínimo 2,9

Fonte: Brasil (2002, 2011)

Tabela 2.2. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa nº 51/2002 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste

Requisito	Até 01/07/2005	De 01/07/2005 a 01/07/2008	De 01/07/2008 a 01/07/2011	A partir de 01/07/2011
CBT (log ₁₀ UFC/mL)	máximo 6,00	máximo 6,00	máximo 5,88	máximo 5,0 (individual) e 5,48 (tanque coletivo)
CCS (log ₁₀ CS/mL)	máximo 6,00	máximo 6,00	máximo 5,88	máximo 5,60

Fonte: Brasil (2002)

Tabela 2.3. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa n° 62/2011 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste

Requisito	De 01/07/2008 a 31/12/2011	De 01/01/2012 a 30/06/2014	De 01/07/2014 a 30/06/2016	A partir de 01/07/2016
CBT (log ₁₀ UFC/mL)	máximo 5,88	máximo 5,78	máximo 5,48	máximo 5,00
CCS (log ₁₀ CS/mL)	máximo 5,88	máximo 5,78	máximo 5,70	máximo 5,60

Fonte: Brasil (2011)

2.2 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Minitab 18 e R (versão 3.4.3) e, nos testes de hipóteses, foi utilizado um nível de significância de 5%.

2.2.1 Análise Descritiva dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado

Para uma análise geral das variáveis-resposta, foi realizada uma análise descritiva dos valores das oito variáveis-resposta (indicadores de qualidade do LCR) a partir das estimativas da média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação, e valores mínimo e máximo, no período de 2006 a 2011 (Instrução Normativa n° 51) e no período de 2012 a 2017 (Instrução Normativa n° 62). A análise descritiva é o primeiro estudo que se faz com os dados coletados, servindo para organizar, resumir e descrever os aspectos importantes desse conjunto de dados, ou seja suas características (TRIOLA, 2012).

2.2.2 Comparação dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado

Foram comparados os indicadores de qualidade do LCR no período de 2006 a 2011 (Instrução Normativa n° 51) e no período de 2012 a 2017 (Instrução Normativa n° 62) mediante as comparações das médias e das variâncias, por meio dos testes t de Student para duas médias independentes e F para duas variâncias, respectivamente. Segundo a

literatura, o teste t de Student para duas médias independentes serve quando os valores das amostras de uma população não estão relacionados ou de alguma forma pareados naturalmente ou combinados com os valores de amostra da outra população. O teste F para duas variâncias serve para testar afirmações sobre duas variações populacionais e requer que ambas tenham distribuição normal (TRIOLA, 2012).

2.2.3 Avaliação do comportamento temporal dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado

O gráfico de dispersão representa os valores de duas variáveis quantitativas num plano cartesiano XY e serve para visualizar a relação entre essas duas variáveis, sendo utilizado também para comparar o efeito de dois tratamentos ou o efeito do antes e depois de um tratamento (TRIOLA, 2012). Sendo assim, o gráfico de dispersão foi utilizado para avaliar de forma visual o comportamento temporal das oito variáveis-resposta, estudadas ao longo dos anos dos anos de vigência das Instruções Normativas n° 51 e n° 62, de 2006 a 2017.

Para verificar o efeito do tempo, em anos, sobre cada um dos oito indicadores de qualidade, em diferentes produtores, utilizaram-se medidas repetidas nos anos. Entre 2006 e 2011 (Instrução Normativa n° 51) e entre 2012 e 2017 (Instrução Normativa n° 62). Foi utilizado o seguinte modelo misto, em que o tempo foi considerado como fator de efeito fixo e o produtor, como de efeito aleatório, de acordo com o método de máxima verossimilhança restrita – REML (FILHO, 2002; RESENDE, 2000), como segue:

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + b_{j(i)} + \varepsilon_{ij} \quad (2.1)$$

em que:

y_{ij} = valor observado de cada variável no tempo i e no produtor j;

μ = constante inerente a todas as observações;

β_i = efeito fixo do tempo;

$b_{j(i)}$ = efeito aleatório do produtor dentro do tempo e $b_{j(i)} \sim N(0; \sigma_b^2)$; e

ε_{ij} = erro experimental e $\varepsilon_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$.

Para testar a hipótese nula ($H_0: \beta_i=0$), foi aplicado o teste F.

2.2.4 Estratificação temporal dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado

Os indicadores de qualidade do LCR foram estratificados (TRIOLA, 2012) em função das médias anuais e mensais para avaliar o desempenho temporal, em função do período de vigência das Instruções Normativas n° 51 e n° 62.

2.2.5 Estudo da capacidade do processo de produção de leite cru refrigerado

Dada a exigência de normalidade da distribuição dos dados, para as estimativas da capacidade do processo, foi realizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (MARTINS; DOMINGUES, 2014). Foram estimadas as percentagens de não atendimento dos indicadores de qualidade do LCR utilizando o limite inferior de especificação (LIE) e o limite superior de especificação (LSE) estabelecidos pelas Instruções Normativas n° 51 e n° 62 e pela literatura, a média (\bar{y}) e o desvio padrão (s) das oito variáveis-resposta (BANDEIRA, 2015; RIBEIRO JÚNIOR, 2013; WERKEMA, 2006).

O histograma é a representação gráfica da distribuição de classes dos valores dos dados quantitativos em relação a suas frequências, ou seja distribuição de frequências, sendo representados por barras verticais unidas caracterizando o valor contínuo das variáveis (RIBEIRO JÚNIOR, 2013; TRIOLA, 2012; WERKEMA, 2006). Portanto, histogramas estratificados por cada indicador de qualidade foram montados para melhorar a interpretação dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Evolução temporal da qualidade do leite cru refrigerado

As temperaturas médias do leite cru refrigerado (LCR) entre os dois períodos de vigências das Instruções Normativas n° 51 (IN51) e n° 62 (IN62) foram estatisticamente iguais (Tabela 2.4). Nas duas Instruções Normativas, a temperatura do leite cru deve atingir um máximo de 4 °C no tanque de refrigeração (BRASIL, 2002, 2011), para retardar a multiplicação bacteriana e ação enzimática por até 24 horas (ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Portanto, as temperaturas médias do LCR entre os anos de 2006 a 2011 (4,61 °C) e de 2012 a 2017 (4,62 °C) estão um pouco acima do limite estabelecido nas Instruções Normativas.

Tabela 2.4. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para a temperatura (°C), no período de 2006 a 2017

Período	N° amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	β
2006-2011	1902	4,61 a	3,71	1,30	12,00	2,19 A	47,45	-
2012-2017	11500	4,62 a	4,05	0,20	10,00	1,76 B	38,03	0,37*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e semelhança-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** (P>0,05). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student (P<0,05)

Um estudo realizado na região de Minas Gerais apontou que 39,4% do leite proveniente de tanques individuais atingiram temperaturas de refrigeração menor que 4 °C, 58,3% do leite proveniente de tanques coletivos atingiram entre 4 e 7 °C e, 16,7% provenientes de tanques coletivos atingiram mais de 10 °C (PINTO, 2006). O leite utilizado nesta pesquisa provém, em sua maioria, de tanques coletivos, facilitando a proliferação de microbiota psicrotófica. Por exemplo, em pesquisa realizada na zona da Mata de Minas Gerais, indicou que 58 espécies de gram-positivos isolados de amostras de LCR, tiveram atividade proteolítica a 4 °C e 5 delas apresentaram atividade lipolítica, 50% delas tiveram atividade proteolítica a 7 °C e a maioria expressou-se a 10 e 21 °C. Também se encontrou em leites que provinham de tanques coletivos, maiores contagens de bactérias psicrotólicas e de contagem bacteriana total (ARCURI et al., 2008), assim mesmo, foram encontrados os mesmos resultados em pesquisa da Embrapa desenvolvida

entre 2002 e 2007 (BRITO et al., 2009). Corrobora-se assim, a importância de manter as condições higiênicas na produção do leite, tanto como o tempo e temperatura de armazenamento do leite cru após ordenha (menor de 4 °C) segundo indicam a IN51, a IN62 e a literatura.

Por outro lado, observou-se maior variabilidade ($P<0,05$) da temperatura do LCR entre os anos de 2006 a 2011 ($DP=2,19$) do que entre 2012 a 2017 ($DP=1,79$). Isso significa que durante 2006 a 2011 houve maior variação dos valores da temperatura do LCR proveniente dos 78 produtores, do que nos leites produzidos pelos 418 produtores no período de 2012 a 2017 (Tabela 2.4).

A variação da temperatura do LCR durante o período de 2006 a 2017 é apresentada na Figura 2.1, onde se observa que houve maior dispersão dos valores entre os anos de 2006 a 2011 (IN51) do que no período de 2012 a 2017 (IN62). A análise de regressão, pelo modelo misto, detectou ligeiro aumento ($P<0,05$) da temperatura do LCR de 0,37 °C no período de 2012 a 2017 (Tabela 2.4). Esse coeficiente de regressão do modelo misto ($\beta=0,37$) significativo ($P<0,05$) deve ser considerado como uma advertência dado que a média da temperatura (entre 2012 e 2017) superou o valor mínimo exigido pela IN62, sendo necessário trabalhar para que essa temperatura não supere os 4 °C.

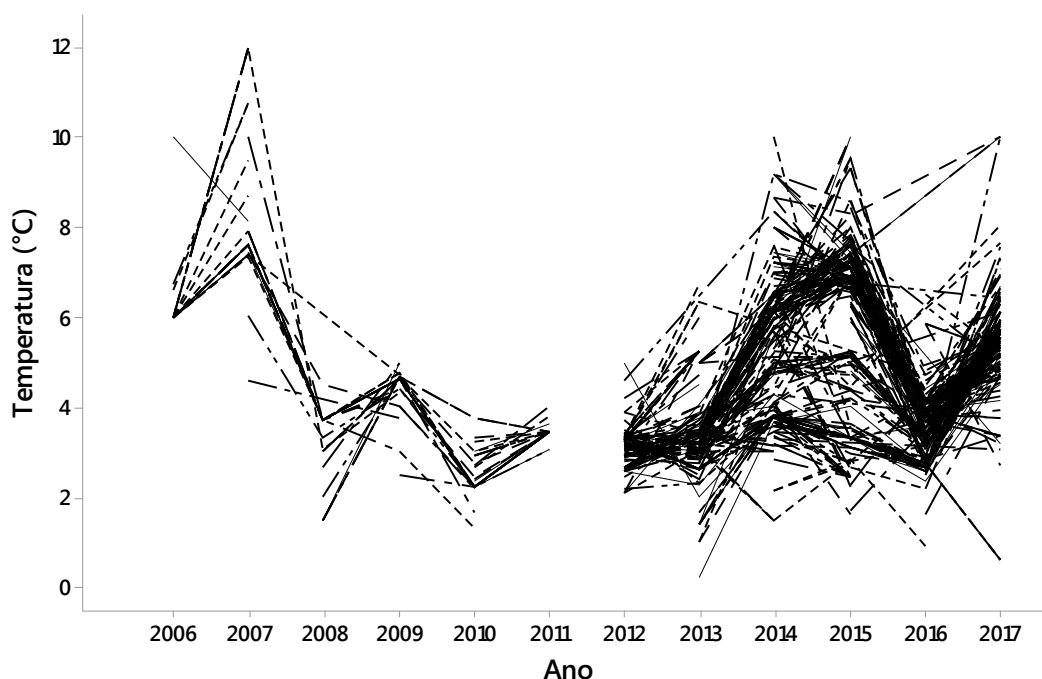


Figura 2.1. Diagramas de dispersão dos valores da temperatura do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

A presença de microbiota diversa constituída por diferentes espécies de bactérias, dentre delas a microflora psicrotrófica, é sinal de contaminação inicial microbiana durante a ordenha, coleta e manipulação do leite cru que prospera em condições de temperaturas de refrigeração de entre 3 a 7 °C (ROBINSON, 2005). As mais comuns no leite cru são as bactérias Gram-negativas com 80 a 90% da população microbiana, sendo que 50 a 70% delas são as *Pseudomonas spp.* (MACHADO et al., 2017; MCPHEE; GRIFFITHS, 2011; ROBINSON, 2005). Produzem extracelularmente lipases termorresistentes desenvolvendo sabores de pútrido e ranço, tanto como proteinases que hidrolisam proteínas como a caseína. Elas não alteram o pH do leite mas suas enzimas termorresistentes podem alterar as propriedades físico-químicas até do leite pós-pasteurizado e UHT armazenado, causando amargor e até transparência no leite ao hidrolisar proteínas (ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

A microflora psicrotrófica, é então, um assunto muito sério para a indústria de produtos lácteos, porque afeta a qualidade sensorial e reduz o tempo de vida dos produtos lácteos (MARTINS et al., 2015, 2018; PINTO et al., 2007). Por isso é extremamente importante, além de refrigerar o leite cru imediatamente após ordenha a 4 °C, manter as condições higiênicas de limpeza e desinfecção desde a obtenção do leite na ordenha, dos manipuladores e dos equipamentos e utensílios de ordenha e armazenamento, para evitar problemas técnicos e perdas econômicas no processamento do leite.

A comparação das médias dos teores de gordura do LCR pelo teste t, entre os períodos de vigência da IN51 e IN62, detectou diferença significativa ($P < 0,05$). Ocorreu uma tendência de maior valor médio no período de 2006 a 2011 (3,69%) do que no período de 2012 a 2017 (3,59%) (Tabela 2.5). A IN51 e a IN62 estabeleceram que o teor original de matéria gorda no LCR é de mínimo 3% (BRASIL, 2002, 2011). O conteúdo de gordura pode variar entre 3 e 6%, mas se encontra principalmente no intervalo de 3,5 a 4,0% (FOX; MCSWEENEY, 2006). A gordura no LCR durante os anos de 2006 a 2017 foi maior do que a média registrada pela literatura, portanto, na média o LCR apresentou teores adequados de gordura.

Tabela 2.5. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o teor de gordura (%), no período de 2006 a 2017

Período	N° amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	β
2006-2011	1927	3,69 a	3,69	3,15	5,31	0,28 B	7,59	0,005
2012-2017	11500	3,59 b	3,59	1,62	8,47	0,48 A	13,32	0,009

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** ($P>0,05$). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student ($P<0,05$)

A importância da gordura provém do aspecto nutricional, sensorial e de textura que ela proporciona ao leite e derivados como creme, manteiga, produtos em pó e queijos (FOX; MCSWEENEY, 2006). A gordura no leite provê, principalmente, energia – cerca de 37 kJ/g. É um carregador muito eficiente de energia comestível devido a seu alto conteúdo energético, é bem digerível independente do estado físico em que seja consumida e é um solvente para as vitaminas essenciais na nutrição humana (A, D e E) (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Se por um lado o teor médio de gordura considerou-se adequado, por outro, ocorreu maior variação dele no LCR entre 2012 e 2017, tempo de vigência da IN62 (Tabela 2.5). Esse resultado indica a necessidade de melhoria no controle na produção do LCR por parte dos produtores da região. Segundo a IN51 e a IN62, o funcionário que se encarrega da coleta do LCR deve ter um treinamento básico sobre higiene, análises preliminares do produto e coleta de amostras, por exemplo, deve agitar o LCR com um utensílio próprio para homogeneizar o leite antes de coletar a amostra laboratorial (BRASIL, 2002, 2011). Os valores máximos (de 2006 a 2017) e mínimos (de 2006 a 2011) de gordura muito fora do exigido pela IN51 e pela IN62 (Tabela 2.5), demonstram que os funcionários que coletam o LCR para o laticínio não estão capacitados, ou se estão, não cumpriram com seu trabalho de agitar o leite antes de coletar as amostras.

Na Figura 2.2 se apresenta o diagrama de dispersão do teor de gordura do LCR, entre os anos de 2006 a 2017. O coeficiente de regressão do modelo misto (β) não é significativo ($P>0,05$), quer dizer que a análise de regressão não detectou variação significativa no teor de gordura do LCR.

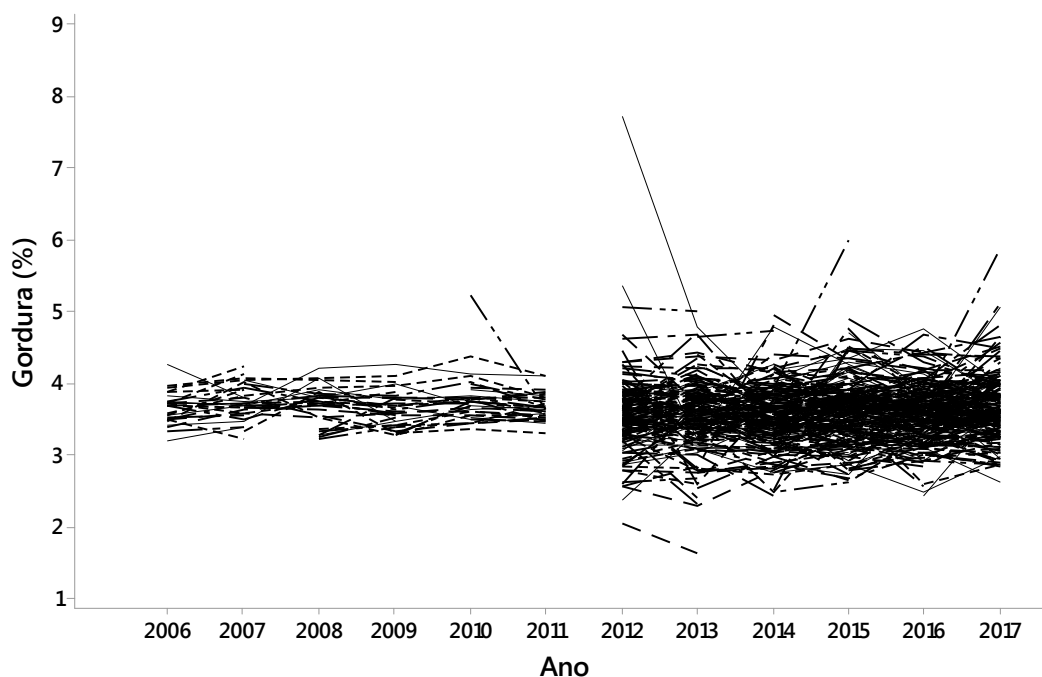


Figura 2.2. Diagramas de dispersão dos teores de gordura do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

A porcentagem de proteína mínima do LCR deve ser de 2,9% (BRASIL, 2002, 2011), por outro lado, Robinson (2005) e Walstra, Wouters, Geurts (2006) relatam que o leite contém em média 3,5% de proteína. As médias dos teores de proteína do LCR foram estatisticamente iguais ($P > 0,05$), entre os períodos de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017 (Tabela 2.6). Esses valores médios são maiores que o exigido pela norma brasileira IN62, podendo-se concluir que seus valores foram adequados.

Tabela 2.6. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o teor de proteína (%), no período de 2006 a 2017

Período	Nº amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	β
2006-2011	1927	3,21 a	3,21	2,88	3,55	0,10 B	3,12	0,005
2012-2017	11500	3,21 a	3,22	2,30	4,37	0,17 A	5,21	-0,006*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** ($P > 0,05$). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

A variação do teor de proteínas do LCR depende de vários fatores, tais como raça dos animais, alimentação, fatores nacionais e regionais, estado de lactação, condições

individuais por vaca e mudanças sazonais (FOX; MCSWEENEY, 2013). A proteína no leite é de suma importância na nutrição, sobretudo das crianças, fornecendo aminoácidos essenciais e não essenciais que servem como substrato no metabolismo pós-natal e são constituintes das proteínas de tecidos sintetizadas durante o crescimento (FOX; MCSWEENEY, 2013). Daí a importância de altos teores de proteína no LCR.

Ao se observar os dados de proteína do LCR nos últimos 6 anos avaliados nesta pesquisa, de 2012 a 2017, verifica-se maior variabilidade desses teores, tanto como valores mínimos um pouco abaixo dos limites exigidos pela IN62 (Tabela 2.6). É importante então que os produtores selecionem melhor o rebanho leiteiro e as condições de alimentação do rebanho para atingir maior uniformidade do teor de proteína do LCR.

Constatou-se uma tendência de maior variabilidade na porcentagem de proteína do LCR, entre 2012 e 2017 (Figura 2.3). O coeficiente de regressão β do modelo misto (-0,006) foi significativo ($P < 0,05$) para os dados do período de 2012 a 2017, indicando uma ligeira tendência de redução da porcentagem de proteína do LCR no tempo (Tabela 2.6).

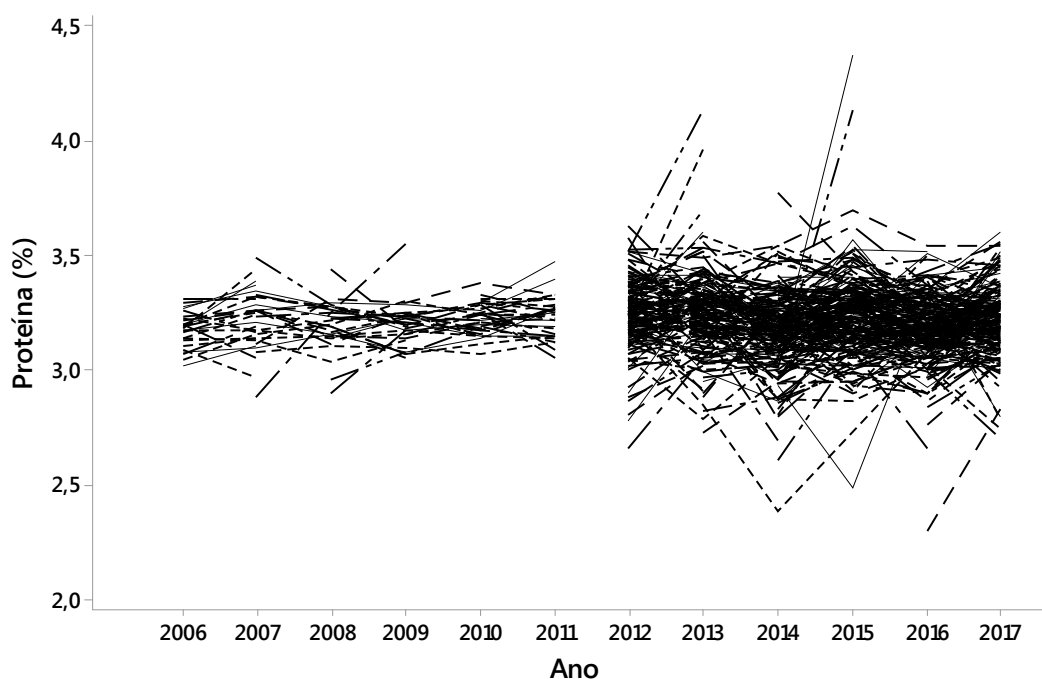


Figura 2.3. Diagramas de dispersão dos teores de proteína do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

A concentração de lactose em leite de vacas adultas é de, aproximadamente, entre 4,6 a 4,8% p/p, aumentando ligeiramente durante os primeiros estágios de lactação, mas diminui para cerca de 70% do máximo no final da lactação (FOX; MCSWEENEY, 2009; ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Os valores médios do teor de lactose no LCR apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre os períodos de vigência das IN51 e IN62, com valor de 4,40% entre 2006 e 2011 e de 4,46% entre 2012 e 2017 (Tabela 2.7). A diferença significativa ($P < 0,05$) entre as variâncias dos dois períodos sugere maior variabilidade do teor de lactose do LCR entre 2012 e 2017. Pelos dados disponíveis, as percentagens de lactose do LCR entre 2006 e 2011 foram menos adequadas do que entre 2012 a 2017, com valores mínimos e máximos inferiores que o exigido pela literatura (FOX; MCSWEENEY, 2009; ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Tabela 2.7. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o teor de lactose (%), no período de 2006 a 2017

Período	Nº amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	β
2006-2011	1927	4,40 b	4,41	4,09	4,60	0,10 B	2,23	0,01*
2012-2017	11500	4,46 a	4,47	3,45	5,20	0,15 A	3,37	-0,02*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** ($P > 0,05$). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

As primeiras secreções de leite da vaca, conhecidas como colostro, se caracterizam por altas concentrações de gordura e proteína, as quais tem um alto valor nutricional, mas por outro lado tem baixas concentrações de lactose (ROBINSON, 2005). O teor de lactose no leite tem uma relação inversa com a gordura e a proteína, especificamente com a caseína. Por exemplo, quando se sintetiza a lactose nas vesículas de Golgi precisa-se de água, diluindo-se então as concentrações de caseína no leite (FOX; MCSWEENEY, 2009). A porcentagem de lactose também está relacionada à quantidade de leite produzido, por influenciar a quantidade de água no leite (JUNIOR et al., 2015). Também, a diminuição do teor de lactose é um signo de CCS elevada (JUNIOR, 2002; LUDOVICO et al., 2015).

O LCR avaliado apresentou valores máximos de CCS muito fora do permitido pela IN51 e IN62 (Tabela 2.10), isso pode explicar os teores baixos de lactose no LCR nos

dois períodos de tempo avaliados de 2006 a 2017. Por tanto, devem-se tomar medidas de salubridade com o rebanho – para que não contraia mastite –, medidas de higiene durante todo o processo de obtenção do LCR e focar-se em aumentar a produtividade do rebanho leiteiro. Assim, se evitariam elevados níveis de CCS no leite para obter leites com maiores teores de lactose.

Na Figura 2.4 apresentam-se os diagramas de dispersão dos valores dos teores de lactose do LCR, do período de 2006 a 2017. Observa-se maior dispersão de dados no período de 2012 a 2017. A análise de regressão com modelo misto detecta ligeiro aumento de lactose de 0,01% (β) por ano entre 2006 e 2011 e ligeira redução de 0,02% (β) por ano entre 2012 e 2017 (Tabela 2.7).

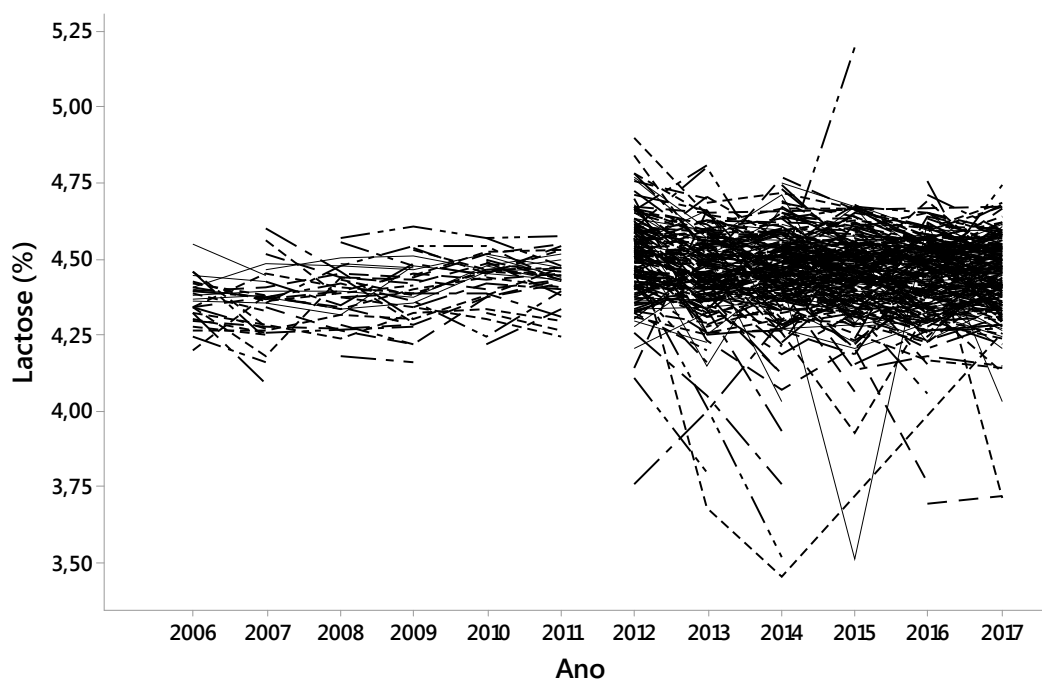


Figura 2.4. Diagramas de dispersão dos teores de lactose do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

O teor de extrato seco total (EST) do LCR é a soma do extrato seco desengordurado mais o teor de gordura (ROBINSON, 2005). Os valores médios das percentagens de EST obtidos nos períodos de 2006 a 2011 (12,25%) e de 2012 a 2017 (12,17%) apresentaram diferença significativa ($P>0,05$). Esses valores médios superam o valor mínimo de 11,4% estabelecido pela IN62. Assim, em média, o EST do LCR foi adequado no período de

2006 a 2017 (Tabela 2.8). No período de 2012 a 2017 ocorreram valores mínimos de EST bem abaixo do limite de 11,4% (BRASIL, 2002, 2011), pela maior dispersão dos dados entre os valores de EST do LCR nesse período (Tabela 2.8). Algumas pesquisas concluíam que o EST está influenciado pelo conteúdo de gordura no LCR (REIS et al., 2007; ZANELA et al., 2006), explicando assim, esses valores mínimos de EST, já que os valores mínimos de gordura obtidos também estiveram muito abaixo dos permitidos pela IN62 (Tabela 2.5).

Tabela 2.8. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o extrato seco total (%), no período de 2006 a 2017

Período	Nº amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	β
2006-2011	1927	12,25 a	12,25	11,20	14,04	0,36 B	2,97	-0,01
2012-2017	11500	12,17 b	12,17	9,46	16,42	0,58 A	4,79	-0,02*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** (P>0,05). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student (P<0,05)

Na Figura 2.5 apresentam-se os diagramas de dispersão dos valores de EST do LCR, no período de 2006 a 2017. Observa-se maior variabilidade dos valores de EST entre os anos de 2012 a 2017. A análise de regressão de modelo misto detectou pequena tendência de redução na porcentagem de EST do LCR, com valor de beta de -0,02 significativo (P<0,05) no período de 2012 a 2017. Mesmo apresentando valores médios de EST acima do limite mínimo da IN62, a análise dos dados indica que há necessidade de melhorar a alimentação e condições de vida do rebanho leiteiro para assim aumentar o conteúdo de gordura e, portanto, de EST no LCR.

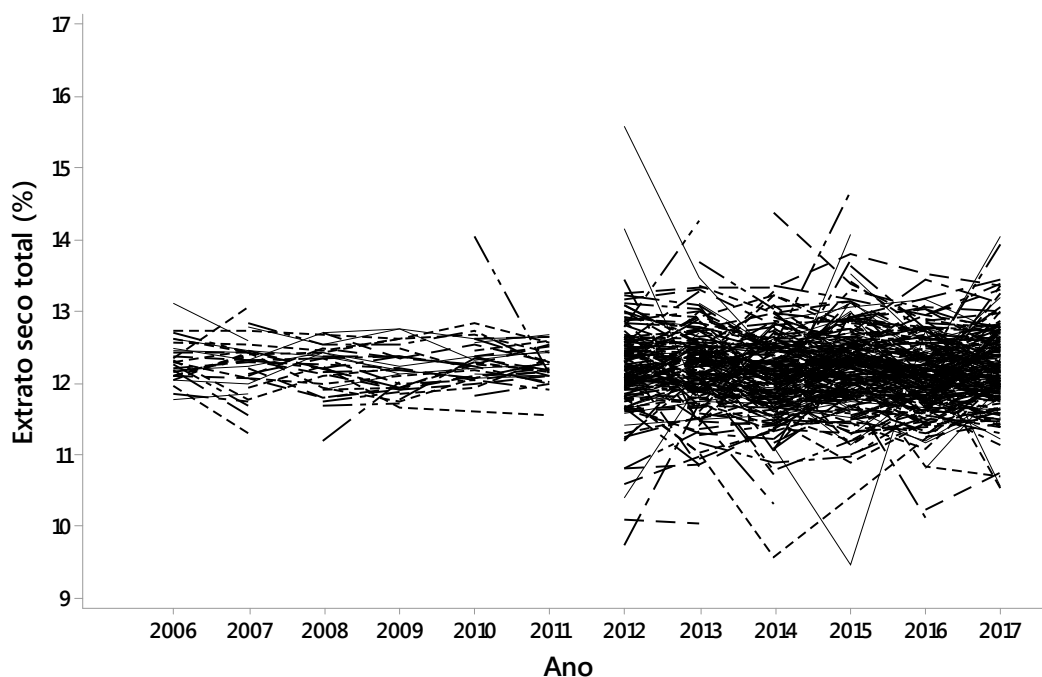


Figura 2.5. Diagramas de dispersão dos teores de extrato seco total do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

Em média, as percentagens de extrato seco desengordurado (ESD) do LCR no período de 2006 a 2017 foram maiores que o valor mínimo de 8,4% exigido pela IN51 e pela IN62 (BRASIL, 2002, 2011) (Tabela 2.9). Também não foi detectada diferença significativa ($P > 0,05$) entre as médias de ESD entre os períodos de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017. Portanto, pode-se concluir que os valores foram adequados e devem-se manter. Por outro lado, os valores mínimos de ESD observados entre 2006 e 2017 foram menores do que o mínimo de 8,4%, e os valores mais altos do desvio-padrão entre 2012 a 2017, indicam maior variabilidade (Tabela 2.9). O ESD é a soma dos sólidos do leite após a remoção da gordura e da água, e pode variar muito dependendo das diferenças no manejo nutricional do rebanho (BRUZAROSKI et al., 2017), daí sua alta correlação com os teores de proteína, lactose e minerais no LCR (REIS et al., 2007). Portanto, precisa-se de uma intervenção no sistema de criação e alimentação do gado para evitar valores mínimos de ESD muito baixos e altas variabilidades que fogem das exigências da IN51 e IN62.

Tabela 2.9. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para o extrato seco desengordurado (%), no período de 2006 a 2017

Período	N° amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	β
2006-2011	1927	8,56 a	8,57	7,93	9,00	0,17 B	2,00	-0,01*
2012-2017	11500	8,58 a	8,60	6,54	10,35	0,28 A	3,26	-0,03*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** ($P>0,05$). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student ($P<0,05$)

Na Figura 2.6 apresentam-se os diagramas de dispersão dos valores do ESD dos dados no período de 2006 a 2017. Verifica-se certa estabilidade dos valores no período de 2006 a 2011, enquanto maior variabilidade é observada no período de 2012 a 2017. A análise de regressão de modelo misto detecta pequena tendência significativa ($P<0,05$) de redução de 0,01% por ano dos valores do ESD entre 2006 e 2011 e de 0,03% por ano entre 2012 e 2017 (Tabela 2.9). Esses resultados corroboram que os produtores avaliados nos últimos seis anos, deveriam implementar melhores condições de alimentação do gado para reverter essa tendência de diminuição das percentagens do ESD no LCR.

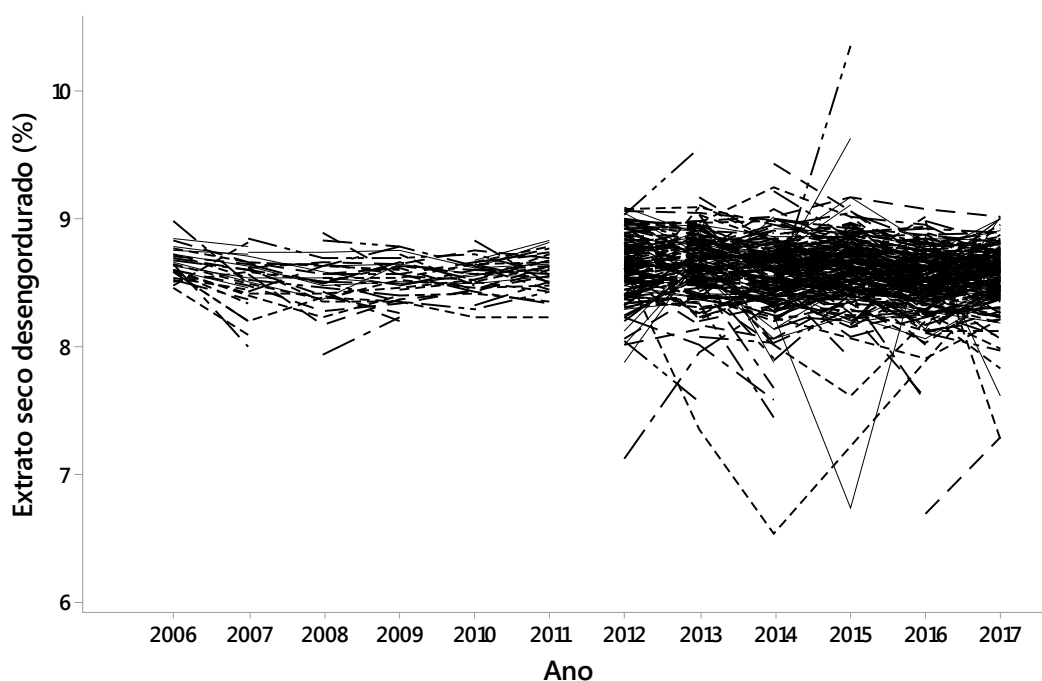


Figura 2.6. Diagramas de dispersão dos teores de extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

Considerando os valores exigidos pelas IN51 e IN62 (Tabelas 2.2 e 2.3), os produtores avaliados obtiveram LCR com médias de CCS (contagem de células somáticas) dentro dos parâmetros exigidos pelas Instruções Normativas, entre os anos 2006 e 2017 (Tabela 2.10). Os valores máximos de CCS muito acima dos limites de especificação da IN51 e da IN62, no LCR entre 2006 e 2017, sugerem alta variabilidade de CCS entre os produtores, sendo corroborado pela diferença significativa ($P < 0,05$) entre os desvios padrão (Tabela 2.10). Um dado ainda mais preocupante é que a variação é maior no período mais recente, de 2012 a 2017, embora a média de CCS tenha reduzido ($P < 0,05$) de 5,78 \log_{10} CS/mL no período de 2006 a 2011 para 5,57 \log_{10} CS/mL entre 2011 e 2017 (Tabela 2.10).

Tabela 2.10. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para a contagem de células somáticas (\log_{10} CS/mL), no período de 2006 a 2017

Período	Nº amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV	β
2006-2011	1927	5,78 a	5,75	5,08	6,32	0,22 B	3,73	0,03*
2012-2017	11489	5,57 b	5,60	4,32	6,75	0,34 A	6,20	0,01*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** ($P > 0,05$). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student ($P < 0,05$)

Um aumento característico na CCS é detectado em teste de laboratório para descartar uma mastite subclínica¹. A mastite ou inflamação do úbere, é uma consequência de infecção bacteriana ocasionada, principalmente, por *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli*, causando perdas econômicas consideráveis em razão dos rendimentos menores de produção de leite. Essas bactérias se encontram na pele dos úberes sujos por esterco, solo ou poeira sendo transferidas ao leite durante a ordenha, nas teteiras do dispositivo de ordenha, nas mãos do ordenhador, nos panos para secar os úberes e na entrada do esfíncter da teta após a ordenha, continuando assim por diante a contaminação em todo o rebanho (LANGONI, 2013; ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Um estudo realizado em Viçosa - MG, indicou que a baixa produção e rendimento leiteiro, a ordenha inadequada sem pré e pós *dipping* nem secagem das tetas, a ordenha

¹ Mastite subclínica é a mastite que mais se apresenta no gado leiteiro, onde aparentemente o leite e o úbere apresentam normalidade e as mudanças macroscópicas no leite não são detectadas facilmente na hora da ordenha, sendo necessária análise laboratorial (ROBINSON, 2005).

mecânica sem higiene dos equipamentos, a incapacidade dos ordenhadores, e a qualidade da água permitem níveis elevados de CCS no LCR (QUINTÃO et al., 2017). Resultado similar foi obtido em pesquisa realizada no sul do estado do Rio Grande do Sul (PICOLI et al., 2014). Outro estudo realizado na cidade de Arapoti - PR, determinou que a alta CCS no LCR provocou perdas de 8, 9 e 31% no teor de lactose, gordura e sólidos totais, respectivamente. Por outro lado, levou a um aumento do teor de proteína e a uma diminuição da produção diária do leite (LUDOVICO et al., 2015). Essa correlação negativa entre a CCS e a lactose foi encontrada também por Reis et al. (2007) em pesquisa realizada na região de Pedro Leopoldo, MG. Em outra pesquisa realizada nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, os resultados mostraram que com o aumento da CCS no LCR de tanques, a gordura aumentou e, a proteína e a lactose diminuíram (JUNIOR, 2002).

Por tais motivos, e considerando a maior variação da CCS no último período de 2012 a 2017, embora com menor média, sugere-se que os produtores do LCR trabalhem para melhorar as condições de saúde do rebanho leiteiro, preparando adequadamente a lavagem, desinfecção e secagem das tetas antes e depois da ordenha, de modo a reduzir e eliminar os patógenos deixados na pele das tetas e, assim, melhorar a qualidade do LCR.

Na Figura 2.7 pode-se observar maior variabilidade da CCS no período entre 2012 e 2017. A análise de regressão de modelo misto detectou pequena tendência significativa ($P < 0,05$) de aumento da CCS de $0,03 \log_{10}$ CS/mL ao ano (β) no período de 2006 a 2011 e de $0,01 \log_{10}$ CS/mL ao ano (β) no período 2012 a 2017 (Tabela 2.10). Esses resultados sugerem a necessidade de definição e implantação de medidas para a melhoria das condições de saúde do rebanho leiteiro da região de onde provém o LCR que gerou os dados analisados.

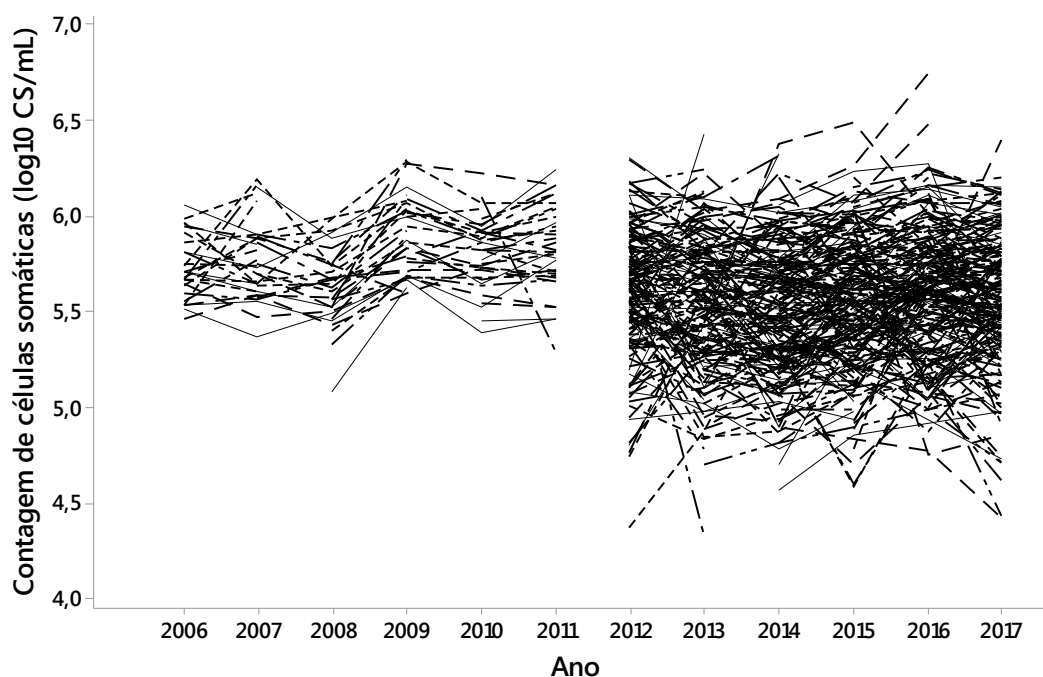


Figura 2.7. Diagramas de dispersão dos valores da contagem de células somáticas do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

Considerando os valores exigidos pela IN51 e IN62 (Tabelas 2.2 e 2.3), os produtores obtiveram LCR com médias de CBT (contagem bacteriana total) muito fora e acima dos parâmetros exigidos pelas normas no período de 2006 a 2017 (Tabela 2.11). A média de CBT (5,67 log₁₀ UFC/mL) foi menor (P<0,05) para os dados do período de 2012 a 2017 do que a média (5,97 log₁₀ UFC/mL) para os dados do período de 2006 a 2011. Não foi detectada diferença significativa (P>0,05) entre os desvios padrão de CBT nos dois períodos (Tabela 2.11). Esse é um dado positivo, pois ocorreu uma redução da média de CBT do período anterior para o seguinte e, ao menos, o desvio padrão, indicador de variabilidade, manteve-se estável (Tabela 2.11).

Tabela 2.11. Medidas de posição, variação e coeficientes de regressão (β) do modelo misto para a contagem bacteriana total (log₁₀ UFC/mL), no período de 2006 a 2017

Período	Nº amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV	β
2006-2011	1890	5,97 a	6,00	4,87	6,83	0,43 A	7,21	-0,05*
2012-2017	11299	5,67 b	5,68	4,15	6,85	0,41 A	7,20	0,03*

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e desvios-padrão (DP) seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelos testes t de Student e F** (P>0,05). ** Teste realizado para as duas variâncias. *Significativo pelo teste t de Student (P<0,05)

Na Figura 2.8 apresentam-se os diagramas de dispersão dos valores de CBT dos dados do período de 2006 a 2017. Constatou-se uma grande e indesejável variabilidade dos valores de CBT entre os produtores do LCR ao longo dos anos, nos dois períodos. Esse é um resultado preocupante, pois além da necessidade de reduzir os valores médios, há também necessidade e o desafio de reduzir a variabilidade dos valores de CBT entre os produtores, tendo em vista a melhoria da qualidade do LCR.

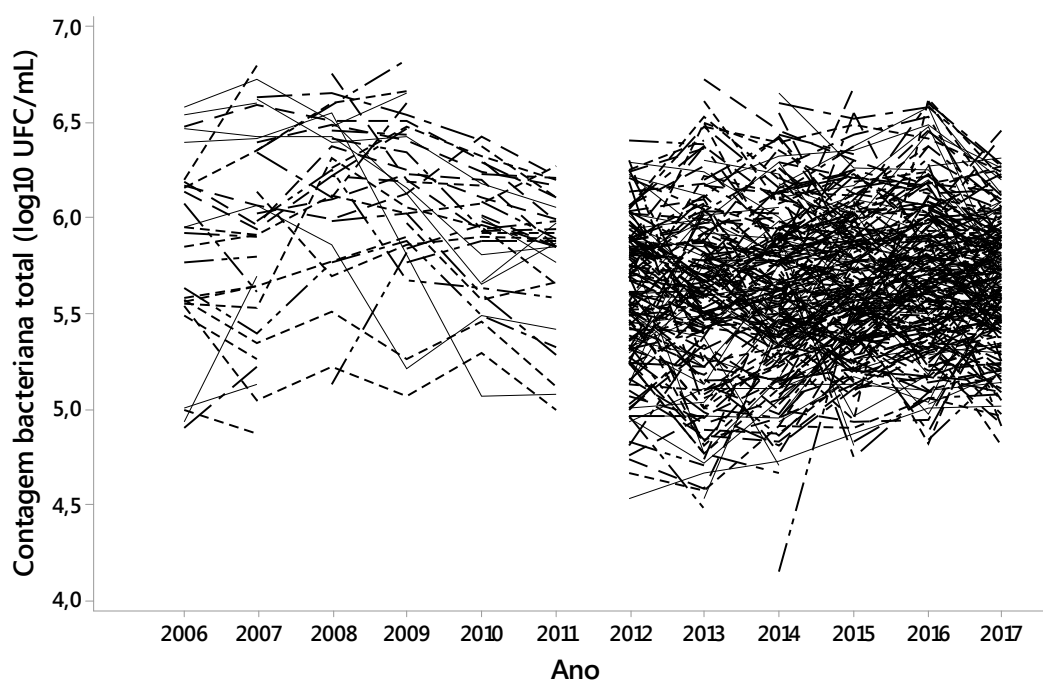


Figura 2.8. Diagramas de dispersão dos valores da contagem bacteriana total do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

A análise de regressão de modelo misto detectou baixa, mas significativa ($P < 0,05$), redução dos valores de CBT ($\beta = -0,05$) para os dados no período de 2006 a 2011. Detectou também uma pequena, mas significativa ($P < 0,05$), tendência de aumento dos valores de CBT ($\beta = 0,03$) para os dados no período de 2012 a 2017 (Tabela 2.11). Esses resultados chamam a atenção, pela indesejável tendência de aumento dos valores de CBT que ocorreu no período mais recente. Daí a necessidade da implementação de medidas de melhoria das condições de produção do LCR, no que diz respeito às condições higiênico-sanitárias.

Um ótimo indicador para monitorar as condições sanitárias durante a produção do LCR, colheita, ordenha e transporte é a CBT, segundo as Instruções Normativas nº 51 e

62, expressa em unidades formadoras de colônias por mL (UFC/mL). Essa contagem não indica a fonte de contaminação bacteriana ou a identidade das deficiências de produção que levam a altas contagens, mas indica a presença de condições adequadas ou inadequadas no ambiente de produção, coleta, ordenha e armazenamento do LCR (ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Em pesquisa realizada na região agreste de Pernambuco encontrou-se que altos valores de CBT indicam ausência de boas práticas de higiene na ordenha, relacionando-a principalmente com contaminação na água, e com a microbiota psicotrófica nas temperaturas de refrigeração do LCR (CORRÊA DA SILVA et al., 2011).

Outra forma de visualizar a disposição dos valores dos indicadores de qualidade do LCR (variáveis-resposta) ao longo do tempo é pela montagem dos gráficos de tipo *box-plot*, onde se pode observar a variabilidade dos dados em relação à mediana, os quartis e os limites de especificação. As tendências de variação anuais (Figura 2.9) e mensais (Figura 2.10) para os indicadores de qualidade do LCR apresentam alta variabilidade ao longo do tempo, sendo que não houve tendência de sazonalidade significativa que representasse alterações ao longo dos anos para com a qualidade global do LCR dos produtores avaliados.

No caso da temperatura, tanto na estratificação anual (Figura 2.9) como na mensal (Figura 2.10), pode-se observar uma grande dispersão, sem tendência de aumento ou de diminuição no tempo. Esse comportamento pode ser explicado a partir da análise dos dados de média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão da temperatura do LCR mostrados na Tabela 2.4 e na Figura 2.1. Resultados diferentes foram obtidos por Fagan et al. (2010) e Teixeira; Freitas; Barra (2003), em que os fatores ambientais das estações do ano, a época de lactação e a alimentação do rebanho afetaram ao longo do tempo os indicadores de qualidade do LCR.

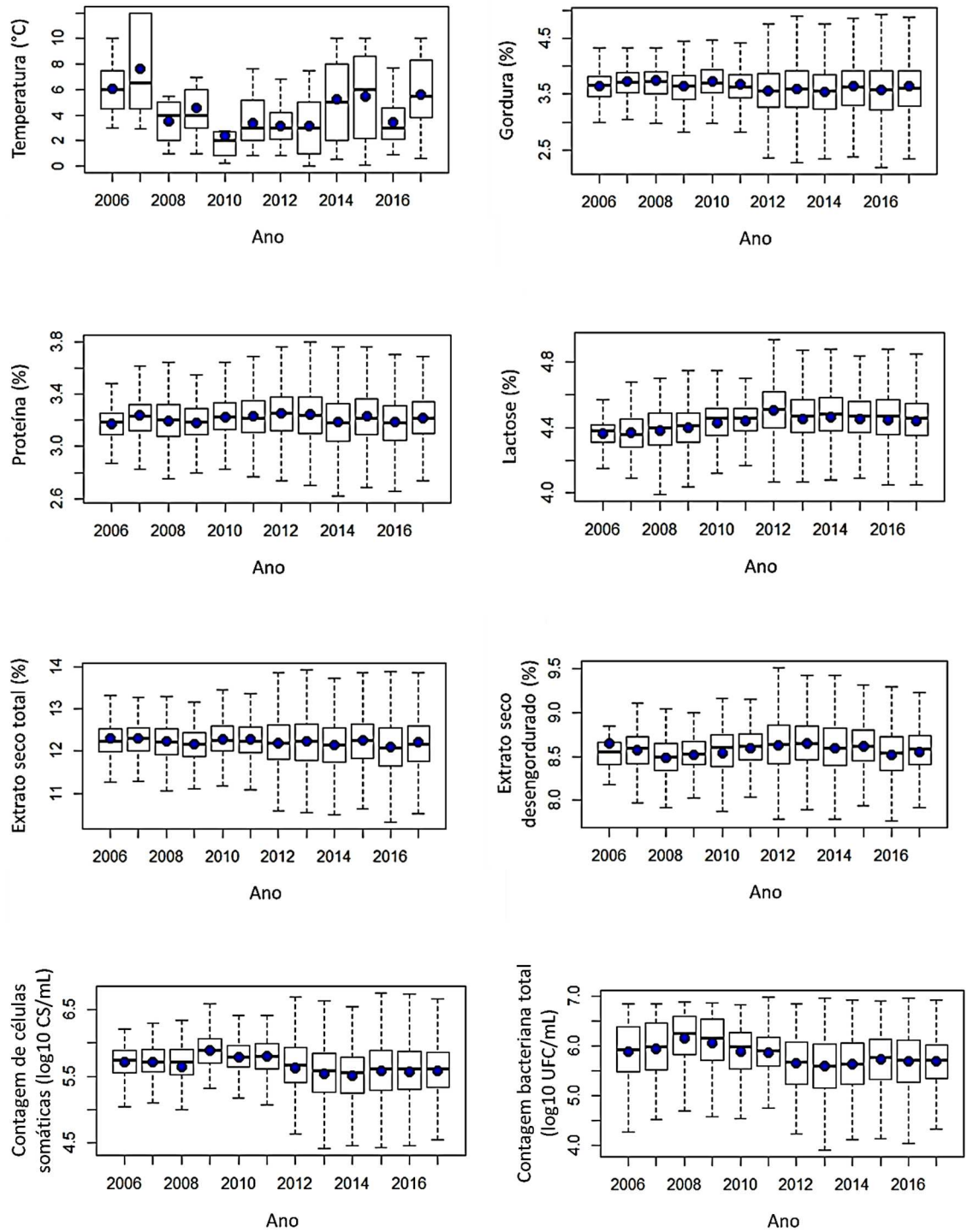


Figura 2.9. Estratificação anual dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

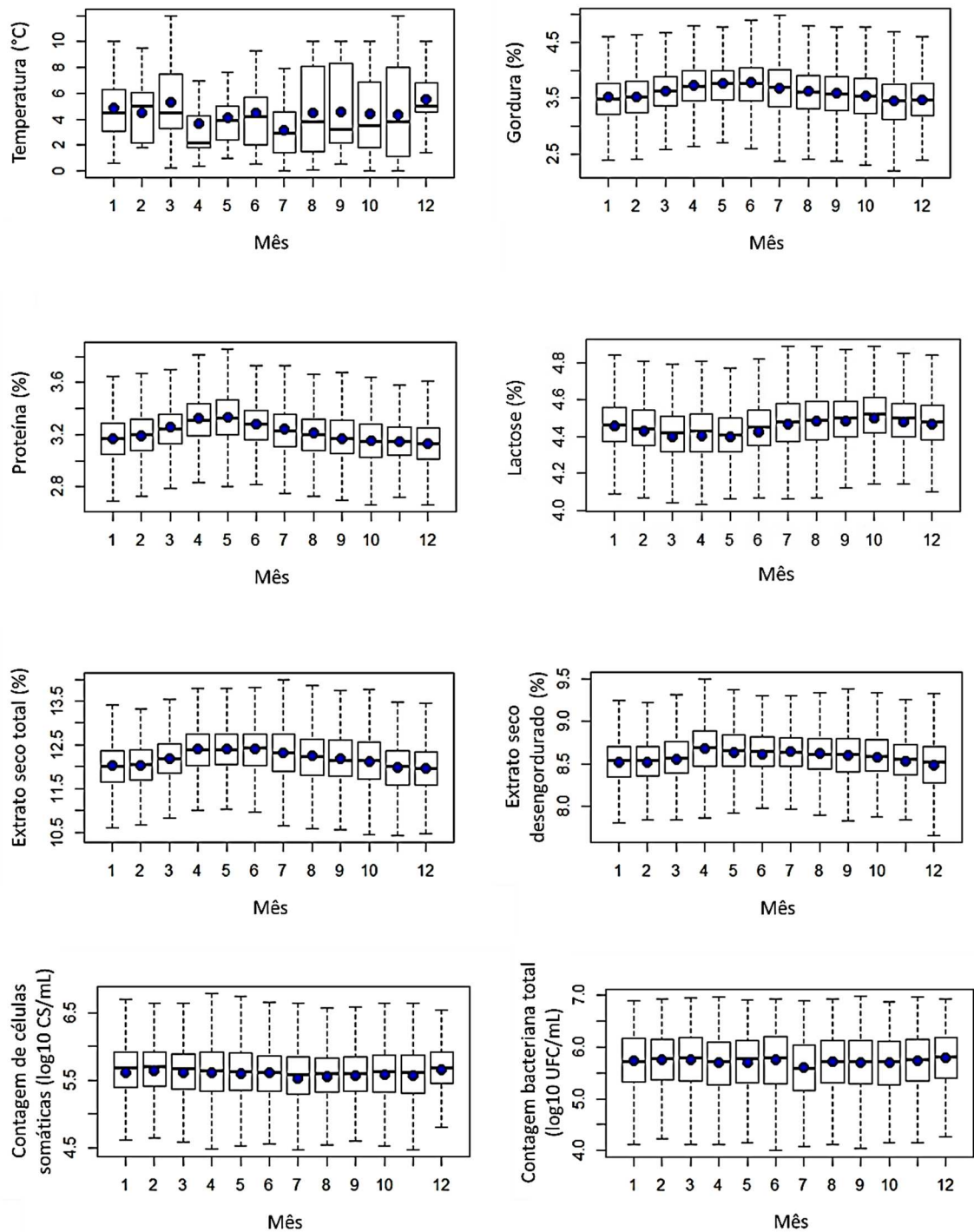


Figura 2.10. Estratificação mensal dos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

Entre os anos de 2006 e 2011, a maioria dos indicadores de qualidade do LCR apresentaram mais valores de acordo com os requerimentos exigidos pela IN51 e pela literatura, junto com menores dispersões de dados em comparação com as amostras de

leite avaliadas entre os anos de 2012 a 2017, período correspondente ao período de vigência da IN62. Talvez esse aumento globalizado de variação nos indicadores de qualidade do LCR deva-se ao aumento significativo em quase cinco vezes do número de produtores que aconteceu a partir de 2012.

De maneira geral, um dos indicadores de qualidade do LCR a ser melhorado com urgência é a temperatura na qual o leite é refrigerado após a ordenha. Ela deve ser reduzida para a maioria dos produtores cujos dados foram avaliados no período de 2012 a 2017. A CCS e a CBT no LCR também precisam ser melhoradas com urgência. Em estudo realizado na cidade de Belo Horizonte – MG, foi encontrado alta correlação positiva e significativa entre os valores da contagem da microbiota psicrotrofica, desenvolvida a menos de 4 °C, e a contagem bacteriana total (SAMPAIO et al., 2015). Por outro lado, em pesquisa realizada no estado de Paraná, verificou-se a existência de uma alta correlação entre a CCS e a CBT (RIBAS et al., 2016).

Os dados de muitos produtores no período entre 2006 e 2017, referentes a esses três indicadores, apresentaram valores muito superiores ao exigido pelas IN51 e IN62. Para isso é necessário que o laticínio junto com os produtores trabalhem para a melhoria das condições sanitárias das áreas de ordenha, armazenamento e transporte do leite, assegurando-se que o leite seja corretamente refrigerado a 4 °C, imediatamente após a ordenha e que se promovam melhorias nas condições sanitárias das vacas, sem indícios sobretudo de mastite, para assim obter LCR de melhor qualidade.

3.2 Capacidade de processo de produção do leite cru refrigerado

O Teste Kolmogorov-Smirnov, com nível de significância de 5%, e o gráfico de probabilidade foram aplicados aos dados dos oito indicadores de qualidade do LCR, obtidos no período de 2006 a 2017 (Figura 2.11). Constatou-se que nenhum indicador de qualidade apresentou aderência satisfatória a uma distribuição normal. Dessa forma optou-se por não proceder a estimativa dos índices de capacidade do processo de produção do LCR.

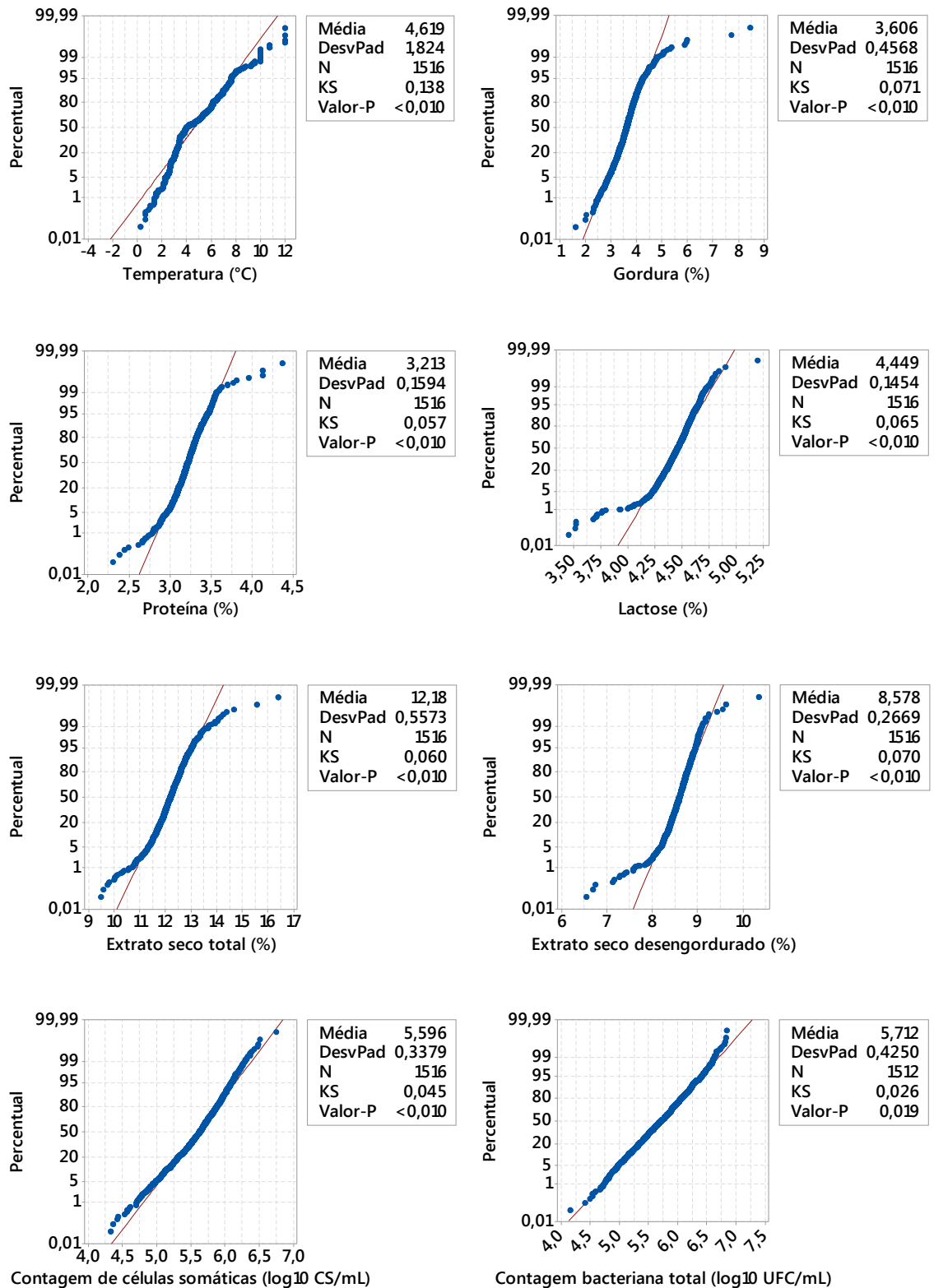


Figura 2.11. Teste de Kolmogorov-Smirnov e gráfico de probabilidade de aderência à distribuição normal para os indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

Apesar de a distribuição dos dados não apresentar aderência satisfatória a uma distribuição normal, realizou-se uma avaliação da porcentagem aproximada de amostras de LCR, para cada indicador de qualidade, que estariam em desacordo com os limites de especificação das Instruções Normativas. Assim, foi estimado a partir do limite superior de especificação (LSE) que 61% das amostras correspondentes à temperatura encontravam-se fora do LSE entre os anos de 2006 a 2011 e, 64% se encontravam fora do LSE entre os anos de 2012 a 2017 (Figura 2.12).

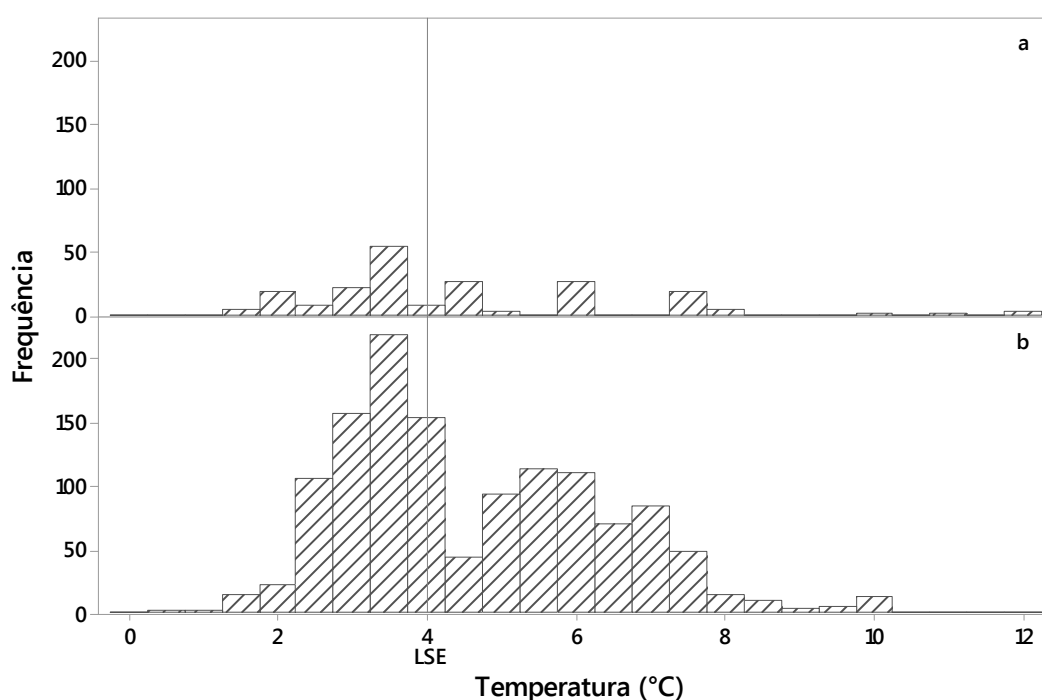


Figura 2.12. Histogramas de frequência dos valores da temperatura do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

No caso da gordura, foi estimado que 1% das amostras encontravam-se fora do limite inferior de especificação (LIE) no período de 2006 a 2011 e, aproximadamente 11% encontravam-se fora do LIE no período de 2012 a 2017 (Figura 2.13). Para a proteína foi estimado a partir do limite inferior de especificação (LIE) que 0% das amostras encontravam-se fora do LIE entre os anos de 2006 a 2011. Entre os anos de 2012 a 2017, 3% das amostras encontravam-se fora do LIE (Figura 2.14).

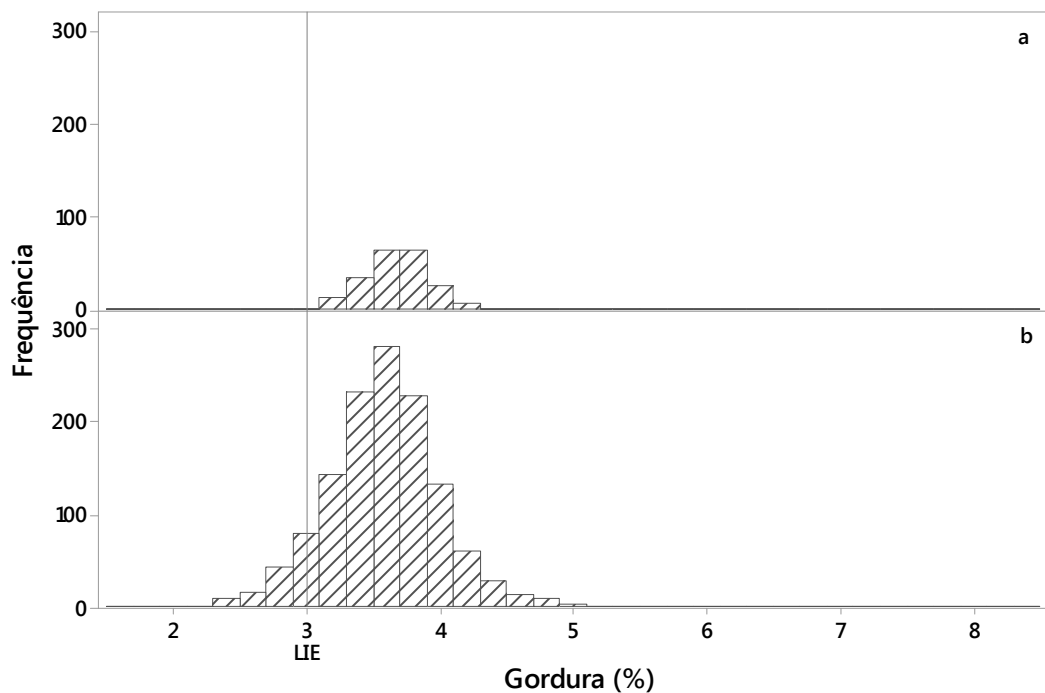


Figura 2.13. Histogramas de frequência dos teores de gordura do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

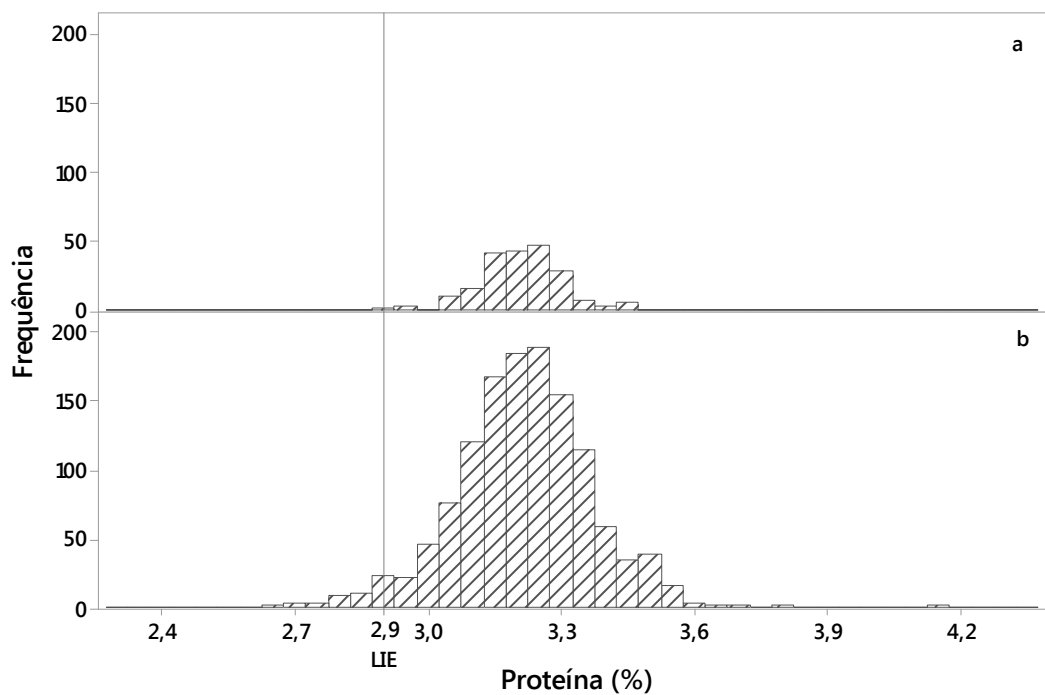


Figura 2.14. Histogramas de frequência dos teores de proteína do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

A partir do limite superior de especificação (LSE), foi estimado para a lactose que 0% das amostras encontravam-se fora do LSE entre 2006 e 2011. Entre 2012 a 2017, 1% das amostras encontravam-se fora do LSE (Figura 2.15).

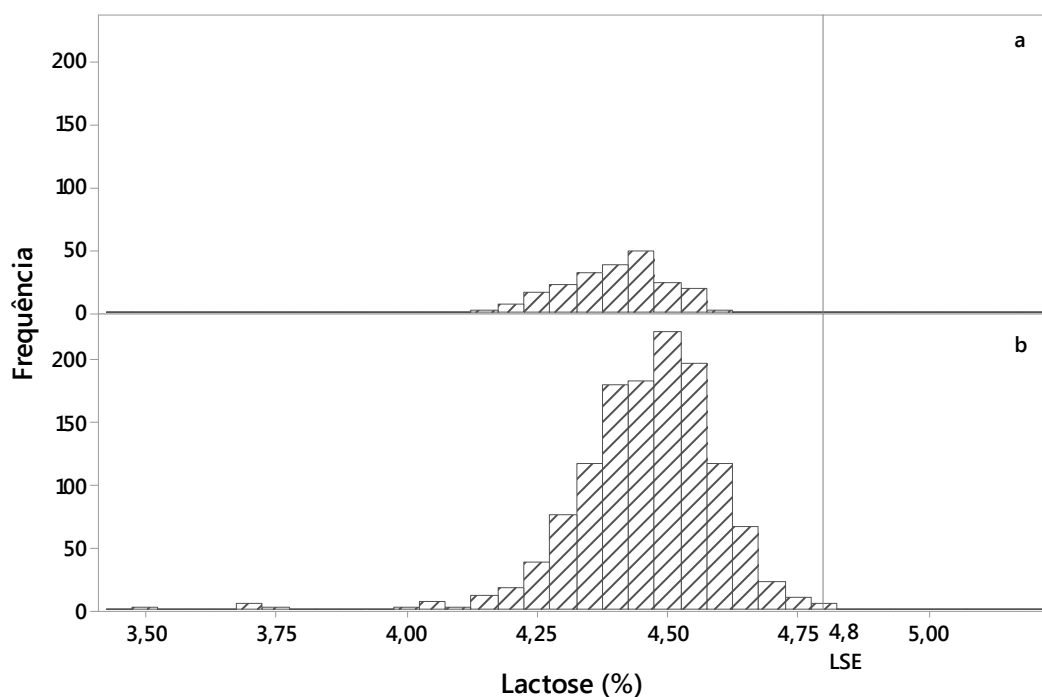


Figura 2.15. Histogramas de frequência dos teores de lactose do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

Para o caso do extrato seco total, foi estimado a partir do limite inferior de especificação (LIE) que 1% das amostras encontravam-se fora do LIE entre os anos de 2006 a 2011 e 9% encontravam-se fora do LIE entre os anos de 2012 a 2017 (Figura 2.16). Entre os anos de 2006 a 2011, 17% das amostras correspondentes a extrato seco desengordurado encontravam-se fora do limite inferior de especificação (LIE) e 26% das amostras encontravam-se fora do LIE entre os anos de 2012 a 2017 (Figura 2.17).

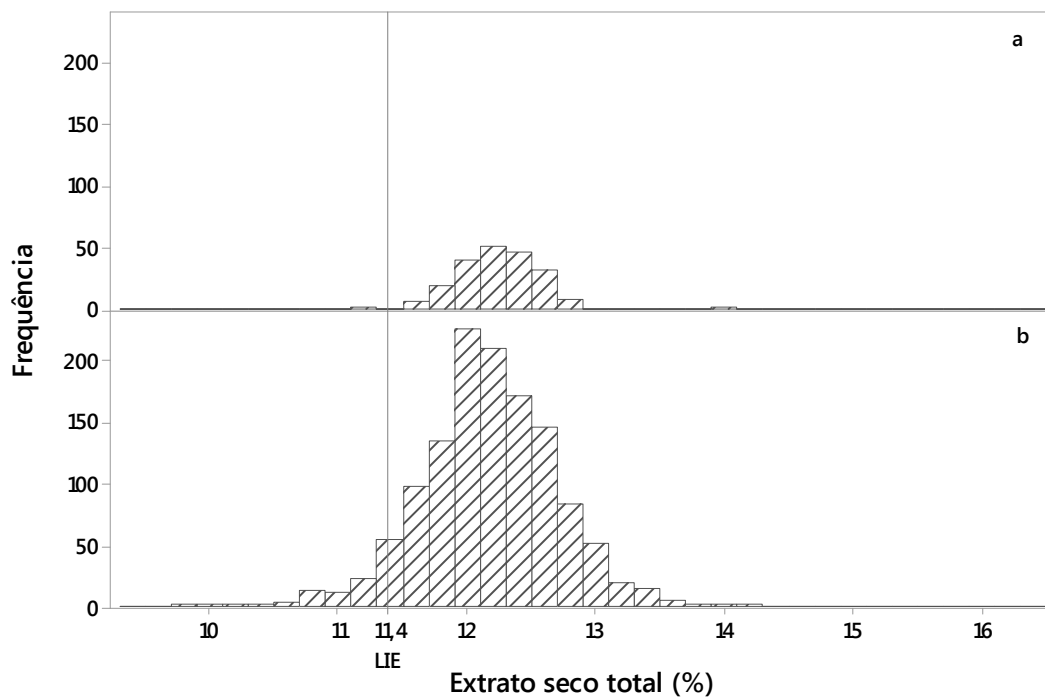


Figura 2.16. Histograma de frequências dos teores de extrato seco total do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

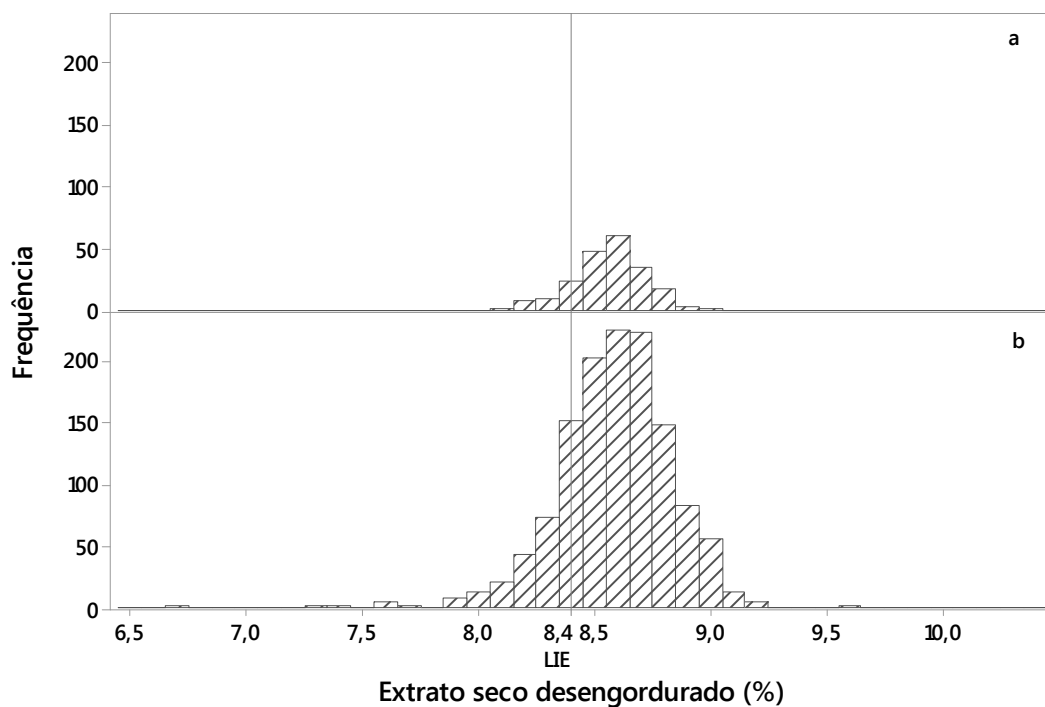


Figura 2.17. Histograma de frequências dos teores de extrato seco desengordurado do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

A partir dos limites superiores de especificação (LSE), foi estimado que 39% das amostras correspondentes à contagem de células somáticas (CCS) encontravam-se fora dos LSE no período de 2006 a 2011 e 36% das amostras encontravam-se fora dos LSE entre 2012 e 2017 (Figura 2.18).

Segundo o relatório da Clínica do Leite de agosto de 2016, a CCS entre os anos de 2011 a 2015 teve uma piora de 45 a 51% de amostras com valores de CCS superiores às exigências da IN62. Isso indica que o gado leiteiro apresentou, em média, uma prevalência de cerca de 50% de mastite, ou seja, a cada duas vacas ordenhadas uma apresentou a doença, levando a quase 6% de perda no rendimento do leite (CASSOLI; SILVA; MACHADO, 2016). Portanto, os produtores avaliados no presente estudo encontram-se em melhor situação que aqueles avaliados pela Clínica do Leite, mas ainda assim é importante focar em melhorar as condições clínicas das vacas para evitar aumentos de CCS devido a mastite.

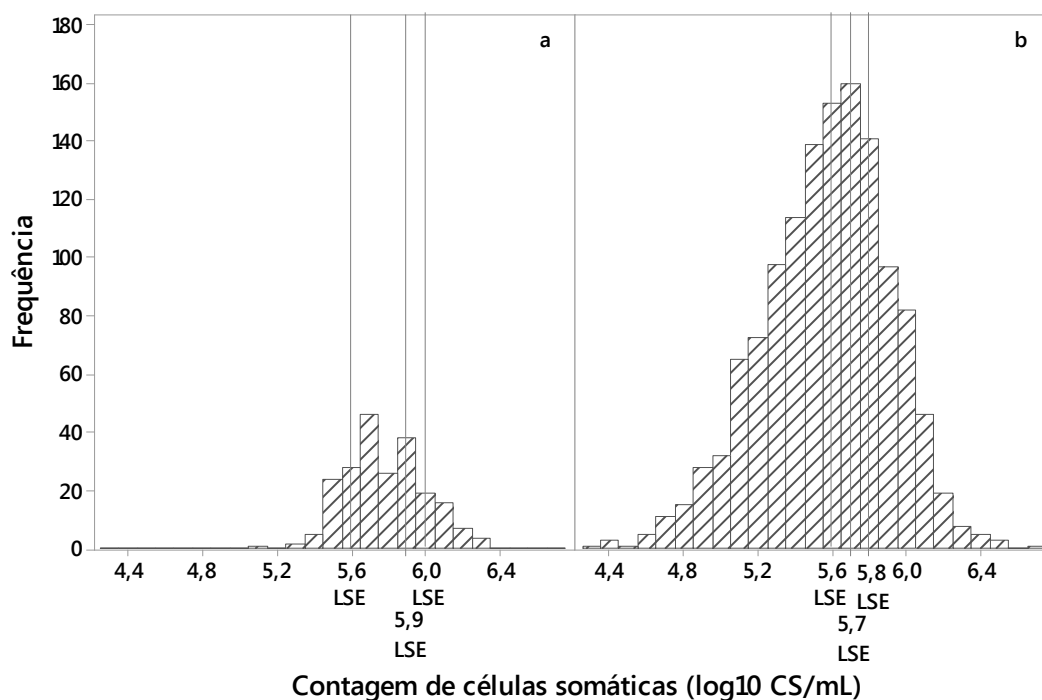


Figura 2.18. Histograma de frequências dos valores da contagem de células somáticas do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

Para o caso da contagem bacteriana total (CBT), foi estimado a partir dos limites superiores de especificação (LSE) que 65% das amostras encontravam-se fora dos LSE

no período de 2006 a 2011 e 73% das amostras encontravam-se fora dos LSE no período de 2012 a 2017 (Figura 2.19).

Segundo o Mapa da Qualidade do Leite da Clínica do Leite de outubro de 2016, houve uma redução nos valores médios de CBT entre o período de 2008 a 2012 e nos anos seguintes um aumento em 2015, por exemplo, aproximadamente 48% das amostras apresentaram valores de CBT superiores às exigências da IN62 (CASSOLI; MACHADO, 2016). Assim, os produtores avaliados no presente estudo encontram-se em pior situação que aqueles avaliados pela Clínica do Leite, sendo então importante focar em melhorar as condições higiênico-sanitárias nas quais se produz o leite para diminuir os valores de CBT no LCR.

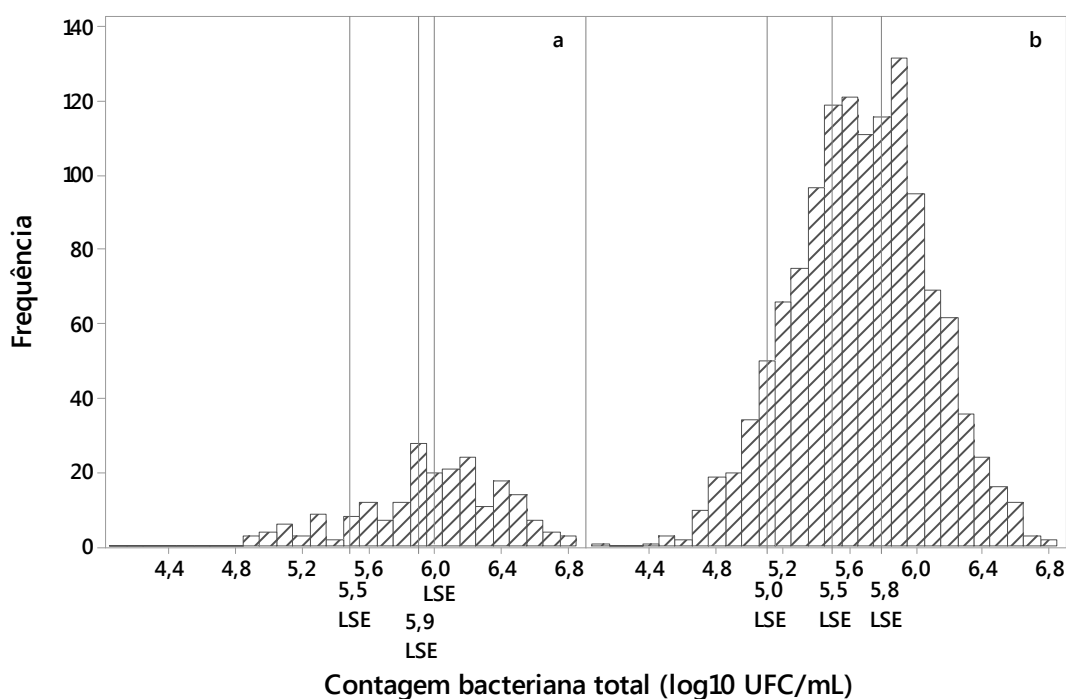


Figura 2.19. Histograma de frequências dos valores da contagem bacteriana total do leite cru refrigerado, nos períodos de 2006 a 2011 (a) e de 2012 a 2017 (b)

Portanto, considerando os limites estabelecidos na IN51 e IN62, os processos de obtenção de LCR não foram adequados nos casos de temperatura, CCS e CBT principalmente. Esse resultado corrobora com as sugestões sobre a evolução temporal da qualidade do LCR (Seção 3.1), em que se recomenda ao laticínio, junto com seus fornecedores de LCR que trabalhem com urgência para melhorar as condições de higiene

na ordenha e estocagem, de saúde do rebanho leiteiro e também para cumprir com as exigências do RIISPOA e da IN62 quanto aos procedimentos de refrigeração do leite cru adequadamente após a ordenha. Finalmente, sugere-se buscar apoio da medicina veterinária quanto ao tratamento adequado do gado leiteiro para o controle de doenças, sobretudo da mastite.

Outra observação refere-se a uma falha nas IN51 e IN62 por terem “confundido os produtores leiteiros” sobre os prazos de vigência para atingir certos valores de CCS e CBT. Houve uma demanda de melhoria inicial (IN51) para imediatamente depois permitir que os valores de “meta” fossem atingidos em até 5 ou 6 anos, dependendo da Região (IN62). Outro aspecto importante a ser indicado é que inicialmente (IN51) o leite era avaliado por tanque e depois passou a ser avaliado o leite de cada produtor que fazia parte do tanque coletivo (IN62). Além do aumento drástico de produtores/fornecedores, isso pode explicar o motivo pelo qual a partir de 2012 houve uma queda drástica na qualidade do LCR em relação à CCS e à CBT.

Para o caso da temperatura de refrigeração do leite cru após a ordenha, entrou em vigor no ano de 2018 a Portaria n° 38 (BRASIL, 2018), em que o MAPA penalizaria as indústrias cujas amostras não atingissem a temperatura de 4 °C para o LCR em até 3 horas. Isso gera uma situação de pressão nos produtores, sendo necessário que as indústrias de produtos lácteos colaborem com os produtores na melhoria da qualidade do LCR. Também é necessário que o governo contribua sendo mais exigente na fiscalização da Portaria n° 38.

É necessário assinalar que essa situação de produção de LCR com qualidade baixa, impacta de maneira negativa na indústria de laticínios no Brasil, devido a uma demanda crescente. Se as indústrias de laticínios e afins não reagirem com urgência, atingindo as exigências das Instruções Normativas para colocar-nos a par com as exigências internacionais, o mercado internacional poderá se fechar para o Brasil e o próprio mercado brasileiro poderá passar por situações desmotivadoras com aumentos de importações de leites e derivados. Dessa maneira, os grandes e, sobretudo, os pequenos produtores de leite brasileiros, estariam sendo mais prejudicados no futuro, afetando também as grandes indústrias do Brasil.

4 CONCLUSÕES

No período de vigência da Instrução Normativa nº 51/2002, entre os anos de 2006 a 2011, as amostras do leite cru refrigerado (LCR) apresentavam-se melhores em relação aos indicadores de qualidade. Ocorreu maior proporção de valores dos indicadores de qualidade do LCR de acordo com a norma e menor variabilidade, para cinco dos oito indicadores.

A temperatura, a contagem de células somáticas e a contagem bacteriana total foram os indicadores de qualidade do LCR com grande proporção de valores observados em desacordo com os limites exigidos pelas instruções normativas, consequência também de uma alta variação dos seus dados. Essa alta variabilidade demonstra alta heterogeneidade tecnológica dos produtores de leite, mesmo em uma bacia leiteira de uma região geograficamente pequena.

As variações anuais e mensais, entre os anos de 2006 a 2017, de todos os indicadores de qualidade do LCR não apresentaram uma tendência importante de sazonalidade que representasse alterações ao longo do tempo da qualidade global do leite cru refrigerado dos produtores.

Os processos de obtenção do LCR não se encontravam sob controle, sobretudo para atingir temperaturas, contagens de células somáticas e contagens bacterianas totais de acordo com os limites estabelecidos nas Instruções Normativas nº 51 e nº 62.

Considera-se que as Instruções Normativas nº 51 e nº 62 confundiram os produtores de leite. A primeira Instrução demandou valores cada vez menores da contagem de células somáticas e da contagem bacteriana total, sendo que na Instrução seguinte esses valores foram aumentados e a exigência passou a ser que fossem atendidos dentro de 5 anos.

Recomenda-se estudar a situação dos produtores/fornecedores do laticínio avaliado para determinar como isso pode ter influenciado a qualidade do LCR.

Também se recomenda que o laticínio e seus fornecedores de LCR melhorem as condições higiênico-sanitárias das áreas de ordenha, armazenamento e transporte do leite, assegurando-se que o mesmo seja refrigerado a 4 °C imediatamente após a ordenha e, que esse leite provenha de vacas saudáveis, bem alimentadas e sem indícios de mastite.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCURI, Edna Froeder et al. Contagem, isolamento e caracterização de bactérias psicotróficas contaminantes de leite cru refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS., v. 38, n. 8, p. 2250–2255, 2008. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800025&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 31 out. 2018.

BANDEIRA, Mayra Marques. **Estimação da capacidade de processos via testes de permutação e bootstrap em aplicações industriais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 2015.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 51, de 18 de Setembro de 2002. Aprova regulamentos técnico de produção, identidade e qualidade do leite...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 20 set., 2002. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 62, de 29 de Dezembro de 2011. Alterar a Instrução Normativa MAPA nº 51, de 18 de setembro de 2002...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 30 dez., 2011. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=6&data=30/12/2011>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

BRASIL. Portaria nº 38, de 19 de abril de 2018. Submeter à Consulta Pública a proposta de Instrução Normativa que estabelece os Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado...**Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 abr., 2018. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=17&data=26/04/2018>>. Acesso em: 10 maio. 2018.

BRITO, Maria Aparecida Vasconcelos Paiva et al. Qualidade do leite armazenado em tanques coletivos. **Circular Técnica - Embrapa Gado de Leite**, Juiz de Fora, MG., v. 99, p. 8, 2009. Disponível em: <http://www.cnp.gl.embrapa.br/totem/conteudo/Qualidade_de_leite_e_mastite/Circular_Tecnica/ct99.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

BRUZAROSKI, Samera R. et al. Legal standards of milk delivered for processing in Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG., v. 33, n. 2, p. 364–370, 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/34114/20003>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

CASSOLI, Laerte D.; MACHADO, Paulo F.; CARDOSO, Felipe. Diagnostico da qualidade do leite na Região Sudeste entre 2005 e 2008. **Clínica do Leite**, Piracicaba, SP., p. 7, 2008. Disponível em: <<http://www.terraviva.com.br/cliq/laertediagnostico.pdf>>. Acesso em: 2 maio. 2018.

CASSOLI, Laerte Dagher; MACHADO, Paulo Fernando. **Mapa da qualidade do leite: Contagem bacteriana total - Clínica do leite**. Piracicaba, SP. Disponível em: <http://clinicadoleite.com.br/mq/MQ_CBT_01.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2018.

CASSOLI, Laerte Dagher; SILVA, Janielen Da; MACHADO, Paulo Fernando. **Mapa da qualidade: Contagem de células somáticas - Clínica do leite**. Piracicaba, SP. Disponível em: <http://www.clinicadoleite.com.br/mq/MQ_CSS_01.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

CORRÊA DA SILVA, Livia Cavaletti et al. Rastreamento de fontes da contaminação microbiológica do leite cru durante a ordenha em propriedades leiteiras do Agreste Pernambucano. **Ciencias Agrarias**, Londrina, PR., v. 32, n. 1, p. 267–276, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744100027>>. Acesso em: 6 out. 2018.

FAGAN, Eder Paulo et al. Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, PR., v. 32, n. 3, p. 309–316, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/8570/8570>>. Acesso em: 4 set. 2018.

FILHO, Jomar Antonio Camarinha. **Modelos lineares mistos: estruturas de matrizes de variâncias e covariâncias e seleção de modelos**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP., 2002.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Advanced dairy chemistry. Volume 1A, Proteins : basic aspects**. 4th. ed. New York, NY.: Springer, 2013.

FOX, Patrik F.; MCSWEENEY, Paul. **Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids**. 3rd. ed. New York, NY: Springer, 2006.

FOX, Patrik F.; MCSWEENEY, Paul. **Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents**. 3rd. ed. New York, NY.: Springer, 2009.

JUNIOR, Francisco Perez. **Porcentagem de gordura, proteína e lactose em amostras de leite de tanques**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, PR., 2002.

JUNIOR, Jose Carlos Ribeiro et al. Quality of milk produced by small and large dairy producers. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR., v. 36, n. 2, p. 883–888, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744147025.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2018.

LANGONI, Helio. Qualidade do leite: Utopia sem um programa sério de monitoramento da ocorrência de mastite bovina. **Pesquisa Veterinaria Brasileira**, Rio de Janeiro, RJ., v. 33, n. 5, p. 620–626, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pvb/v33n5/12.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

LUDOVICO, Agostinho et al. Losses in milk production and quality due to milk somatic cell count and heat stress of Holsteins cows in temperate climate. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR., v. 36, n. 5, p. 3455–3470, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744151040.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

MACHADO, Solimar G. et al. The biodiversity of the microbiota producing heat-resistant enzymes responsible for spoilage in processed bovine milk and dairy products. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, Switzerland, v. 8, n. MAR, p. 1–22, 2017. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.00302/full>>. Acesso em: 3 set. 2018.

MARTINS, Gilberto de Andrade; DOMINGUES, Osmar. **Estatística Geral e Aplicada**. 5ta. ed. São Paulo, SP.: Atlas, 2014.

MARTINS, Maurilio L. et al. Milk-deteriorating exoenzymes from *Pseudomonas fluorescens* 041 isolated from refrigerated raw milk. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, SP., v. 46, n. 1, p. 207–217, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjm/v46n1/1517-8382-bjm-S1517-838246120130859.pdf>>.

Acesso em: 2 nov. 2018.

MARTINS, Maurilio Lopes et al. Quorum Sensing and Spoilage Potential of Psychrotrophic Enterobacteriaceae Isolated from Milk. **BioMed Research International**, New York, NY., v. 2018, p. 13, 2018. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/2723157/>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

MCPHEE, J. D.; GRIFFITHS, M. W. Pseudomonas spp. In: **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2011. 2nd. ed. Starkville, MS. p. 379–383.

NETO, A. C. Ribeir. et al. Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 64, n. 5, p. 1343–1351, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v64n5/v64n5a35.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2018.

PICOLI, Tony et al. Manejo de ordenha como fator de risco na ocorrência de micro-organismos em leite cru. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR., v. 35, n. 4, p. 2471–2480, 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744143021.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2018.

PINTO, Cláudia Lucia de Oliveira. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP., v. 26, n. 3, p. 645–651, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n3/31769.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

PINTO, Uelinton Manoel et al. Detection of acylated homoserine lactones in gram-negative proteolytic psychrotrophic bacteria isolated from cooled raw milk. **Food Control**, Reading, Berkshire., v. 18, n. 10, p. 1322–1327, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713506002325>>. Acesso em: 4 jul. 2018.

QUINTÃO, Leonardo Cotta et al. Evolution and factors influencing somatic cell count in raw milk from farms in Viçosa , state of Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, PR., v. 39, n. 4, p. 393–399, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asas/v39n4/1807-8672-asas-39-04-00393.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

REIS, Guilherme Lanna et al. Procedimentos de coleta de leite cru individual e sua relação com a composição físico-química e a contagem de células somáticas. **Ciência**

Rural, Santa Maria, RS., v. 37, n. 4, p. 1134–1138, 2007. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n4/a35v37n4.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2018.

RESENDE, Marcos Deon Vilela De. Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes. **EMBRAPA, Florestas**, Colombo, PR., v. 47, p. 101, 2000. Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297572/1/doc47.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

RIBAS, Newton Pohl et al. Escore da Contagem de células somáticas e suas relações com a Contagem bacteriana total em amostras de leite de tanque no Estado do Paraná, Brasil. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, PR., v. 21, n. 1, p. 44–51, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/41828/29202>>. Acesso em: 10 set. 2018.

RIBEIRO JÚNIOR, José Ivo. **Métodos Estatísticos Aplicados ao Controle da Qualidade**. 1a. ed. Viçosa, MG.: Universidade Federal de Viçosa, 2013.

ROBINSON, Richard Kenneth. **Dairy microbiology handbook**. 3rd. ed. New York, NY.: Wiley-Interscience, 2005.

SAMPAIO, V. S. C. et al. Influência de diferentes tipos de micro-organismos na contagem bacteriana total por citometria de fluxo do leite cru refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 67, n. 2, p. 607–612, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v67n2/0102-0935-abmvz-67-02-00607.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

SANTOS, Marcos Veiga Dos. Influência da qualidade do leite na manufatura e vida de prateleira dos produtos lácteos. **Biblioteca do Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite**, Juiz de Fora, MG., v. 1, p. 139–149, 2003. Disponível em:
<<https://cbql.com.br/wp-content/uploads/2017/07/diagnostico-da-qualidade-do-leite.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

TEIXEIRA, N. M.; FREITAS, A. F.; BARRA, R. B. Influência de fatores de meio ambiente na variação mensal da composição e contagem de células somáticas do leite em rebanhos no Estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG., v. 55, n. 4, p. 491–499, 2003. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-

09352003000400016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 25 set. 2018.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à Estatística**. 12. ed. Rio de Janeiro, RJ.: LTC, 2012.

WALSTRA, Pieter.; WOUTERS, Jan T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2nd. ed. New York, NY.: CRC/Taylor & Francis, 2006.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1a. ed. Belo Horizonte, MG.: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 2006.

ZANELA, Maira Balbinotti et al. Qualidade do leite em sistemas de produção na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF., v. 41, n. 1, p. 153–159, 2006. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/171243/000557243.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 out. 2018.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTORES DE LEITE CRU REFRIGERADO

1. INTRODUÇÃO

A cadeia de produtos lácteos no Brasil teve início como uma atividade extrativista que passou do tabelamento do preço do leite para produtores e consumidores, em 1945 (SIQUEIRA et al., 2010), à abertura econômica de mercado, quando o país se uniu ao MERCOSUL – Mercado Comum do Sul em 1994, o que, junto com a instauração do Plano Real, levou a uma expansão do mercado brasileiro (CARVALHO, 2010; SIQUEIRA et al., 2010).

Segundo o relatório mais recente da FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – de 2015, o Brasil se posiciona como o quinto maior produtor mundial de leite (FAO, 2015; FAO RAP, 2014; FAO RLC, 2014). O estado de Minas Gerais apresenta a maior produção de leite do país, com um total de 9 milhões de litros, respondendo por 26,7% da produção nacional e 77,7% da produção da Região Sudeste, no ano de 2016 (EMBRAPA; INTELACTUS, 2017; SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA, 2017). As projeções do agronegócio brasileiro, para as safras de 2015/2016 a 2025/2026, indicam que o leite tem uma expectativa de crescimento anual de 1,9% – equivalente a 41,3 bilhões de litros de leite cru refrigerado produzidos na safra de 2025/2026 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013)

Apesar dessas oportunidades de inserção no mercado internacional, o mercado interno brasileiro ainda precisa superar as barreiras de exigências internacionais, melhorando sua cadeia de produção leiteira. Faz-se necessário que os laticínios, junto com seus fornecedores (produtores), trabalhem para identificar os pontos fracos e melhorar as condições de produção e, portanto, melhorar a qualidade do leite cru refrigerado brasileiro. É imprescindível que os produtores de leite sejam avaliados com maior rigor para identificar onde e como melhorar a produção de leite cru refrigerado, sendo este o principal gargalo da produção de lácteos de qualidade no Brasil.

Nesse contexto, o objetivo foi desenvolver um método de avaliação dos produtores fornecedores do LCR. Os objetivos específicos foram:

- ✓ Agrupar os produtores segundo a qualidade do leite cru refrigerado produzido mediante análise de agrupamento (análise de cluster);
- ✓ Avaliar a situação de permanência (fiéis) ou saída (não fiéis) dos produtores antigos e a situação de chegada dos produtores novos no laticínio;
- ✓ Identificar os produtores em função da sua fidelidade de entrega de leite cru refrigerado ao laticínio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Banco de dados

Foi realizado um estudo longitudinal retrospectivo do banco de dados referente ao controle de qualidade do leite cru refrigerado (LCR) no período de vigência das Instruções Normativas nº 51 (2006 a 2011) e nº 62 (2012 a 2017), com base em vários produtores (fornecedores) de um laticínio localizado na Mesorregião da Zona da Mata Norte de Minas Gerais.

Da base de dados foram selecionados como variáveis-resposta os seguintes indicadores de qualidade do LCR:

- Temperatura: temperatura em que o leite cru resfriado, granelizado na propriedade rural, é acondicionado para a amostragem, expressa em graus Celsius (°C);
- Proteína: quantidade de proteína no leite cru refrigerado, expressa em porcentagem (%);
- Gordura: quantidade de lipídios no leite cru refrigerado, expressa em porcentagem (%);
- Lactose: quantidade de lactose no leite cru refrigerado, expressa em porcentagem (%);
- ESD – Extrato seco desengordurado: quantidade de todos os elementos do leite cru refrigerado, exceto água e gordura, expresso em porcentagem (%);
- EST – Extrato seco total: quantidade de gordura e matéria seca desengordurada no leite cru refrigerado, expresso em porcentagem (%);
- CCS – Contagem de células somáticas: quantidade de células somáticas presentes no leite cru refrigerado, transformada em logaritmo decimal para sua normalização, expressa em \log_{10} CS/mL (CS – células somáticas)
- CBT – Contagem bacteriana total: quantidade de unidades formadoras de colônias de bactérias presentes no leite cru refrigerado, transformada em logaritmo decimal para sua normalização, expressa em \log_{10} UFC/mL (UFC – unidade formadora de colônias).

As análises foram realizadas por um laboratório da RBQL e os resultados foram fornecidos na base de dados utilizada. Para medir a composição centesimal de proteína, gordura, lactose, EST e ESD, utilizou-se o método de espectrometria de absorção no infravermelho e o equipamento Bentley FTS (Id.: 85014). Para medir a CCS utilizou-se o método de citometria de fluxo e o equipamento SomaCount FCM (Id.: 82014). Para medir a CBT utilizou-se o método de citometria de fluxo e o equipamento BactoCount IBC (Id.: 1109).

As datas de análise das amostras foram diferentes para as análises físico-químicas (temperatura, proteína, gordura, lactose, EST, ESD) e para a qualidade higiênico-sanitária (CCS e CBT), contando-se então com duas bases de dados. Por esse motivo, na base de dados das análises físico-químicas, o número de produtores avaliados foi de 78 de 2006 a 2011 e de 418 de 2012 a 2017, enquanto na base de dados para as análises microbianas o número de produtores avaliados foi de 78 de 2006 a 2011 e de 416 de 2012 a 2017.

Foram utilizados, como limites de especificação, os parâmetros estabelecidos nas duas Instruções Normativas para cada indicador (variável-resposta) de qualidade do LCR (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3).

Tabela 3.1. Requisitos físico-químicos para o leite cru refrigerado pelas Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011

Requisitos físico-químicos	Parâmetros
Temperatura no tanque de expansão, °C	máximo 4
Matéria gorda, g/100 g	teor original, com o mínimo de 3,0
Extrato seco desengordurado, g/100 g	mínimo 8,4
Proteínas, g/100 g	mínimo 2,9

Fonte: Brasil (2002, 2011)

Tabela 3.2. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa nº 51/2002 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste

Requisito	Até 01/07/2005	De 01/07/2005 a 01/07/2008	De 01/07/2008 a 01/07/2011	A partir de 01/07/2011
CBT (log ₁₀ UFC/mL)	máximo 6,00	máximo 6,00	máximo 5,88	máximo 5,0 (individual) e 5,48 (tanque coletivo)
CCS (log ₁₀ CS/mL)	máximo 6,00	máximo 6,00	máximo 5,88	máximo 5,60

Fonte: Brasil (2002)

Tabela 3.3. Requisitos de CBT e de CCS do leite cru refrigerado, de acordo com a Instrução Normativa n° 62/2011 para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste

Requisito	De 01/07/2008 a 31/12/2011	De 01/01/2012 a 30/06/2014	De 01/07/2014 a 30/06/2016	A partir de 01/07/2016
CBT (log ₁₀ UFC/mL)	máximo 5,88	máximo 5,78	máximo 5,48	máximo 5,00
CCS (log ₁₀ CS/mL)	máximo 5,88	máximo 5,78	máximo 5,70	máximo 5,60

Fonte: Brasil (2011)

2.2 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando pacotes do software R (versão 3.4.3). Nos testes de hipóteses foi utilizado um nível de significância de 5%.

2.2.1 Agrupamento dos produtores de leite cru refrigerado

Como primeira parte da metodologia de avaliação, os produtores foram classificados em função das médias dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado (LCR) que produziram: temperatura, gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total, nos períodos de vigência das Instruções Normativas n° 51/2002 e n° 62/2011, ou seja, de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017. Para tanto, utilizou-se análise de agrupamento (cluster) pelo método de aglomeração de k-médias (ou centróides) dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado por produtor, segundo HAIR JR. et al. (2009).

2.2.2 Fidelidade dos produtores de leite cru refrigerado

A fidelidade dos produtores foi avaliada pelo fluxo de migração ou permanência dos produtores no laticínio entre 2006 e 2011 e entre 2012 e 2017. Foi determinada a porcentagem dos produtores fiéis (produtores que forneceram leite ao laticínio de 2006 a 2017), não fiéis (produtores que forneceram ao laticínio de 2006 a 2011) e os novos

(produtores que forneceram ao laticínio de 2012 a 2017). Avaliou-se o desempenho dos produtores em relação a seus graus de fidelização, mediante identificação dos produtores fiéis e não fiéis. Também, mediante análise de regressão (TRIOLA, 2012) das médias dos indicadores de qualidade do LCR por produtor e do número de vezes que estes produtores foram amostrados, avaliou-se o desempenho dos produtores em relação ao grau de fidelização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Agrupamento dos produtores segundo a qualidade do leite cru refrigerado

Utilizando as médias dos indicadores de qualidade do LCR por produtor e mediante a análise de cluster, os mesmos foram classificados em três grupos ou clusters (Tabela 3.4). A partir da média de cada cluster, concluiu-se que o cluster 1 é aquele onde se encontram os valores superiores, o cluster 2 onde se encontram os valores intermediários e o cluster 3 onde se encontram os valores inferiores.

No primeiro período, entre 2006 e 2011, foram avaliados 78 produtores para todos os indicadores de qualidade do LCR, sendo definidos os produtores fiéis como aqueles que continuaram fornecendo LCR ao laticínio no segundo período de 2012 a 2017 e, os produtores não fiéis como aqueles que não continuaram fornecendo após 2011. Dentre os produtores fiéis, somente 50 continuaram fornecendo LCR ao laticínio no segundo período entre 2012 e 2017, chegando a somar 418 produtores para os indicadores temperatura, gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado e contagem de células somáticas. Para a contagem bacteriana total, somente 48 destes produtores fiéis continuaram fornecendo LCR ao laticínio no segundo período, entre 2012 e 2017, chegando a somar 416 produtores.

Tabela 3.4. Qualificação dos produtores por clusters resultantes do agrupamento das médias dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado, durante os dois períodos de 2006 a 2011 e de 2012 a 2017

Indicador de qualidade	Período	Total N° prod.	CLUSTER 1 (superior)			CLUSTER 2 (intermediário)			CLUSTER 3 (inferior)		
			Valor	N° prod.	%	Valor	N° prod.	%	Valor	N° prod.	%
Temperatura (°C)	2006-2011	78	7,1	17	22	4,3	30	38	3,2	31	40
	2012-2017	418	6,9	70	17	5,1	186	44	3,4	162	39
Gordura (%)	2006-2011	78	5,3	1	1	3,8	47	60	3,5	30	39
	2012-2017	418	7,2	2	1	3,9	226	54	3,3	190	45
Proteína (%)	2006-2011	78	3,3	15	19	3,2	45	58	3,1	18	23
	2012-2017	418	3,4	126	30	3,2	239	57	3,0	53	13
Lactose (%)	2006-2011	78	4,5	30	39	4,4	30	38	4,3	18	23
	2012-2017	418	4,6	207	49	4,4	200	48	3,9	11	3
EST (%)	2006-2011	78	12,6	27	35	12,2	37	47	11,8	14	18
	2012-2017	418	12,7	129	31	12,1	228	54	11,3	61	15
ESD (%)	2006-2011	78	8,8	19	24	8,5	51	66	8,2	8	10
	2012-2017	418	8,7	229	55	8,4	174	42	7,8	15	3
CCS (log ₁₀ CS/mL)	2006-2011	78	6,1	17	22	5,8	34	43	5,6	27	35
	2012-2017	418	5,9	123	29	5,6	178	43	5,2	117	28
CBT (log ₁₀ UFC/mL)	2006-2011	78	6,3	35	45	5,9	30	38	5,3	13	17
	2012-2017	416	6,2	126	30	5,7	181	44	5,2	109	26

Os produtores de LCR avaliados em função da temperatura no primeiro período, de 2006 a 2011, são representados por clusters na Figura 3.1.a. Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) na qualidade do LCR produzido pelos produtores fiéis ($\mu = 3,82$) e pelos não fiéis ($\mu = 4,84$) pelo teste t entre suas médias de temperatura.

A situação de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos 3 clusters, para o segundo período, de 2012 a 2017, é explicada nas Figuras 3.1.b, 3.1.c e 3.1.d. A fidelidade desses produtores foi positiva, devido a que a grande maioria deles migrou para o cluster 3, que representa as menores médias de temperatura do LCR (3,2 e 3,4 °C) (Tabela 3.4), sem ultrapassar os 4 °C que recomenda a literatura (BRASIL, 2002, 2011; ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Pelo teste t, as médias entre os produtores fiéis no primeiro período de 2006 a 2011 ($\mu = 3,91$) e os mesmos produtores fiéis no segundo período de 2012 a 2017 ($\mu = 3,82$), não apresentaram diferença significativa entre si ($\alpha = 0,05$), indicando que a qualidade em relação à temperatura do LCR dos produtores fiéis foi mantida desde 2006 até 2017.

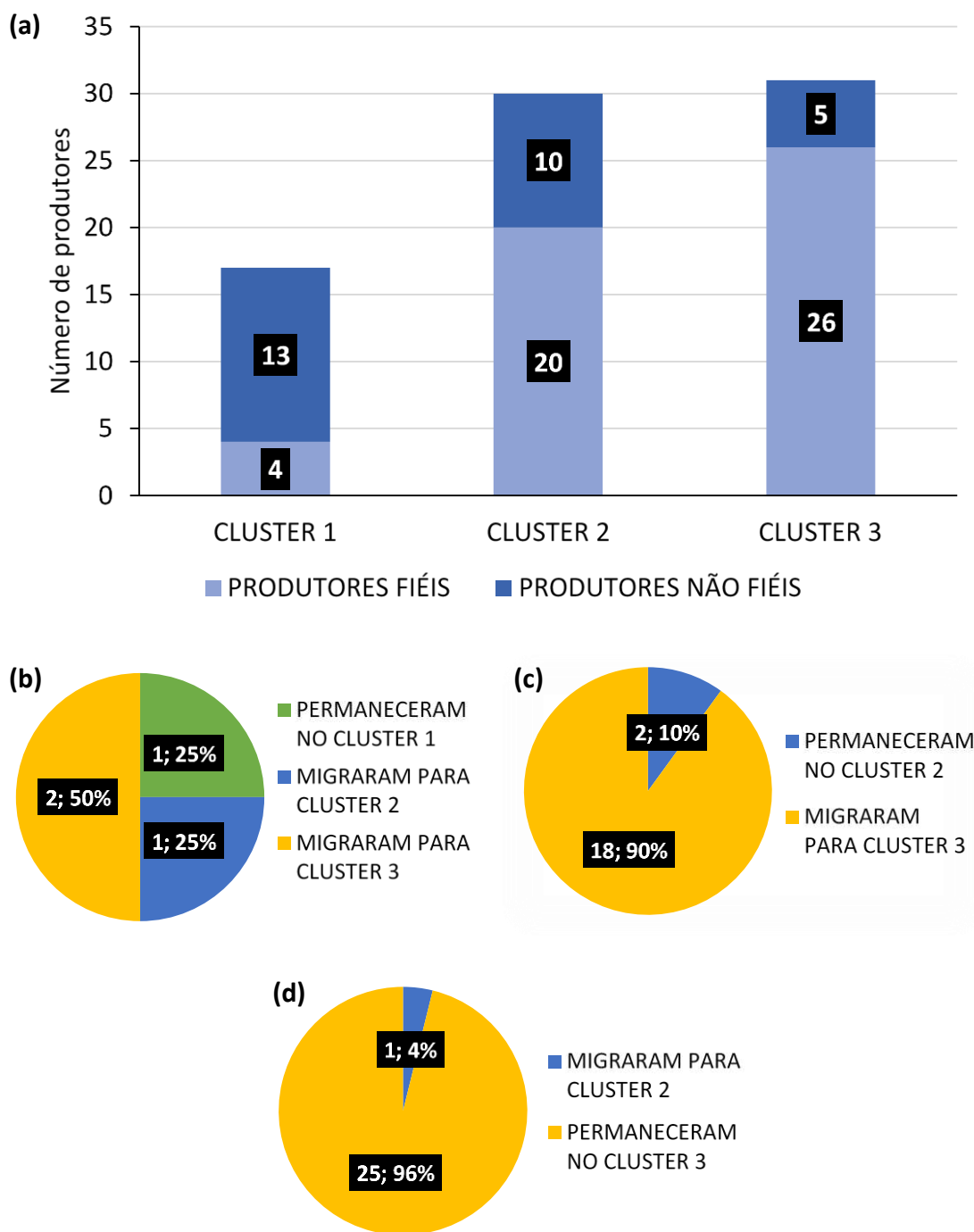


Figura 3.1. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de temperatura, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 4 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 20 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 26 produtores pertencentes ao cluster 3 (c)

A chegada dos novos produtores no segundo período, entre 2012 e 2017 (Figura 3.2), não significou melhoria de qualidade, uma vez que 49% deles atingiram médias intermediárias de temperatura (cluster 2) e 19% atingiram médias superiores (cluster 3)

(Tabela 3.4), ultrapassando o máximo de 4°C exigido pela IN51 e IN62 e recomendado pela literatura (Figura 3.2). Não fosse pelos 45 produtores fiéis que entraram para compor o novo cluster 3, a situação dos 117 produtores novos do cluster 3 seria ainda mais desfavorável em relação à temperatura.

Pelo teste t entre as médias de temperatura dos produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram LCR no primeiro período de 2006 a 2011 ($\mu=4,48$), e as médias dos produtores que forneceram LCR no segundo período de 2012 a 2017 ($\mu=4,72$), verifica-se que não houve diferença significativa entre elas ($\alpha= 0,05$). Esse resultado corrobora que o aumento de produtores não levou a uma mudança na temperatura do LCR abastecido.

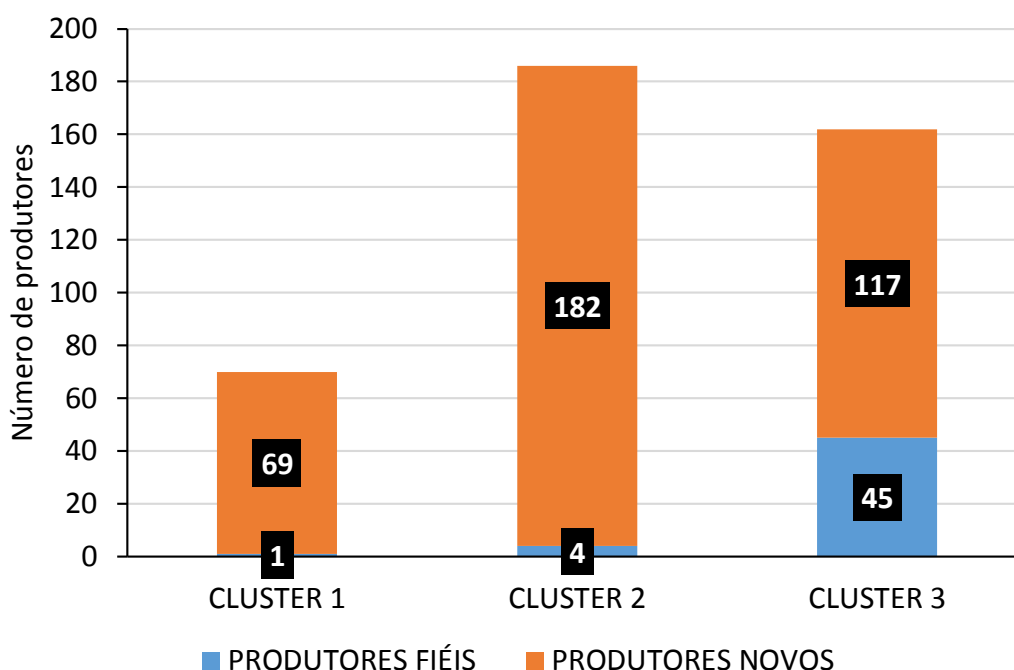


Figura 3.2. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de temperatura, no período de 2012 a 2017

Para o caso da gordura, os produtores de LCR avaliados no primeiro período, de 2006 a 2011, foram representados por clusters na Figura 3.3.a. Não houve diferença significativa na qualidade do LCR produzido pelos produtores fiéis ($\mu=3,58$) e pelos não fiéis ($\mu=3,61$), na comparação de médias do teor de gordura pelo teste t ($\alpha= 0,05$).

Para o segundo período, de 2012 a 2017, o número e porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos três clusters, se encontra explicada nas Figura 3.3.b e 3.3.c. A fidelidade desses produtores foi positiva, já que a maioria destes permaneceu ou migrou para o cluster 3, que representa as menores médias de gordura, com valores de 3,3% em adequação com o mínimo de 3% exigido pelas normas e pela literatura (BRASIL, 2002, 2011; FOX; MCSWEENEY, 2006).

Não foi encontrada diferença significativa ao comparar as médias, pelo teste t ($\alpha=0,05$), entre os produtores fiéis no período de 2006 a 2011 ($\mu=3,67$) e os mesmos produtores no período de 2012 a 2017 ($\mu=3,58$), indicando que a qualidade em relação ao teor de gordura do LCR dos produtores fiéis foi mantida ao longo dos anos.

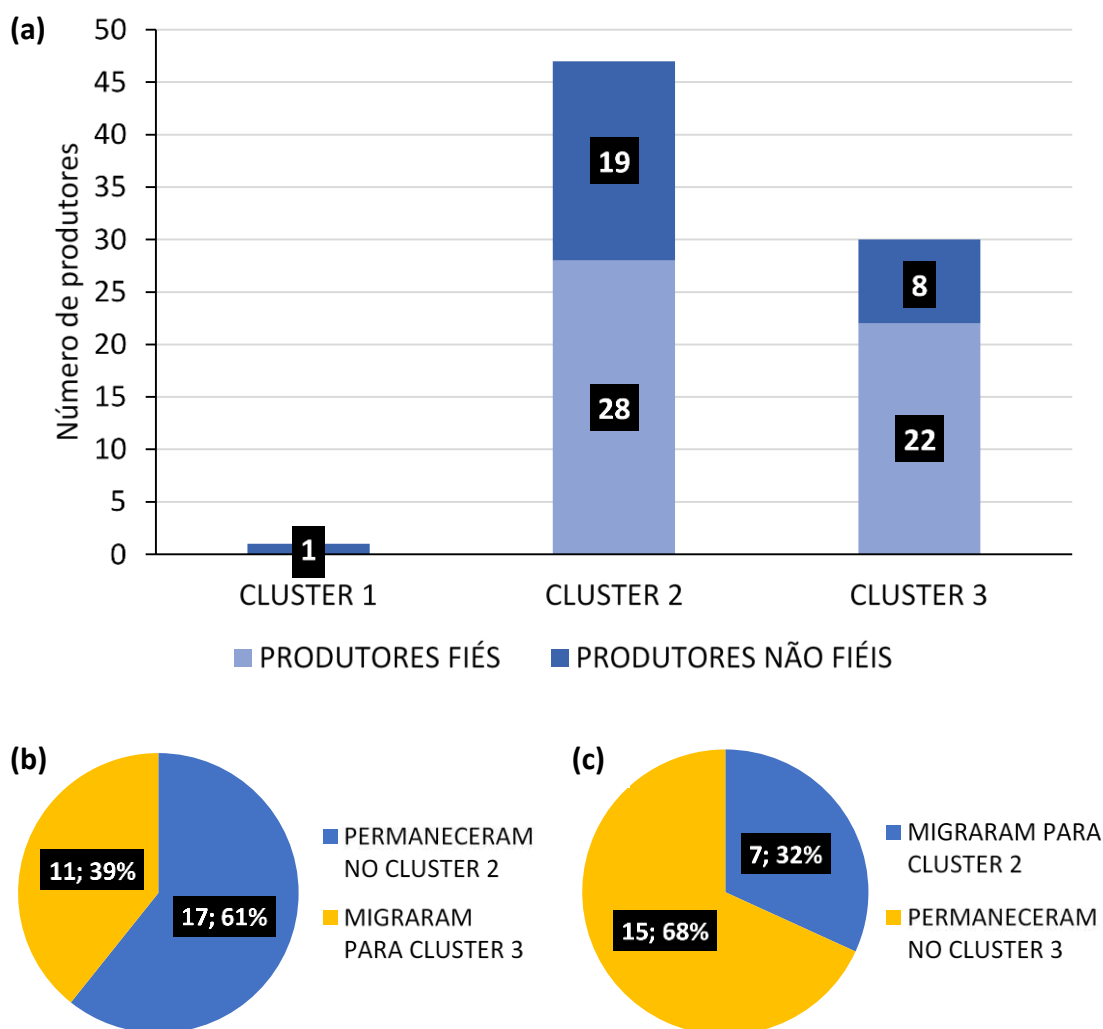


Figura 3.3. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de gordura, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 28 produtores pertencentes ao cluster 2 (b) e 22 produtores pertencentes ao cluster 3 (c)

Entre os anos de 2012 a 2017 houve um aumento no número de produtores do LCR ao laticínio (Figura 3.4), que levou a obter bons teores de gordura, porque a maioria desses novos produtores apresentaram médias intermediárias de 3,6% (cluster 2) e médias inferiores de 3,3% (cluster 1) (Tabela 3.4). Portanto, os novos produtores ajudaram a manter a boa qualidade, em relação à gordura, que foi alcançada pelos produtores fiéis desde o primeiro período.

Comparando as médias do teor de gordura pelo teste t ($\alpha= 0,05$), entre os produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram leite para o laticínio no período de 2006 a 2011 ($\mu=3,71$) e os produtores que forneceram leite para o laticínio no período de 2012 a 2017 ($\mu=3,61$),

não se observou diferença significativa, indicando que o aumento de produtores não levou a uma mudança significativa no teor de gordura do LCR fornecido para o laticínio.

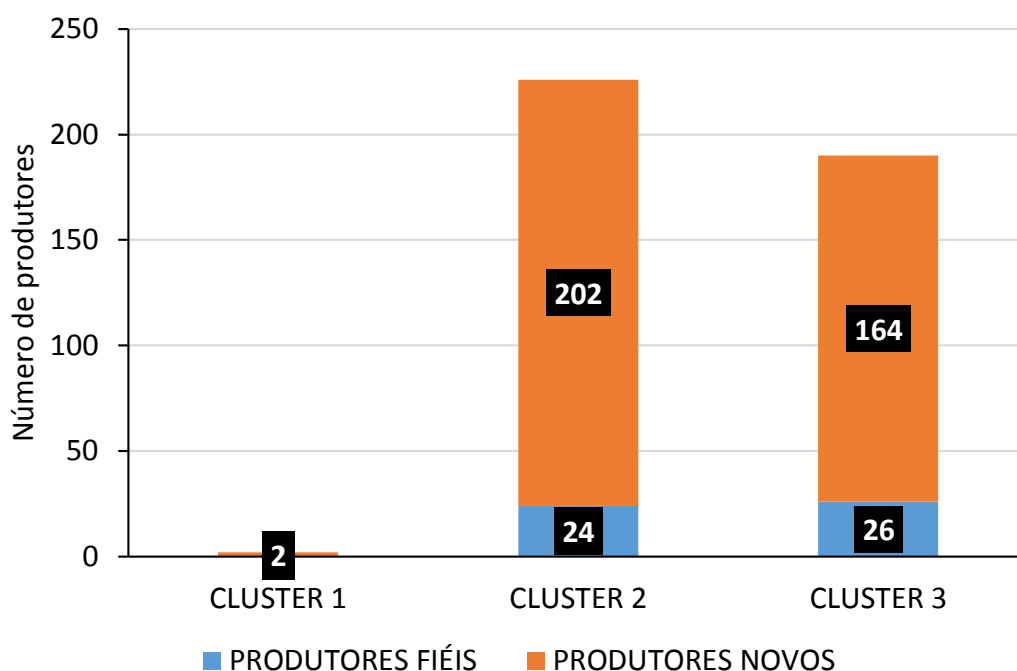


Figura 3.4. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de gordura, no período de 2012 a 2017

As médias de proteína no primeiro período, de 2006 a 2011, permitiram classificar os produtores em clusters (Figura 3.5.a). Ao comparar as médias de proteína pelo teste t ($\alpha=0,05$) entre os produtores fiéis ($\mu=3,22$) e os não fiéis ($\mu=3,21$), verificou-se que não houve diferença significativa de qualidade do LCR fornecido por esses produtores.

O número e porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos 3 clusters, no segundo período de 2012 a 2017, se encontra explicada nas Figuras 3.5.b, 3.5.c e 3.5.d. A fidelidade desses produtores ajudou a manter a qualidade proteica do LCR dos produtores no segundo período, já que a grande maioria destes permaneceu ou migrou para o cluster 2, cujas médias intermediárias apresentaram valores de 3,2%, em adequação com o mínimo de 2,9% exigido pela IN51, IN62 e a literatura (BRASIL, 2002, 2011; ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Ao comparar as médias do teor de proteína pelo teste t ($\alpha=0,05$) entre os produtores fiéis no período de 2006 a 2011 ($\mu=3,22$) e os mesmos produtores fiéis no período de

2012 a 2017 ($\mu=3,22$), verificou-se ausência de diferença significativa, indicando que a qualidade proteica do LCR dos produtores fiéis foi mantida ao longo dos anos.

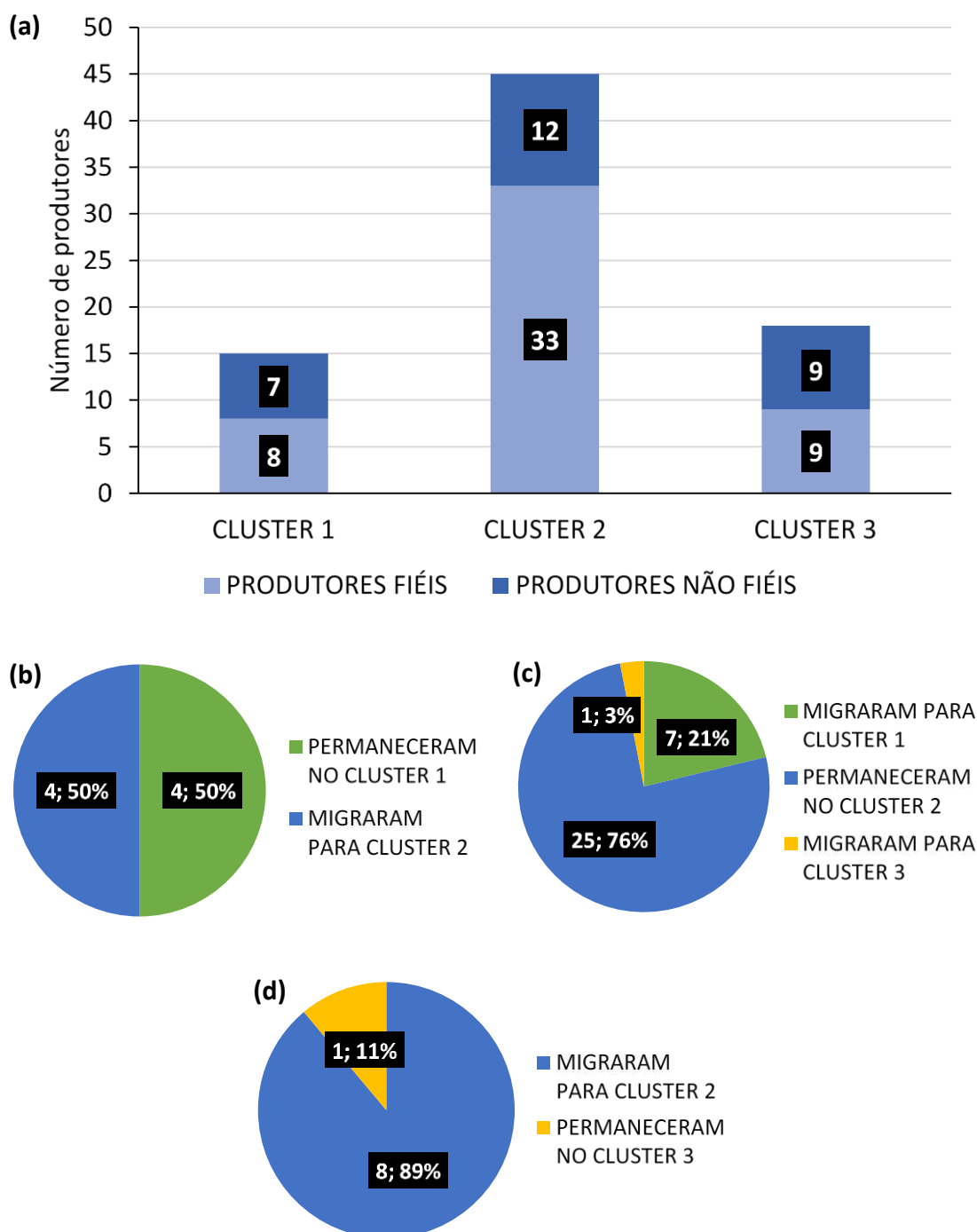


Figura 3.5. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de proteína, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 8 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 33 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 9 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)

No segundo período, de 2012 a 2017, houve um grande aumento do número de produtores fornecedores do LCR (Figura 3.6), sendo que 55% deles atingiram médias intermediárias de 3,2% (cluster 2) e 31% deles atingiram médias superiores de 3,4% (cluster 1) (Tabela 3.4). Portanto, a chegada de novos produtores ajudou a manter uma boa qualidade que era atingida desde o primeiro período, de 2006 a 2011.

Não foi encontrada diferença significativa na comparação de médias do teor de proteína, pelo teste t ($\alpha=0,05$), entre os produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram leite para o laticínio no período de 2006 a 2011 ($\mu=3,22$), e os produtores que forneceram leite para o laticínio no período de 2012 a 2017 ($\mu=3,21$); indicando que o aumento de produtores não levou a uma mudança no teor de proteína do LCR fornecido para o laticínio.

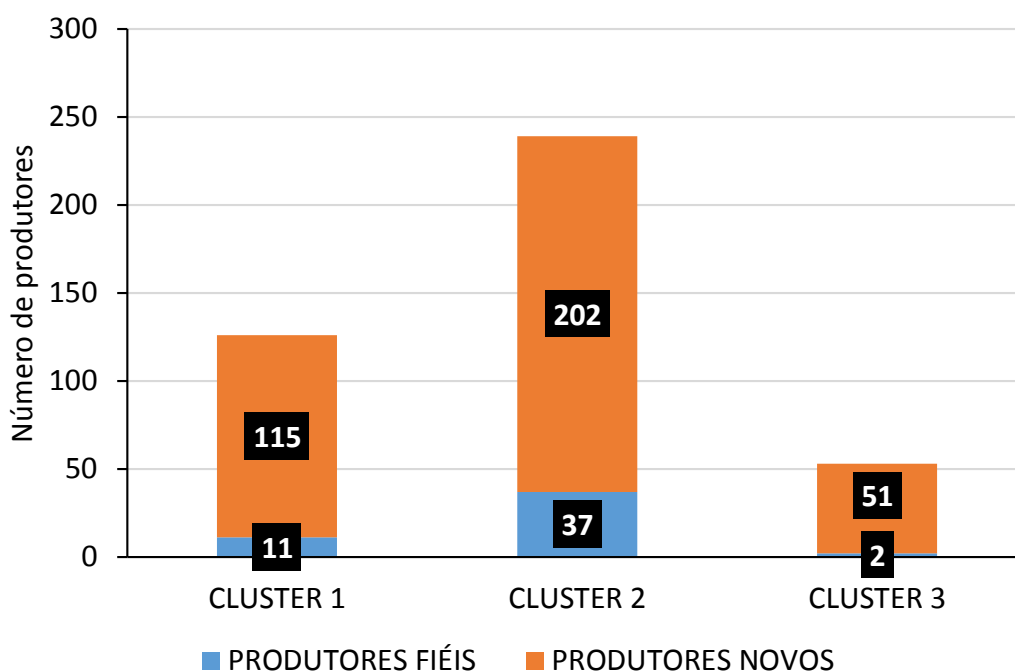


Figura 3.6. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de proteína, no período de 2012 a 2017

Em função das médias de lactose do LCR mediante análise de cluster, os produtores foram classificados em clusters (Figura 3.7.a). Comparando as médias de lactose pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis ($\mu=4,43$) e os não fiéis ($\mu=4,46$), não foi encontrada diferença significativa na qualidade em relação ao teor de lactose do LCR desses produtores.

No segundo período, de 2012 a 2017, o número e a porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos clusters, se encontra explicada nas Figuras 3.7.b, 3.7.c e 3.7.d. A fidelidade desses produtores não ajudou em manter a qualidade do LCR em relação ao teor de lactose, dado que a maioria dos produtores permaneceu ou migrou para o cluster 2, cujas médias intermediárias de 4,4% são um pouco inferiores que a faixa de 4,6 a 4,8% de lactose exigido pela literatura (FOX; MCSWEENEY, 2009; ROBINSON, 2005; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Não se observou diferença significativa na comparação de médias de lactose pelo teste t ($\alpha=5\%$), entre os produtores fiéis no período de 2006 a 2011 ($\mu=4,43$) e os mesmos produtores fiéis no período de 2012 a 2017 ($\mu=4,43$), indicando que a qualidade em relação ao teor de lactose do LCR dos produtores fiéis foi mantida ao longo dos anos.

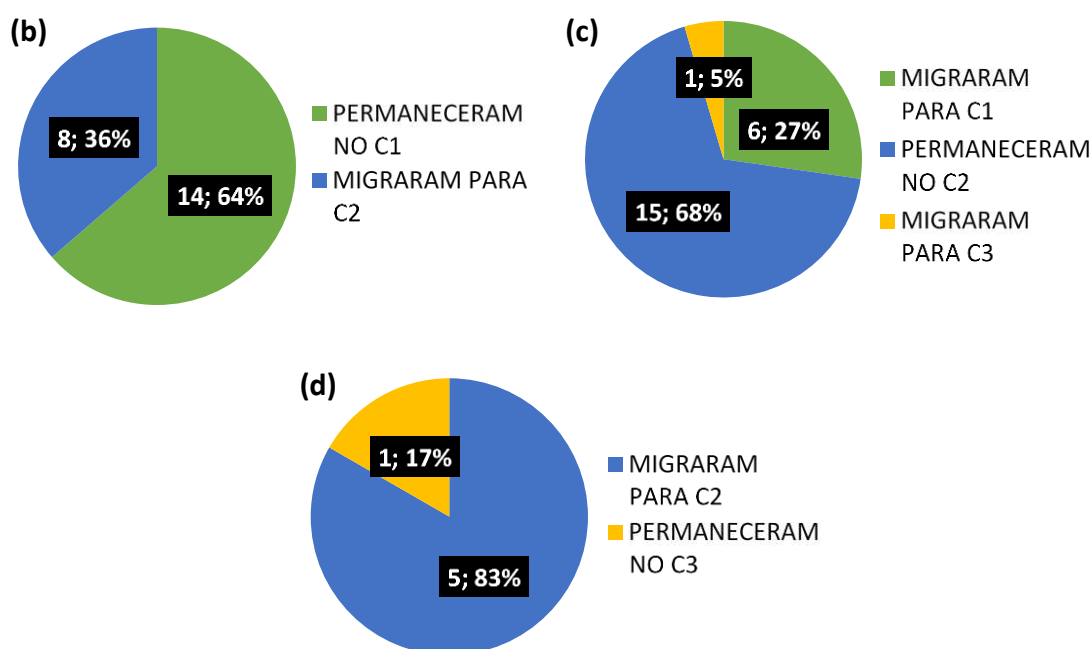
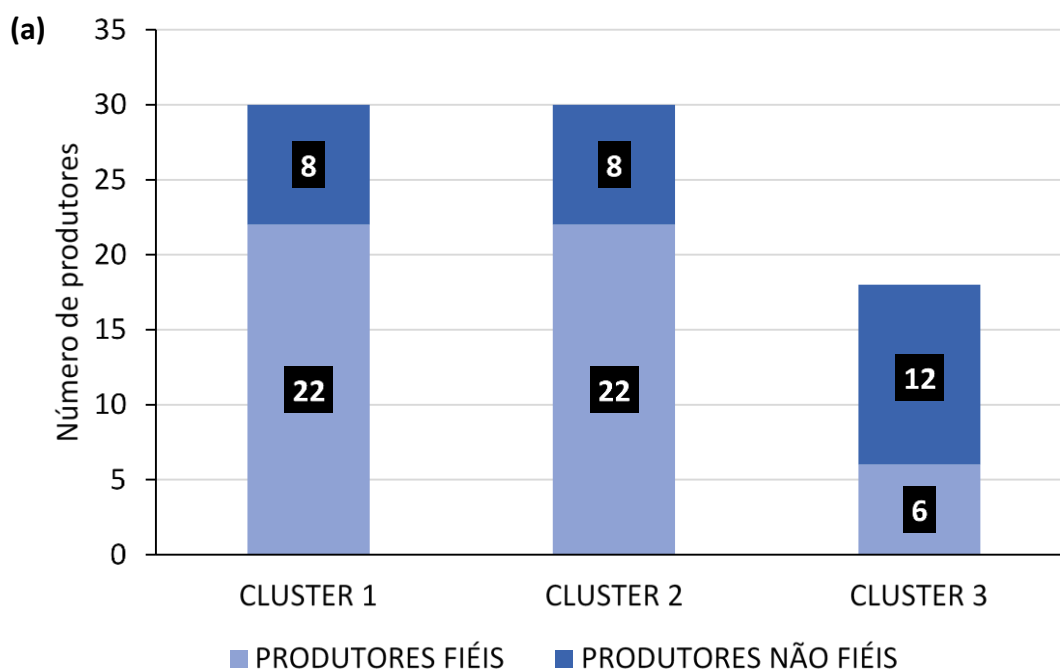


Figura 3.7. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de lactose, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 22 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 22 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 6 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)

Entre os anos de 2012 e 2017 houve aumento no número de produtores fornecedores do LCR (Figura 3.8), sendo que 51% dos novos produtores apresentaram médias de 4,6% de lactose (cluster 1) e 47% deles apresentaram médias de 4,4% de lactose (cluster 2)

(Tabela 3.4). Conclui-se então, que a chegada de novos produtores contribuiu para uma ligeira melhora da qualidade em relação ao teor de lactose no LCR, que ainda assim permaneceu menor que o valor de 4,8% exigido pela literatura.

Na comparação entre as médias do teor de lactose pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre todos os produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram LCR para o laticínio no primeiro período de 2006 a 2011 ($\mu=4,40$), e todos os produtores que forneceram LCR para o laticínio no segundo período de 2012 a 2017 ($\mu=4,46$), foi observada diferença significativa, indicando que a chegada dos novos produtores levou a uma mudança no teor de lactose do LCR fornecido.

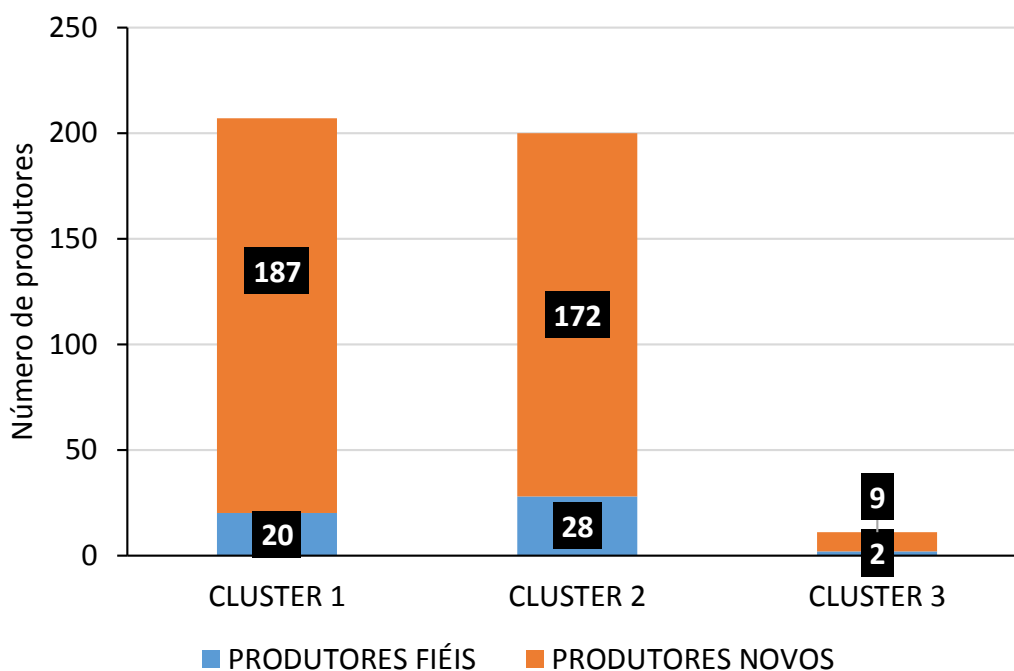


Figura 3.8. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias de lactose, no período de 2012 a 2017

As médias do extrato seco total (EST) do LCR serviram para classificar os produtores por clusters (Figura 3.9.a). Ao se comparar as médias do EST pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis ($\mu=12,13$) e os não fiéis ($\mu=12,20$), não houve diferença significativa na qualidade da porcentagem do EST do LCR entre esses dois grupos de produtores.

O número e a porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos clusters, no segundo período de 2012 a 2017, são explicados nas Figuras 3.9.b, 3.9.c

e 3.9.d. A maioria desses produtores permaneceu ou migrou para o cluster 2, cujas médias intermediárias apresentaram valores de 12,1%; portanto, a fidelidade desses produtores ajudou a melhorar a qualidade do LCR em relação ao EST, já que o exigido pela IN51, IN62 e pela literatura é de mínimo 11,4% (BRASIL, 2002, 2011).

Ao se comparar as médias pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis durante o período de 2006 a 2011 ($\mu=12,25$) e os mesmos produtores fiéis durante o período de 2012 a 2017 ($\mu=12,13$), não se observou diferença significativa, indicando que a qualidade em relação ao EST do LCR dos produtores fiéis foi mantida ao longo dos anos.

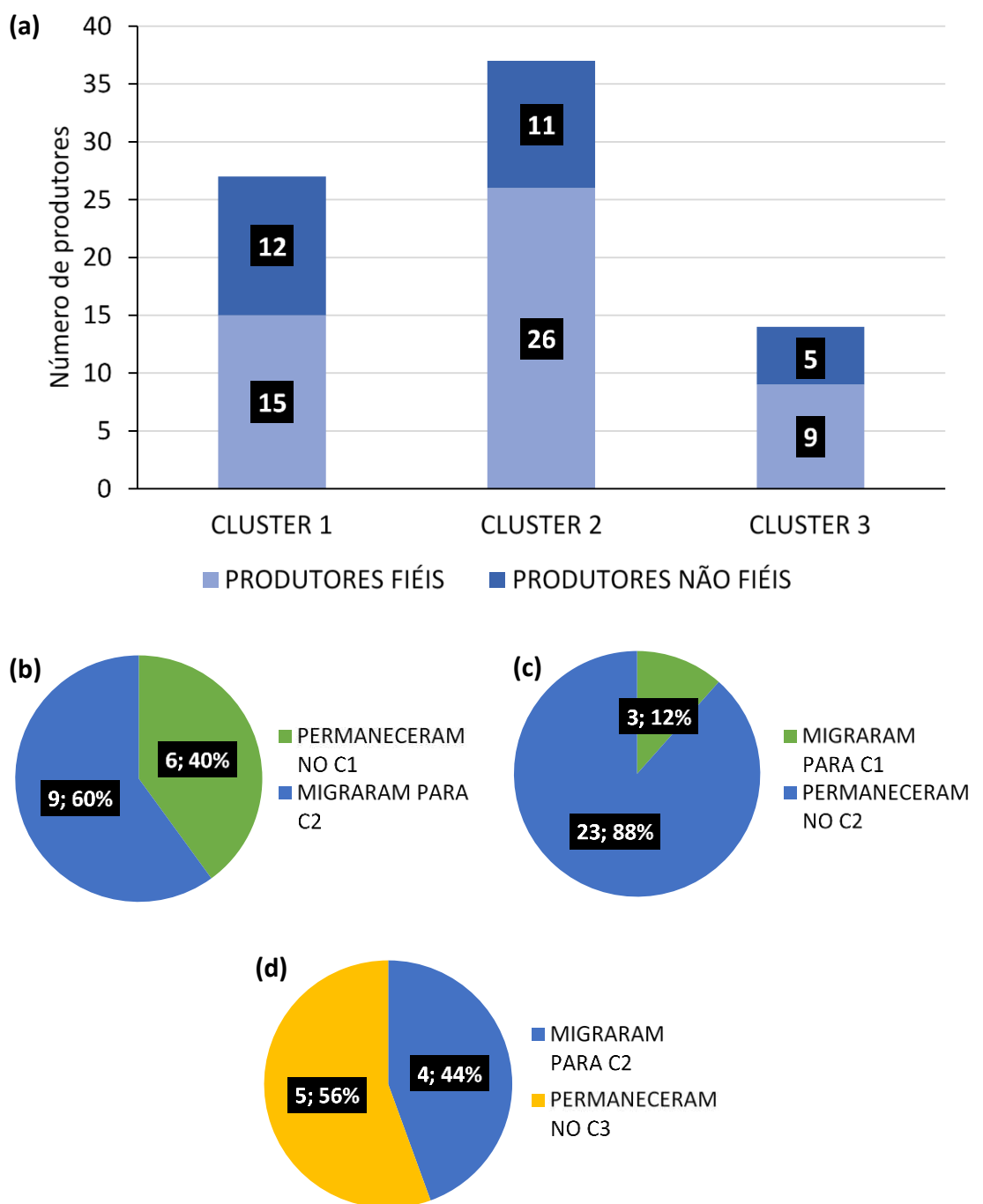


Figura 3.9. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco total, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 15 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 26 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 9 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)

No período de 2012 a 2017, houve aumento do número de produtores fornecedores do LCR (Figura 3.10), sendo que 52% desses novos produtores apresentaram médias intermediárias de 12,1% (cluster 2), enquanto 33% deles apresentaram médias inferiores

de 11,3% (cluster 1) (Tabela 3.4) sendo menores que o mínimo exigido pelas normas e pela literatura de 11,4%. Assim, em relação ao EST, a chegada de novos produtores ajudou a manter a qualidade intermediária do LCR, que no período de 2006 a 2011 já era intermediária também em sua maioria.

A ausência de diferença significativa ao se comparar as médias do EST pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre todos os produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram LCR para o laticínio no período de 2006 a 2011 ($\mu=12,27$), e todos os produtores que forneceram leite para o laticínio no período de 2012 a 2017 ($\mu=12,19$), indicou que o aumento de produtores não levou a uma mudança no EST do LCR fornecido para o laticínio.

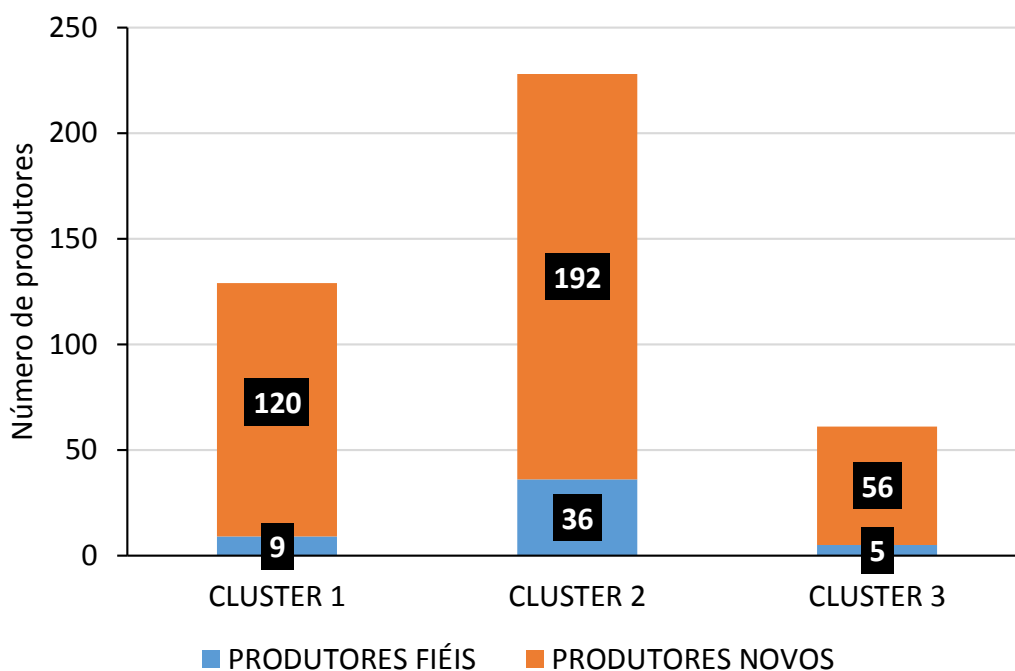


Figura 3.10. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco total, no período de 2012 a 2017

Na Figura 3.11.a pode-se observar o agrupamento dos produtores segundo a porcentagem de extrato seco desengordurado (ESD) do LCR. A ausência de diferença significativa, ao comparar as médias pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis ($\mu=8,56$) e os não fiéis ($\mu=8,59$), indica que a qualidade do LCR em relação ao ESD entre esses dois grupos de produtores foi igual.

No segundo período, de 2012 a 2017, o número e a porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos clusters, são explicados nas Figuras 3.11.b, 3.11.c e 3.11.d. A maioria desses produtores permaneceu ou migrou para o cluster 2, cujas médias intermediárias apresentaram valores de 8,4%, ou migrou para o cluster 1, cujas médias foram de 8,7%. Portanto, a fidelidade destes produtores ajudou a melhorar a qualidade do LCR em relação ao ESD, uma vez que o exigido pela IN51 e IN62 é de mínimo 8,4% (BRASIL, 2002, 2011).

Ao comparar as médias pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis do período de 2006 a 2011 ($\mu=8,58$) e os mesmos produtores no período de 2012 a 2017 ($\mu=8,56$), não foi encontrada diferença significativa, indicando que a qualidade do ESD no LCR dos produtores fiéis foi mantida ao longo dos anos.

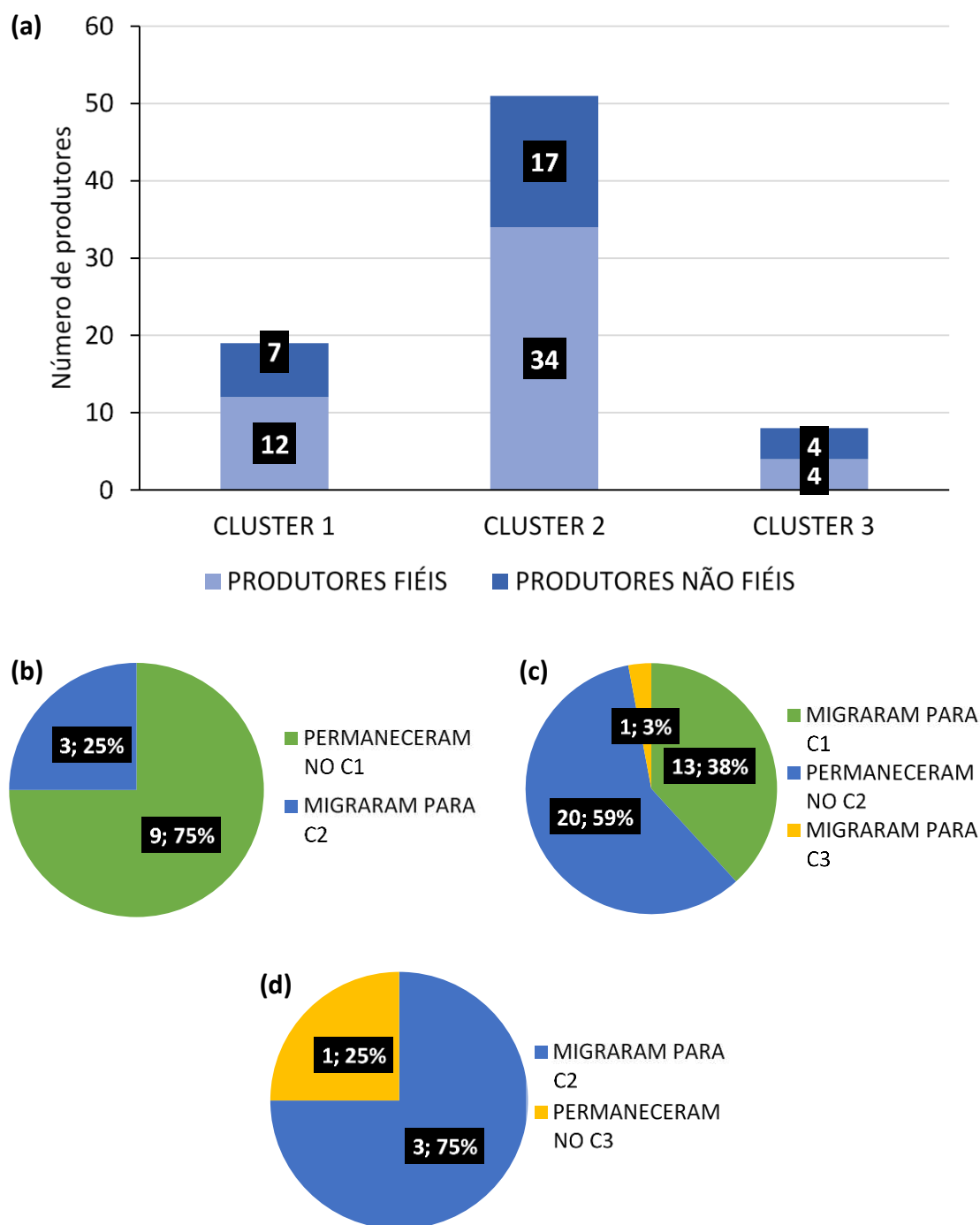


Figura 3.11. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco desengordurado, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 12 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 34 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 4 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)

Houve um aumento de novos produtores de LCR no período posterior, de 2012 a 2017 (Figura 3.12), sendo que 56% deles atingiram médias superiores de 8,7% (cluster 1) e

40% deles atingiram médias intermediárias de 8,4% (cluster 2) (Tabela 3.4). Dessa forma, a chegada dos novos produtores ajudou a melhorar a qualidade em relação ao ESD do LCR, passando de médias intermediárias (cluster 2) para médias superiores (cluster 1), sendo maiores do que o mínimo de 8,4% exigido pelas normas.

Ao se comparar as médias de ESD pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre todos os produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram leite para o laticínio no período de 2006 a 2011 ($\mu=8,57$), e todos os produtores que forneceram leite no período de 2012 a 2017 ($\mu=8,58$), verifica-se que não houve diferença significativa, indicando que o aumento de produtores não ocasionou mudança na porcentagem do ESD no LCR fornecido.

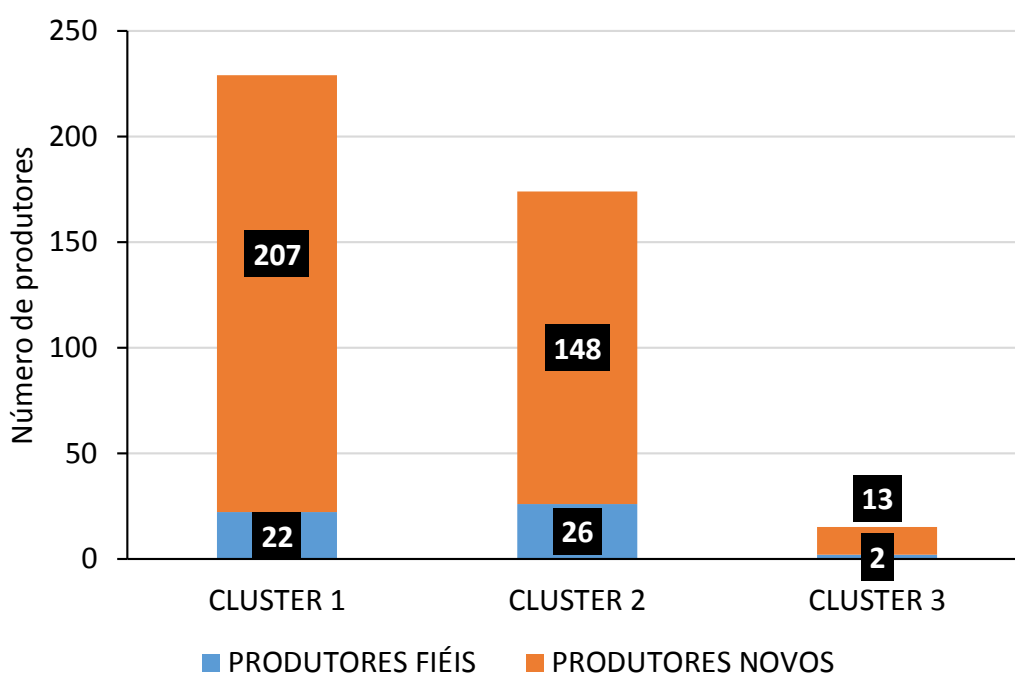


Figura 3.12. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias do extrato seco desengordurado, no período de 2012 a 2017

O resultado do agrupamento dos produtores em clusters, considerando as médias das contagens de células somáticas (CCS) do LCR, é representado na Figura 3.13.a. Ao se comparar as médias de CCS pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis ($\mu=5,68$) e os não fiéis ($\mu=5,57$), observou-se diferença significativa, indicando que a qualidade do LCR em relação ao CCS foi igual entre esses dois grupos de produtores.

O número e a porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos clusters no segundo período, de 2012 a 2017, são explicados nas Figuras 3.13.b, 3.13.c e 3.13.d. A maioria desses produtores permaneceu ou migrou para o cluster 2, cujas médias intermediárias apresentaram valores de 5,6 \log_{10} CS/mL, ou migraram para o cluster 1, cujas médias superiores foram de 5,9 \log_{10} CS/mL. Assim, a fidelidade desses produtores não ajudou a melhorar a qualidade do LCR em relação ao CCS, já que foram obtidos valores de CCS maiores que os exigidos pela IN51 e pela IN62 (BRASIL, 2002, 2011).

Houve diferença significativa na comparação de médias de CCS pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis durante o período de 2006 a 2011 ($\mu=5,77$) e os mesmos produtores fiéis no período de 2012 a 2017 ($\mu=5,68$), indicando que a qualidade do LCR em relação ao CCS dos produtores fiéis não foi mantida ao longo dos anos.

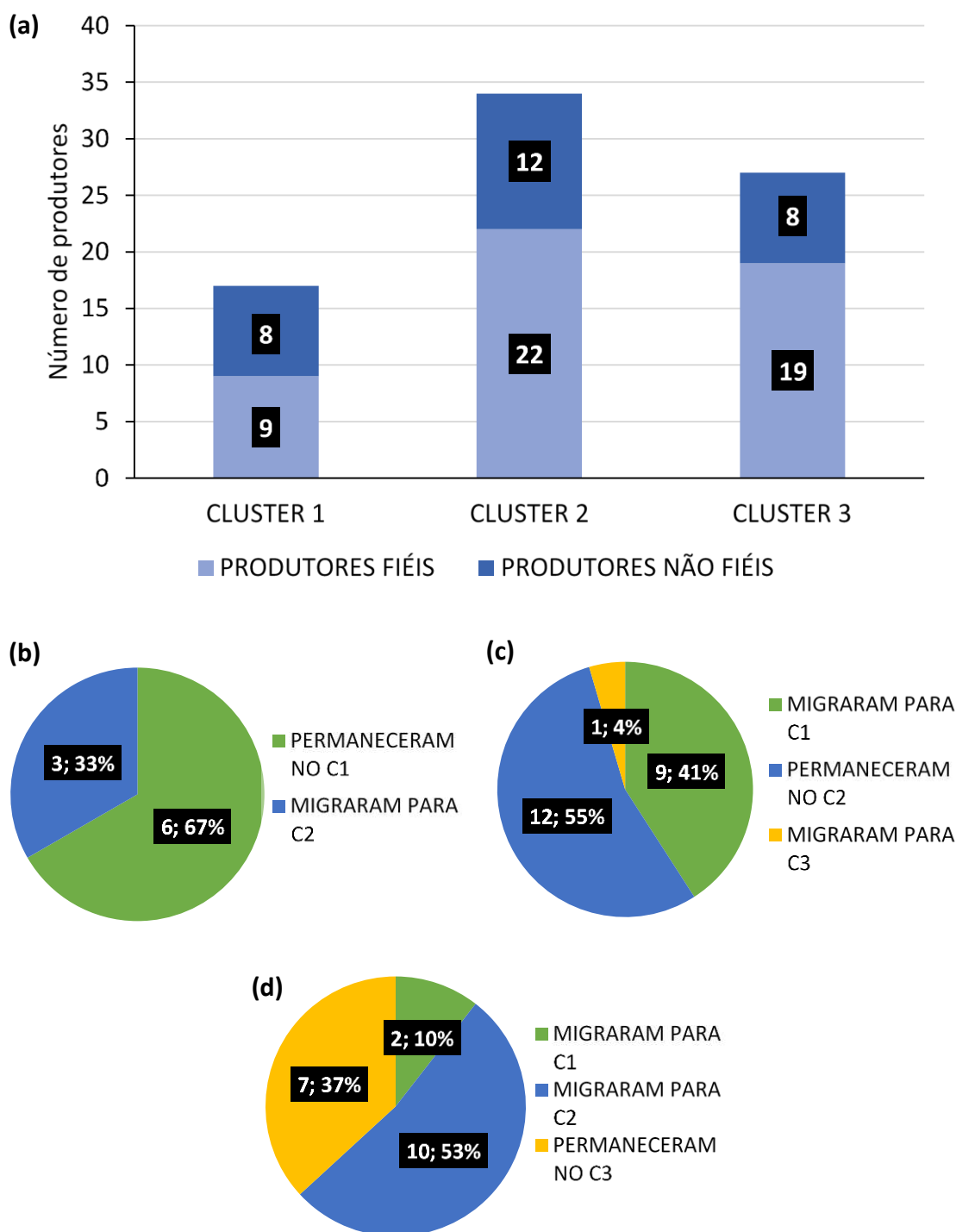


Figura 3.13. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem de células somáticas, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 9 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 22 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 19 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)

No período de 2012 a 2017, houve um aumento no número de produtores fornecedores do laticínio (Figura 3.14), sendo que 42% dos novos produtores

apresentaram médias intermediárias de 5,6 \log_{10} CS/mL (cluster 2) e 30% deles apresentaram médias inferiores de 5,2 \log_{10} CS/mL (cluster 3) (Tabela 3.4). Apesar de a maioria dos novos produtores terem ajudado a melhorar a qualidade do LCR em relação ao CCS, 29% deles atingiram as médias mais altas (cluster 1) junto com os produtores fiéis do cluster 1; assim, foi obtido um LCR de qualidade inferior com médias de CCS maiores que as exigidas pela IN51 e pela IN62.

Observou-se diferença significativa na comparação de médias de CCS pelo teste t ($\alpha=5\%$), entre os produtores fiéis e não fiéis que forneceram LCR para o laticínio no período de 2006 a 2011 ($\mu=5,79$) e todos os produtores que forneceram leite para o laticínio no período de 2012 a 2017 ($\mu=5,58$); indicando que o aumento de produtores levou a uma mudança na CCS do LCR fornecido para o laticínio.

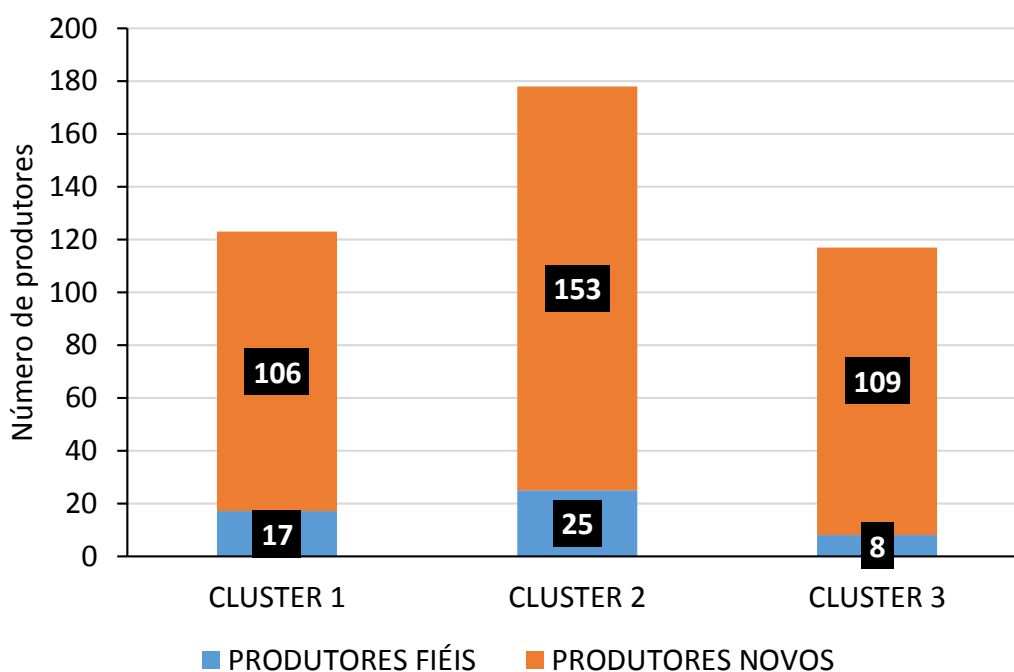


Figura 3.14. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem de células somáticas, no período de 2012 a 2017

O agrupamento dos produtores em função das médias das contagens de bactérias totais (CBT) no LCR é apresentado na Figura 3.15.a. A ausência de diferença significativa ao comparar as médias de CBT pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis ($\mu=5,78$) e

os não fiéis ($\mu=5,70$) indica que não houve diferença na qualidade do LCR em relação à CBT desses dois grupos de produtores.

Nas Figuras 3.15.b, 3.15.c e 3.15.d são apresentados o número e a porcentagem de migração ou permanência dos produtores fiéis dentro dos clusters no segundo período, de 2012 a 2017. Esses produtores, em sua maioria, permaneceram ou migraram para o cluster 2, cujas médias intermediárias apresentaram valores de $5,7 \log_{10}$ UFC/mL, ou para o cluster 1 cujas médias superiores foram de $6,2 \log_{10}$ UFC/mL. Assim, a fidelidade desses produtores não contribuiu para a melhoria da qualidade do LCR em relação à CBT, já que atingiram médias com valores superiores aos exigidos pela IN51 e pela IN62 (BRASIL, 2002, 2011).

A presença de diferença significativa na comparação de médias da CBT pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre os produtores fiéis do período de 2006 a 2011 ($\mu=5,99$), e os mesmos produtores fiéis do período de 2012 a 2017 ($\mu=5,78$), mostrou que a qualidade do LCR em relação à CBT dos produtores fiéis não foi mantida ao longo dos anos.

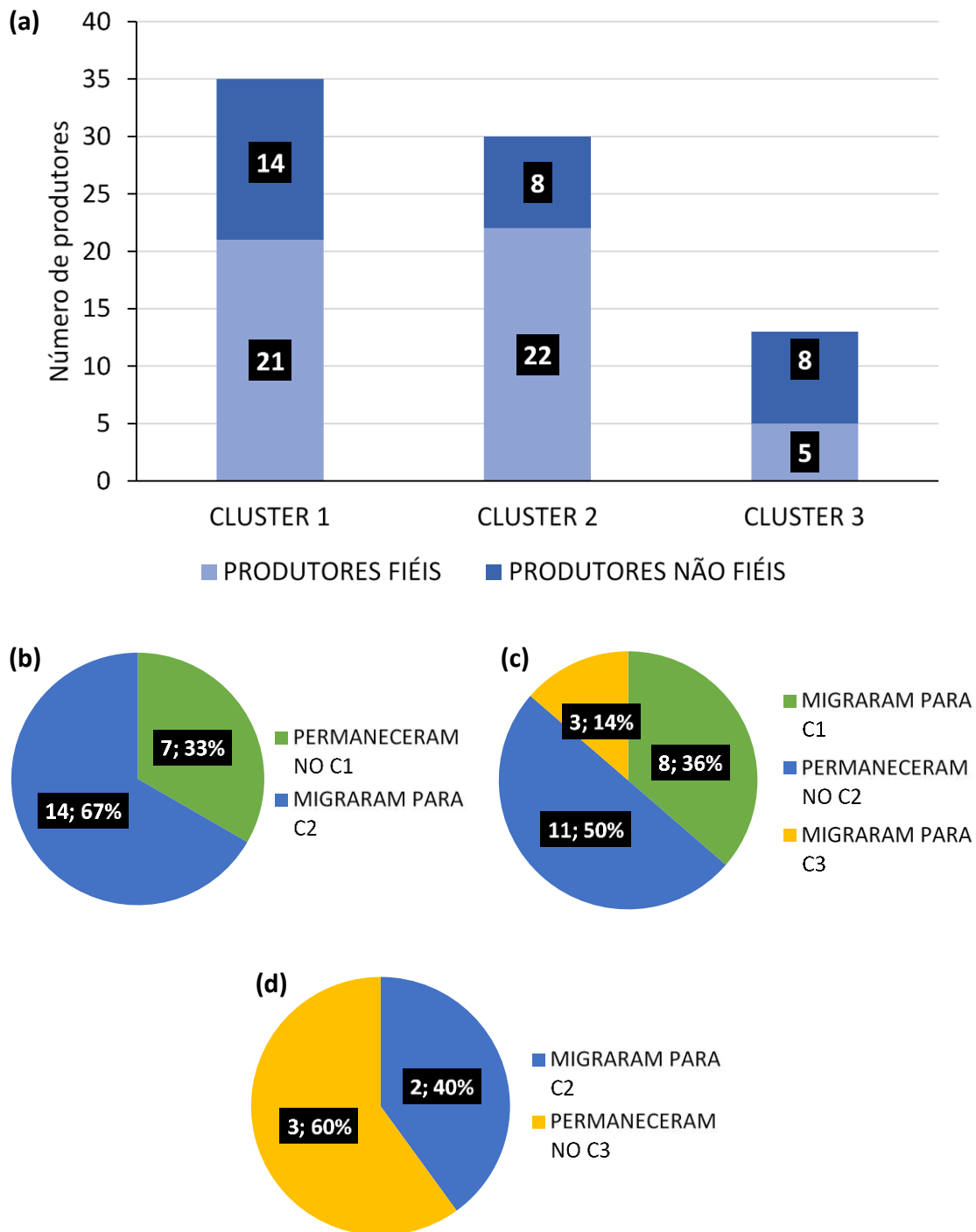


Figura 3.15. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem bacteriana total, no período de 2006 a 2011 (a). Número e porcentagem de permanência ou migração dos: 21 produtores pertencentes ao cluster 1 (b), 22 produtores pertencentes ao cluster 2 (c) e 5 produtores pertencentes ao cluster 3 (d)

A chegada de novos produtores no período de 2012 a 2017 (Figura 3.16) ocasionou uma redução na qualidade do LCR em relação à CBT, pois 42% destes produtores

atingiram médias intermediárias de 5,7 log₁₀ UFC/mL (cluster 2) e 30% deles apresentaram médias superiores de 6,2 log₁₀ UFC/mL (cluster 1) (Tabela 3.4), ultrapassando o nível exigido pela IN51 e pela IN62. Assim, apesar de 28% dos novos produtores terem apresentado qualidade melhor com médias inferiores de 5,2 log₁₀ UFC/mL (cluster 3), a chegada dos outros novos produtores não ajudou a melhorar a qualidade do LCR em relação à CBT. Pelo contrário, aumentou o número de produtores com qualidade intermediária e ruim.

Houve diferença significativa na comparação de médias da CBT pelo teste t ($\alpha=5\%$) entre todos os produtores (fiéis e não fiéis) que forneceram LCR para o laticínio no período de 2006 a 2011 ($\mu=5,96$), e todos os produtores que forneceram LCR para o laticínio no período de 2012 a 2017 ($\mu=5,71$). Portanto, o aumento do número de produtores levou a uma mudança na CBT do LCR fornecido para o laticínio.

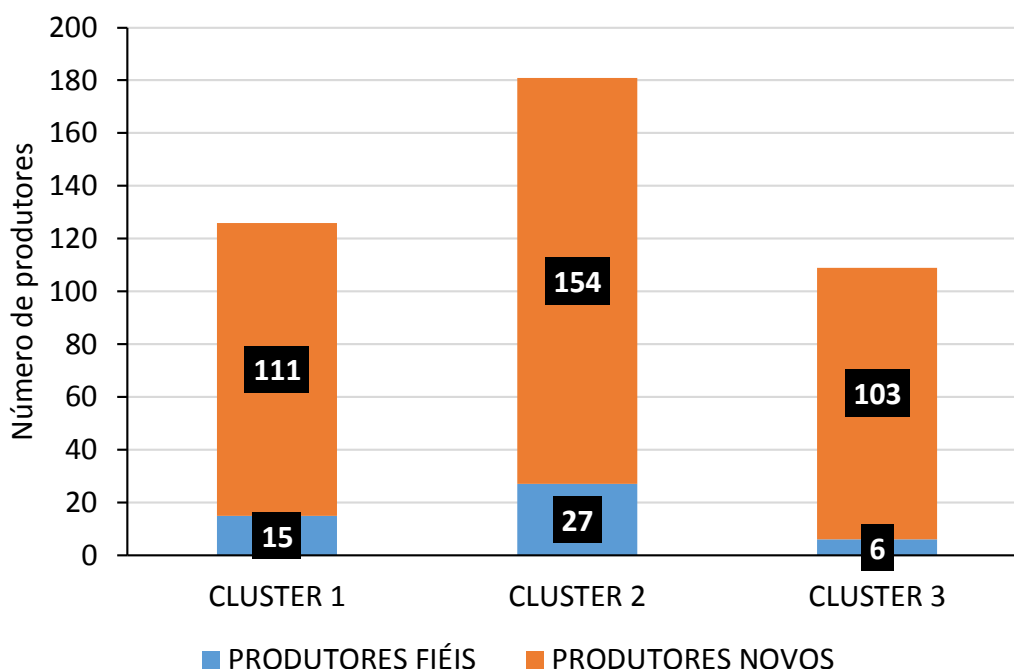


Figura 3.16. Número de produtores pertencentes a cada cluster resultante do agrupamento das médias da contagem bacteriana total, no período de 2012 a 2017

De maneira geral, pode-se concluir que os produtores fiéis contribuíram para a melhoria da qualidade do LCR, já que, em sua maioria, apresentaram médias adequadas dentro das exigências da IN51, IN62 e literatura. Outro resultado positivo, foi a

descontinuidade dos produtores não fiéis devido à má qualidade dos indicadores dos seus leites.

A pesar da boa qualidade do LCR dos produtores fiéis, sua contribuição foi pouco significativa na melhoria da qualidade do LCR de forma geral, em comparação com o número de novos produtores que começaram a fornecer leite ao laticínio no período de 2012 a 2017.

A chegada de novos produtores não resultou em melhoria significativa na qualidade do LCR fornecido ao laticínio a partir de 2012, pois, em sua maioria, os novos produtores apresentaram leites, em relação aos indicadores de qualidade, com valores médios fora das exigências da IN51, a IN62 e a literatura. Faz-se necessário que o laticínio estruture e desenvolva um programa de melhoria da qualidade do LCR dos seus produtores/fornecedores.

3.2 Fidelidade dos produtores de leite cru refrigerado

Os produtores que foram mais fiéis no fornecimento de LCR ao laticínio, ou seja, os mais amostrados no tempo, apresentaram maior homogeneidade (menor variabilidade) dos dados de qualidade do que aqueles não fiéis, ou seja, aqueles que não forneceram LCR ao laticínio por muito tempo. Esses resultados podem ser observados na Figura 3.17.

Por outro lado, a análise de regressão ao nível de 5% de significância, indicou que não houve uma relação significativa entre o número de vezes que todos os produtores foram amostrados e as médias dos mesmos produtores para os indicadores de qualidade do LCR (temperatura, gordura, proteína, lactose, EST, ESD, CCS e CBT).

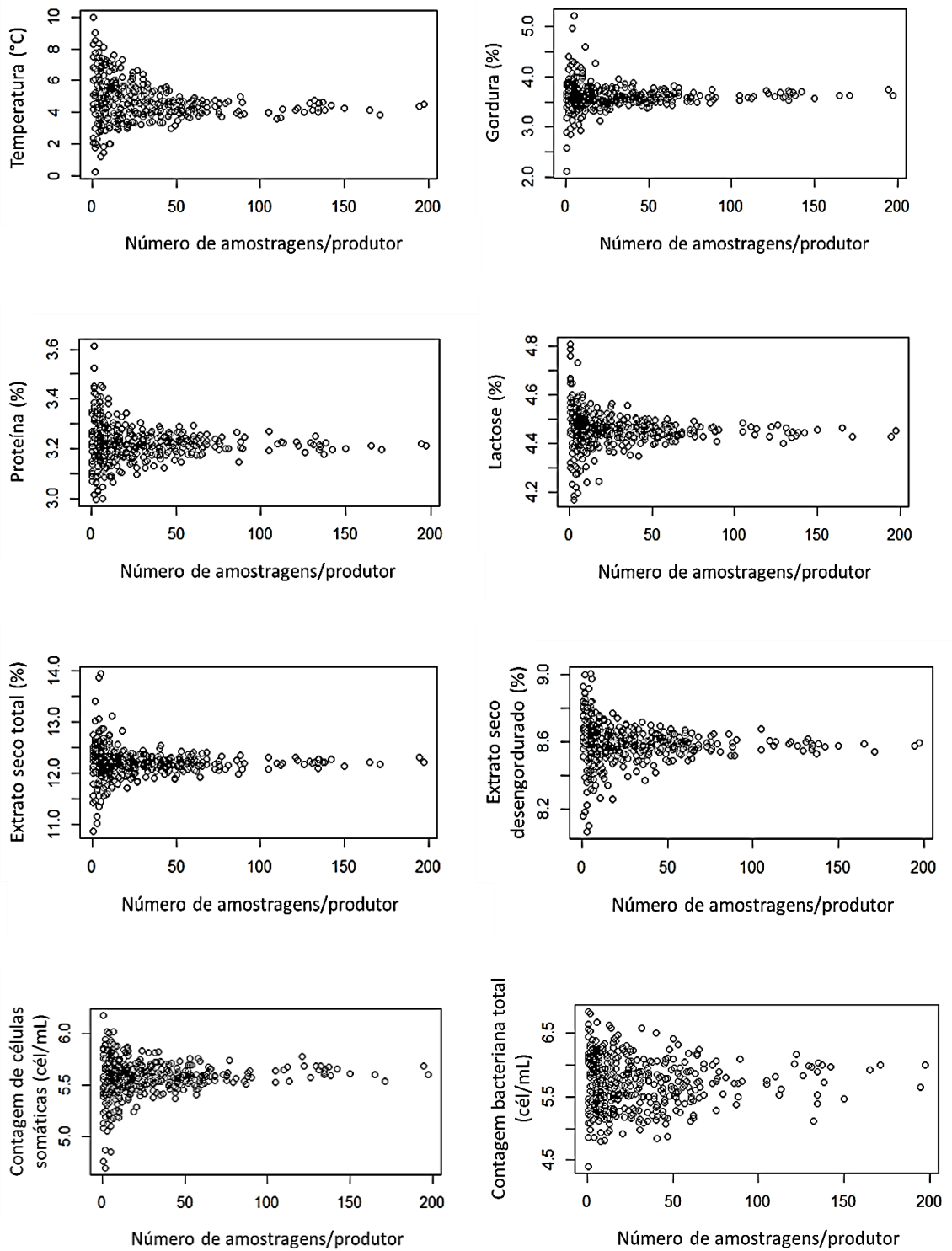


Figura 3.17. Fidelidade dos produtores para cada indicador de qualidade do leite cru refrigerado, no período de 2006 a 2017

4. CONCLUSÕES

A análise de cluster foi o método mais adequado para agrupar os produtores segundo os indicadores de qualidade do leite cru refrigerado produzido: cluster 1 - valores superiores, cluster 2 - valores intermediários, cluster 3 - valores inferiores.

Os produtores fiéis que forneceram leite cru refrigerado ao laticínio de 2006 a 2017, não contribuíram significativamente para a qualidade do leite, apesar da boa qualidade de seus indicadores, já que foram muito menores em número de participação em comparação com a quantidade de produtores novos.

Considerando todos os produtores que forneceram leite cru refrigerado no laticínio, verificou-se que a maioria deles atingiu valores dentro das exigências para todos os indicadores de qualidade do leite, exceto para o caso da temperatura, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total.

O aumento de produtores/fornecedores entre 2012 e 2017 não levou a uma melhora significativa da qualidade do leite cru refrigerado no laticínio. Na maioria dos casos, a qualidade do leite nesse período foi igual ou pior do que a dos produtores fiéis no período de 2006 a 2011.

O método de análise de fidelidade dos produtores foi adequado, permitindo determinar que os produtores fiéis apresentaram maior homogeneidade nos valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado ao longo do tempo, do que os produtores não fiéis.

O laticínio avaliado deveria possuir políticas mais exigentes de qualidade do leite cru refrigerado que recebe, com foco nos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado: temperatura, gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Instrução Normativa Nº 51, de 18 de Setembro de 2002. Aprova regulamentos técnico de produção, identidade e qualidade do leite... **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 20 set., 2002. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 62, de 29 de Dezembro de 2011. Alterar a Instrução Normativa MAPA nº 51, de 18 de setembro de 2002... **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 30 dez., 2011. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=6&data=30/12/2011>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

CARVALHO, Glauco Rodrigues. Circular Técnica 102: A Indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro. **EMBRAPA, Gado de Leite**, Juiz de Fora, MG., v. Dezembro, p. 12, 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/870411/1/CT102.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

EMBRAPA; INTELACTUS. Indicadores. Leite e derivados. Juiz de Fora, MG., v. 8, n. 71, p. 19, 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1081036/1/Cnppl2017IindicadoresLeite71.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

FAO. FAO Statistical Pocketbook 2015: World food and agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, Italy, p. 236, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

FAO RAP. FAO STATISTICAL YEARBOOK 2014. Asia and the Pacific food and agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific**, Bangkok, p. 195, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3590e.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

FAO RLC. FAO STATISTICAL YEARBOOK 2014. Latin America and the Caribbean food and agriculture. **nited Nations Regional Office for the Latin America and the Caribbean**, Santiago de Chile, p. 199, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/019/i3592e/i3592e.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

FOX, Patrik F.; MCSWEENEY, Paul. **Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids**. 3rd. ed. New York, NY: Springer, 2006.

FOX, Patrik F.; MCSWEENEY, Paul. **Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents**. 3rd. ed. New York, NY.: Springer, 2009.

HAIR JR., Joseph F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6th. ed. Porto Alegre, RS.: Bookman, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023. Projeções de longo prazo. Brasília, DF., p. 96, 2013. Disponível em: <http://globaltrends.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/03/Projeções-do-Agronegócio-Brasil-2012_2013-a-2022_2023-

Portugues.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2018.

ROBINSON, Richard Kenneth. **Dairy microbiology handbook**. 3rd. ed. New York, NY.: Wiley-Interscience, 2005.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz et al. Circular técnica 104: O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial. **EMBRAPA, Gado de Leite**, Juiz de Fora, MG., p. 12, 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/gado-de-leite/busca-de-publicacoes/-/publicacao/886169/o-mercado-lacteo-brasileiro-no-contexto-mundial>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal 2016. Tabela 74: Produção de origem animal, por tipo de produto**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas>>. Acesso em: 9 abr. 2018.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à Estatística**. 12. ed. Rio de Janeiro, RJ.: LTC, 2012.

WALSTRA, Pieter.; WOUTERS, Jan T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2nd. ed. New York, NY.: CRC/Taylor & Francis, 2006.

CONCLUSÕES GERAIS

No período de vigência da Instrução Normativa nº 51/2002, entre 2006 e 2011, o laticínio recebeu leites com os melhores valores dos indicadores de qualidade do leite cru refrigerado (LCR).

Temperatura, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total foram os indicadores de qualidade do LCR cujas médias não atingiram as exigências legais, além de terem apresentado alta variabilidade.

Os comportamentos anuais e mensais, entre 2006 e 2017, dos indicadores de qualidade do LCR não apresentaram tendência de alteração ao longo do tempo.

A queda na qualidade do LCR pode ter sido devida ao fato de que as Instruções Normativas nº 51 e nº 62 confundiram os produtores ao mudar, em um curto período de tempo, os valores exigidos de contagem de células somáticas e contagem bacteriana total, em mais de uma ocasião.

Os produtores foram agrupados em três clusters, segundo as médias dos valores dos indicadores de qualidade do LCR que produziam: cluster 1 - valores superiores, cluster 2 - valores intermediários, cluster 3 - valores inferiores.

Os produtores fiéis não contribuíram significativamente para a qualidade geral, a pesar dos seus bons indicadores de qualidade do LCR, devido ao menor número de participação em comparação com os novos produtores.

Todos os produtores avaliados de 2006 a 2017, em sua maioria, apresentaram valores dentro das exigências legais para quase todos os indicadores de qualidade, exceto para temperatura, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total.

O aumento de produtores não levou a uma melhoria da qualidade do LCR fornecido ao laticínio após o ano de 2012, sendo os indicadores de qualidade do LCR, em muitos casos, iguais ou piores do que o estado no qual se encontravam no início, com os antigos produtores fiéis.

Os produtores fiéis apresentaram maior homogeneidade nos valores dos indicadores de qualidade do LCR ao longo do tempo, do que os produtores não fiéis.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que o laticínio avaliado e seus fornecedores melhorem as condições de higiene das áreas de ordenha, armazenamento e transporte do leite, assegurando-se que o mesmo seja refrigerado a 4 °C imediatamente após a ordenha, e que este provenha de vacas sadias e sem indícios de mastite.

Também é recomendado que as exigências sobre a qualidade do leite cru refrigerado (temperatura, gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total) a serem cumpridas pelos novos produtores para serem fornecedores do laticínio, sejam mais rigorosas e que continuem sendo monitoradas no tempo.