

A implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de laticínios

The implementation of statistical process control in a dairy company

LÍLIA EDUARDA CORRÊA BRAGA

Discente do curso de Engenharia Química - UNIPAM
E-mail: liliaeduarda@unipam.edu.br

RENATA NEPOMUCENO DA CUNHA

Professora orientadora - UNIPAM
E-mail: renatanepc@unipam.edu.br

Resumo: As ferramentas que correlacionam os dados provenientes das análises de qualidade têm contribuído para a melhoria contínua nas indústrias. Nos laticínios, essas informações determinam se o leite coletado pode ser utilizado no desenvolvimento de novos produtos, ou seja, se atende os parâmetros desejados para consumo. Destaca-se, nesse âmbito, o controle estatístico de processos, que tem como objetivo prevenir defeitos e erros na produção de forma versátil e eficaz, por meio das cartas de controle. No presente estudo, foram avaliados oito parâmetros definidores da qualidade do leite, físico-químicos e microbiológicos. A partir de análises estatísticas, foram definidos os limites das cartas de controle, por meio das quais foi possível verificar as outliers. O uso do software Power BI do excell iterativo permitirá à empresa uma maior interação entre o usuário e o controle do processo.

Palavras-chave: Controle de processos. Laticínios. Cartas de Controle. Qualidade. Leite.

Abstract: Tools that correlate data from quality analyses have contributed to continuous improvement in dairy industries. In dairy products, this information determines if the milk collected can be used in the development of new products, that is, if it meets the desired parameters for consumption. In this context, statistical process control stands out, which aims to prevent defects and errors in production in a versatile and effective way using control charts. In the present study, eight defining parameters of milk quality, physicochemical and microbiological, were evaluated. Based on statistical analyses, the limits of the control charts were defined, utilizing which it was possible to verify the outliers. The excel iterative Power BI software will allow the company a better interaction between the user and the process control.

Keywords: Process control. Dairy. Control Cards. Quality. Milk.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de qualquer matéria-prima utilizada na fabricação de produtos lácteos é fundamental para o aumento da produtividade, tempo de prateleira e minimização de custos e perdas (TAKAHASHI, 2011). No processo de industrialização do leite e seus derivados, a qualidade, além de contribuir para o rendimento industrial, determina o preço a ser pago pelo leite cru aos produtores (TAKAHASHI *et al.*, 2012).

O leite brasileiro se destaca na produção mundial, pois o Brasil está entre os três maiores produtores de leite do mundo (FAO, 2019) – é uma das principais atividades agroindustriais e é produzido em todo âmbito nacional. Dessa forma, a avaliação da qualidade do leite é essencial para que esse sucesso seja alcançado. Para que isso ocorra, o leite deve possuir em sua composição características organolépticas, físico-químicas e sensoriais, como odor, sabor e coloração e não apresentar agentes patogênicos que poderão contaminar o leite, baixa contagem de células somáticas (CCS), reduzida contagem bacteriana total (CBT), de modo a atender os parâmetros exigidos pela legislação (TAKAHASHI, 2011).

Ressalta-se, nesse âmbito, o órgão regulamentador da produção leiteira, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em sua Instrução Normativa n. 62, publicada em dezembro de 2012, que estabelece os critérios para se produzir os diferentes tipos de leite, os parâmetros de qualidade que devem ser observados e como deve ser feita a coleta e o transporte (JAMAS *et al.*, 2018). A qualidade do leite é definida por parâmetros de composição química, características físico-químicas e higiene. Dentre os parâmetros físico-químicos, destacam-se os teores de proteína, gordura, lactose, sais minerais e vitaminas.

Já as exigências de higiene para o leite cru e derivados lácteos são definidas com base nas legislações estabelecidas para a proteção da saúde humana e preservação das propriedades nutritivas desses alimentos. Durante o processo de industrialização, destacam-se, como aspectos higiênico-sanitários, a contagem bacteriana total (CBT) e a contagem de células somáticas (CCS), pois são elas que influenciam o rendimento e o tempo de prateleira dos produtos a serem fabricados (TAKAHASHI *et al.*, 2012). O CBT representa a quantidade de bactérias e microrganismos que uma amostra de leite contém, avaliando quais as condições higiênicas e de refrigeração que possui (JAMAS *et al.*, 2018; BRITO & BRITO, 2004). Já o CCS define o grau de infecção da glândula mamária, ou seja, indica a saúde do tecido ao se renovar (RANGEL *et al.*, 2009) e o número de células brancas, que são resultado do fluxo sanguíneo das vacas (TAKAHASHI, 2011).

Portanto, o monitoramento do CCS e CBT deve ser feito constantemente, assim como já acontece em países como os Estados Unidos e Canadá (TAKAHASHI *et al.*, 2012). No Brasil, algumas indústrias bonificam seus produtores a partir da qualidade do leite coletado; nesse contexto, seria de grande relevância o uso de programas que facilitem o monitoramento periódico do leite produzido e que contribuam para a melhoria contínua. Para que isso ocorra, é necessário que se tenha conhecimento a respeito dos problemas que afetam a qualidade do leite, que podem ser devido à época do ano, idade dos animais, tamanho do rebanho, temperatura e tempo de armazenamento ou até mesmo a higiene na ordenha, dentre outros (TAKAHASHI *et al.*, 2012).

O controle estatístico de processo (CEP) é uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas que visa auxiliar no controle eficaz da qualidade. O CEP tem como característica principal o controle de processos, com enfoque na prevenção de defeitos ou erros dentro da produção, tendo em vista o conceito de que “É mais fácil e barato fazer certo na primeira vez do que depender de seleção e do retrabalho de itens que não sejam perfeitos (RAMOS, 1997). Assim, quando houver o surgimento de algum

problema durante o processo, deve-se procurar a causa resultante ao defeito e não o efeito que este erro teve (RAMOS, 1997). Dessa forma, compreende-se também que esse método não garante a inexistência nem a solução de todos os problemas, mas tem a capacidade de determinar, de forma organizada, onde existem e de procurar formas de resolvê-los (LIMA *et al.*, 2006).

O objetivo principal desta pesquisa é realizar o controle estatístico de processos em uma empresa do ramo lácteo, com intuito de garantir a qualidade. Nesse contexto, pretende-se avaliar: (i) a normalidade e os desvios padrões dos dados; (ii) os gráficos de controle e identificação das flutuações dos parâmetros de processo; (iii) a capacidade e performance do processo e (iv) o desenvolvimento de um dashboard no software Power BI, com visualizações interativas das variáveis de processo, para análise e tomada de decisão.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 O LEITE

O leite é um produto de elevado valor nutritivo, fonte de carboidratos, lipídios, minerais, proteínas e vitaminas, sendo essencial para o desenvolvimento humano (VENTURINI *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 1995). O leite cru pode ser classificado em A, B ou C. Basicamente, o que diferencia os tipos de leite diz respeito ao controle sanitário do rebanho, aos padrões de higiene da produção, à população microbológica do leite, entre outros.

Segundo Venturini *et al.* (2007), o leite tipo A possui reduzida quantidade de microrganismos, pois é pasteurizado e embalado na fazenda na qual foi feita a ordenha. Ressalta-se que o leite tipo B possui, também, uma pequena proporção de microrganismos, porém é transportado para a indústria para que seja pasteurizado e embalado. Já o leite tipo C possui a maior quantidade de microrganismos, porém é o tipo que possui menos gordura, sendo pasteurizado e embalado na indústria.

2.2 PARÂMETROS DA QUALIDADE DO LEITE

O mercado consumidor e a legislação vigente definem a qualidade do leite por meio de parâmetros de composição química, físico-química e higiene (BRITO *et al.*, 1998). Nesse contexto, são determinados como parâmetros físico-químicos e de higiene: sólidos totais, proteínas, gordura, lactose, contagem de células somáticas, contagem bacteriana total e extrato seco total. Contudo, esses fatores podem ser influenciados pela estação do ano, alimentação ou raça do animal, manejo, período de lactação e até mesmo estresse (BRITO *et al.*, 1998).

A análise da quantidade de células somáticas (CCS) monitora a saúde da glândula mamária, incluindo a quantidade de gordura, proteína e sólidos totais, além de ser um indicador da mastite (SILVA *et al.*, 2018a). Já a contagem bacteriana total (CBT) avalia os procedimentos realizados na ordenha e o armazenamento dentro da propriedade e determina o rendimento e a segurança do leite durante os processos industriais (BUENO *et al.*, 2008).

No Brasil, o órgão regulamentador da qualidade da produção de leite é o responsável pelo monitoramento mensal das fazendas produtoras de leite das indústrias de laticínios, a fim de controlar, também, a qualidade dos produtos derivados do leite. Além disso, através dessa fiscalização, algumas indústrias bonificam seus produtores de acordo com a qualidade do leite fornecido, a fim de motivá-los a cuidar de seus animais e do leite produzido.

2.3 O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO LEITE

O processo industrial do leite pode ser dividido nas seguintes etapas (SILVA, 2018b):

- a) Recepção: recebimento do leite coletado nas fazendas dos produtores, além da realização dos testes físicos e químicos que controlam a qualidade do produto, antes que armazenado nos tanques;
- b) Processamento: procedimentos que visam à qualidade e à segurança do produto; um exemplo é a pasteurização;
- c) Elaboração dos produtos: fabricação dos derivados do leite; cada produto tem os processos e equipamentos adequados, de acordo com suas necessidades. Os principais maquinários utilizados são tanques, tubulações, homogeneizadores, secadores, bancadas, formas, dentre outros;
- d) Embalagem: processo em que os produtos são embalados de acordo com suas características, a fim de conservar e comercializar o produto;
- e) Operações auxiliares: processos ligados indiretamente na fabricação dos produtos, como limpeza e esterilização de maquinários, dentre outros.

2.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

O controle estatístico do processo é uma metodologia que visa melhorar a qualidade de vários tipos de processo. Por mais que esse método não garanta a ausência de falhas e a solução de todos os problemas, consegue apontar detalhadamente a variabilidade da qualidade do produto. A apresentação contínua dos dados contribui para a determinação e o apontamento dos erros (LIMA *et al.*, 2006). No Brasil, as indústrias vêm implantando cada vez mais este sistema, pois possui sua versatilidade e precisão comprovada (RAMOS, 1997).

O CEP visa melhorar a produção, diminuindo a variabilidade e melhorando os produtos finais (LIMA *et al.*, 2006). As mudanças que tendem a ser realizadas acontecem durante o processo, a fim de evitar defeitos e perdas do produto final. A ferramenta depende restritamente de análises das informações que são coletadas e da estatística através das cartas de controle. Além disso, existe ainda um parâmetro muito utilizado pelo CEP, conhecido por estudos da capacidade que possui, com o intuito de verificar se o processo, além de estável, atende ao que é especificado pela engenharia do produto, sendo calculado através do índice de Cp ou pelo índice de Cpk (RAMOS, 1997). Ainda segundo Ramos (1997), o índice de Cp é calculado pela razão entre a tolerância da

engenharia e a dispersão total do processo, já o índice Cpk é o menor valor entre Cpi e o Cps, avaliando a média entre as distâncias dos limites especificados pelo processo.

Segundo Ramos (1997), existem ainda diversas ferramentas utilizadas pelo CEP, como o histograma, que demonstra a distribuição de frequência entre os dados agrupados; o diagrama de causa e efeito, que faz uma relação entre os efeitos e suas causas; o diagrama de Pareto, que é usado quando se tem um grande número de problemas e limitados recursos para resolvê-los. Além disso, o gráfico linear contribui para a obtenção de dados de forma cronológica, e o diagrama de dispersão é usado quando duas variáveis estão correlacionadas, apresentando tendência de variação conjunta.

2.5 CARTAS DE CONTROLE

As cartas de controle, também chamadas de gráficos de controle, são as ferramentas mais conceituadas no uso do CEP, já que representam técnicas que controlam a qualidade do processo (LIMA *et al.*, 2006). Elas dão a permissão de interferir no processo produtivo, a fim de prevenir os problemas que alteram a qualidade do produto no momento em que eles ocorrem, evitando a fabricação de produtos defeituosos e de má qualidade (LIMA *et al.*, 2006). Contudo, ainda que não seja possível identificar qual a causa especial de essa variação ter acontecido, é necessário que haja uma investigação para que seja evitada (LIMA *et al.*, 2006). Ressalta-se que os gráficos de controle possuem três objetivos (RAMOS, 1997): (i) verificar se o processo é estaticamente estável ou se sofre variação; (ii) avaliar a necessidade de agir dentro do processo, ou seja, quando deixa de ser estável e (iii) contribuir para o aprimoramento contínuo do processo.

É necessário calcular, através da estatística, um parâmetro para ser tomado como base, além dos desvios padrões. Dessa maneira, quando algum dado adquirido durante o processo estiver fora desse intervalo, o sistema já não pode ser considerado estável. A partir disto, é preciso que se dê início à procura de erros e falhas dentro da produção. Dessa forma, é necessário destacar que as cartas de controle não conseguem identificar as causas especiais dessa divergência, mas fornece as informações necessárias para a identificação (LIMA *et al.*, 2006).

De acordo com Lima *et al.* (2006), há dois tipos fundamentais de cartas de controle: as baseadas em variáveis, que são feitas através da medição contínua de grau de aceitabilidade ou não de qualidade; as baseadas em atributos que se fundamentam em verificar a presença ou a ausência de algum atributo.

3 METODOLOGIA

O estudo teve como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, com foco na solução de problemas. Nesse contexto, o estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada, uma vez que os resultados obtidos através da coleta de dados e sua análise podem ser revertidos em ações para a implementação de melhorias no que tange ao controle estatístico do processo na empresa adotada como objeto de estudo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

3.1 A EMPRESA

A empresa pertence ao ramo de laticínios. É uma unidade de recebimento de leite *in natura* de produtores distintos e produtora de leite pasteurizado e de vários itens derivados de leite, como manteiga, bebida láctea, doce de leite, iogurtes, requeijão e uma grande diversidade de queijos.

A empresa é considerada uma das principais cooperativas de laticínios do país. Está localizada na maior bacia leiteira da região Sudeste e segunda maior do Brasil. A organização valoriza a qualidade e a tradição de seus produtos e atua no mercado há mais de 65 anos abastecendo seu pólo regional.

3.2 OS PARÂMETROS AVALIADOS

De acordo com a Normativa nº 62 (IN62), de 29 de dezembro de 2021, aprovada pelo Ministério da Agricultura e Meio Ambiente (MAPA), o leite recolhido da propriedade rural deve seguir os requisitos físicos, químicos, microbiológicos, de contagem de células somáticas e de resíduos químicos. Como requisitos físico-químicos, foram avaliados os parâmetros teores de gordura, lactose, proteína, extrato seco e nitrogênio ureico. Para verificação microbiológica, foram avaliadas a contagem bacteriana total e a contagem de células somáticas.

Os dados são provenientes de análises do leite cru obtido na recepção da empresa e pertencem a um levantamento histórico (período de 2019 a 2021) composto por 15.639 avaliações, sendo esses oriundos de cerca de seiscentas propriedades produtoras de leite.

3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram analisados do ponto de vista estatístico por meio de gráficos (boxplot, histograma de frequência e cartas de controle), utilizando, para tanto, o Excel e o Power BI. Como meio de verificação e de tomada de decisão, o controle estatístico de processos foi empregado como ferramenta, determinando-se as variações dos parâmetros definidores da qualidade do leite com o tempo.

A variabilidade dos dados foi aferida pelos estimadores estatísticos da média, do desvio padrão e da variância amostral, mediana, curtose e assimetria. Durante o tratamento estatístico, verificou-se que a contagem de células somáticas (CCS) e a de bacteriana total (CBT) não são normalmente distribuídas, portanto, procedeu-se à transformação dos dados de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente. Os dados de CCS foram transformados utilizando-se a escala logarítmica para escore de células somáticas seguindo o modelo utilizado por Takahashi *et al.* (2012), e os dados de CBT seguiram a metodologia adotada por Andrade *et al.* (2007).

$$ECS = \log_2 \left(\frac{CCS}{100} \right) + 3 \quad (1)$$

$$tCBT = \log_{10}(CBT + 0,5) \quad (2)$$

Essas transformações foram realizadas para se utilizar dos gráficos de controle, pois as informações de interesse devem ser normalmente distribuídas, uma vez que a não normalidade afeta os limites dos gráficos (MONTGOMERY, 2004).

3.4 AS CARTAS DE CONTROLE

As cartas de controle estatístico permitem a verificação da presença de outliers sendo, portanto, úteis na tomada de decisão. Os limites das cartas de controle foram determinados pela Equação 3.

$$LC = X \pm Z \cdot \sigma \quad (3)$$

Em que: LC = limite de controle; X = média dos dados registrados; Z = variável padronizada em 1,5 e σ = desvio padrão da média.

Ressalta-se que a carta de controle representa a variação dos parâmetros da qualidade durante o tempo estimado. As informações levam em consideração a alteração na qualidade do leite que pode haver em certas épocas do ano, que são classificadas como causas naturais de variação.

Dessa forma, com o comportamento da variável traçado e realizando o monitoramento dos dados coletados através das cartas de controle pelo software Power BI ou Excel, é possível concluir se o controle estatístico de processos é eficiente para essa indústria, quais as principais causas dessa variação, as épocas em que houve maior divergência de valores, dentre outros resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Leão *et al.* (2012), a análise da composição físico-química do leite é importante, pois também é considerada, junto às análises microbiológicas, parâmetros de qualidade do leite, possibilitando estabelecer, dessa forma, um critério de pagamento ao produtor. A Tabela 1 apresenta a análise estatística descritiva obtida para os parâmetros físico-químicos estudados, com informações sobre média, mediana, variância amostral, desvio padrão, assimetria, curtose e outliers superior e inferior, para todos os parâmetros físico-químicos avaliados.

Tabela 1: Avaliação estatística descritiva dos parâmetros operacionais

Estatística descritiva	Teor de gordura (%)	Teor de lactose (%)	Teor de proteínas (%)	Sólidos totais	Extrato seco (%)	Escore da contagem de células somáticas (ECS)	Contagem bacteriana Total (tCBT)	Nitrogênio ureico (mg/dL)
Média	3,74	4,51	3,29	12,47	8,74	2,93	1,47	12,9
Mediana	3,75	4,51	3,29	12,47	8,74	2,84	1,31	12,8
Curtose	6,98	18,30	1,73	5,23	14,03	0,55	0,99	0,23

Variância amostral	0,17	0,02	0,04	0,31	0,06	0,36	0,56	10,88
Desvio padrão	0,41	0,15	0,19	0,56	0,25	0,60	0,75	3,30
Assimetria	0,17	-1,79	0,08	-0,06	-1,03	0,66	1,07	0,28
Outlier superior	4,70	4,86	3,76	13,76	9,34	4,46	3,26	21,75
Outlier inferior	2,78	4,18	2,84	11,17	8,14	1,33	-0,47	3,75

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Na análise de gordura, a média e mediana obtidas são superiores a 3,0%, mínimo previsto pela legislação. Para a lactose, obteve-se média e mediana iguais a 4,51%. Destaca-se que a lactose é sintetizada pelo aparelho de Golgi das células epiteliais secretoras dos alvéolos mamários. A mastite causa dano nesse tecido e altera os sistemas enzimáticos nas células secretoras, tendo, como consequência, a diminuição da biossíntese desse constituinte. Segundo Kitchen (1981), níveis de lactose inferiores a 4,69% e 4,75% podem ser indicativos de mastite no rebanho. No entanto, ressalta-se que a Instrução Normativa Nº 51 (2002) não estabelece o valor padrão para lactose.

Para os sólidos totais e extrato seco, foram observadas médias de 12,47% e 8,74%, respectivamente. Com relação às análises microbiológicas, obtiveram-se para o ECS e o TCBT médias de 2,93 e 1,47, respectivamente – valores inferiores aos obtidos por Cassoli *et al.* (2008), que obtiveram, em análises de leite cru, valores entre 4,8 e 5,51, respectivamente.

Quanto aos teores de nitrogênio ureico no leite, nota-se que a média de 12,9 mg/dL encontra-se dentro dos limites permissíveis, ou seja, entre 10 e 14 mg/dL. Pela Tabela 01 é ainda possível inferir que a variância amostral e o desvio padrão desse parâmetro se mostraram elevados, o que demonstra a variabilidade dos dados.

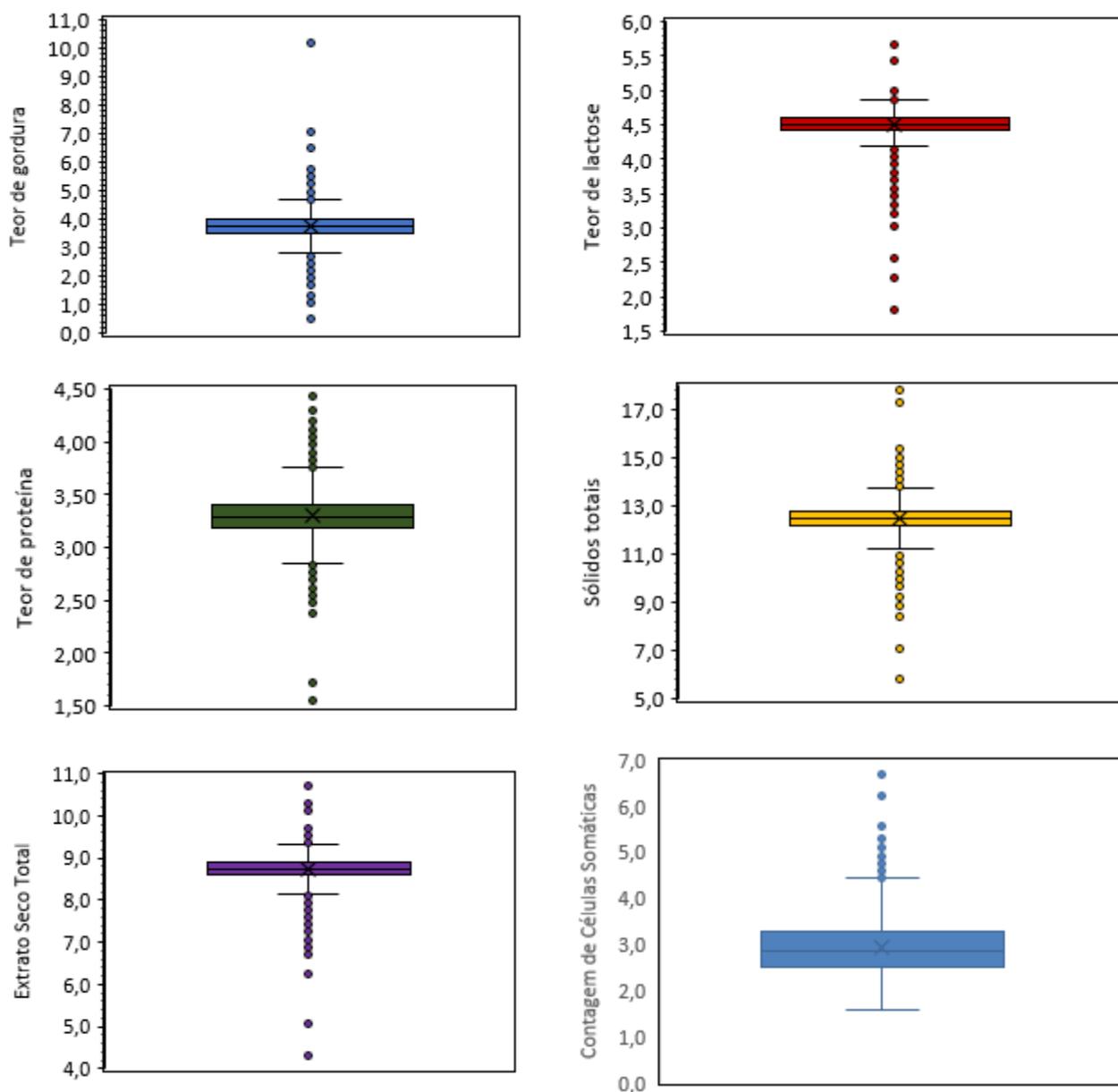
Avaliando os índices estatísticos, destaca-se que a curtose mede a concentração ou dispersão dos valores de um conjunto de valores em relação às medidas de tendência central em uma distribuição de frequências conhecida, a distribuição normal. Um valor de curtose de 0 indica que os dados seguem a distribuição normal perfeitamente. O valor da curtose que se desvia significativamente de 0 pode indicar que os dados não estão normalmente distribuídos. Uma distribuição com um valor de curtose positiva indica que a distribuição tem caudas mais pesadas do que a distribuição normal, fato esse evidenciado para todos os parâmetros deste estudo.

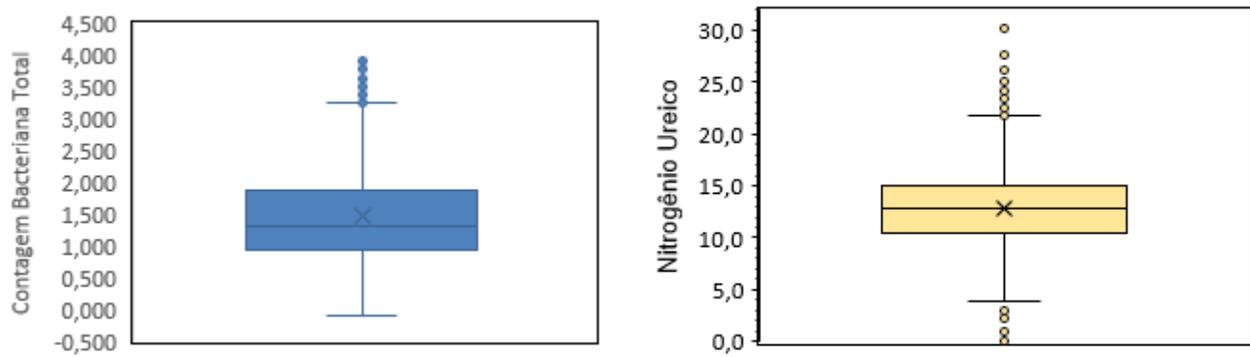
Para verificar a variabilidade dos dados e a presença de valores atípicos, o boxplot é apresentado na Figura 1.

O boxplot apresenta o ajuste à simetria entre os dados, sendo que um conjunto de dados que possui uma distribuição simétrica tem a linha da mediana no centro do retângulo. Destaca-se ainda que, quando a linha da mediana está próxima ao primeiro quartil, os dados são assimétricos positivos e, quando a posição da linha da mediana é próxima ao terceiro quartil, os dados são assimétricos negativos. Ou seja, a mediana é a medida de tendência central mais indicada quando os dados possuem distribuição assimétrica, uma vez que a média aritmética é influenciada pelos valores extremos.

A Figura 1 ainda apresenta os outliers, ou seja, pontos que se diferem do restante da análise. Dessa forma, os pontos que ficam fora dos limites dos quartis são os valores discrepantes, e são eles que devem ser analisados a fim de encontrar as causas das discrepâncias. Segundo Hair Jr. *et al.* (2005), os pontos que estão fora de padrão ou isolados (outliers) não são benéficos nem mesmo problemáticos, mas devem ser observados dentro do contexto da análise e avaliados em função da informação que poderão fornecer. Verifica-se que, para todos os parâmetros avaliados, tem-se a presença de outliers, ou seja, desvios da normalidade.

Figura 1: Avaliação dos parâmetros físico-químicos do leite cru por meio de boxplot



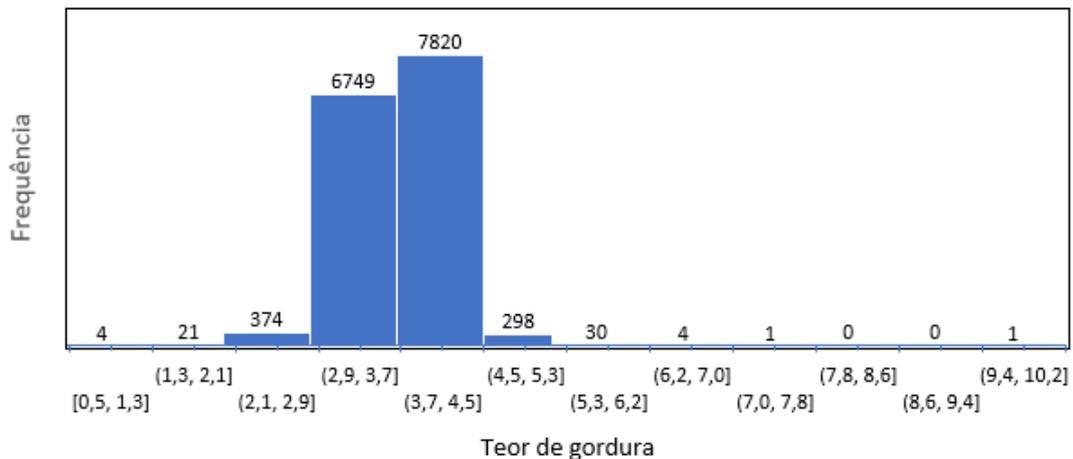


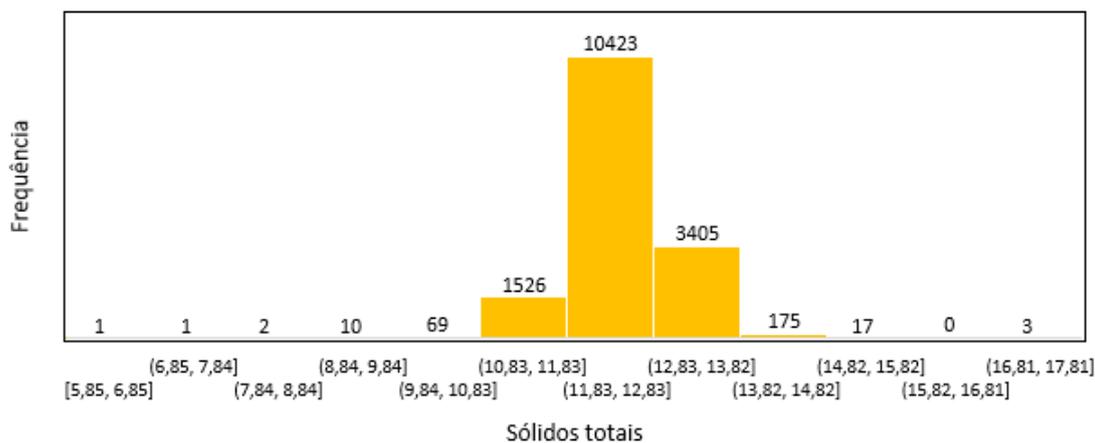
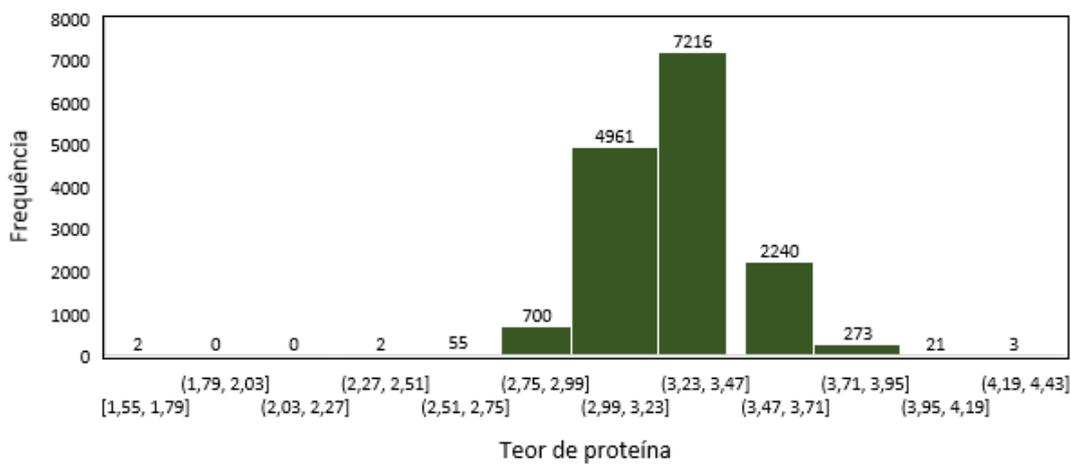
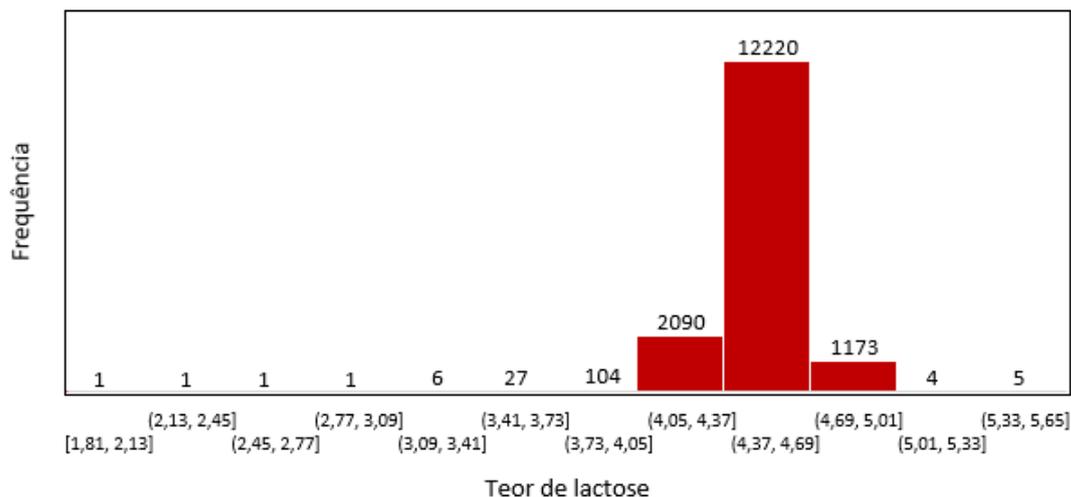
Fonte: dados da pesquisa, 2021.

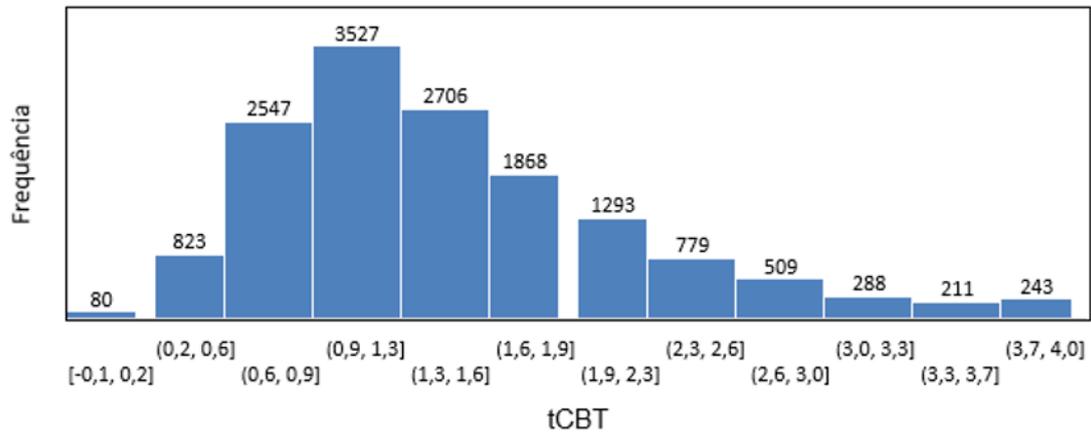
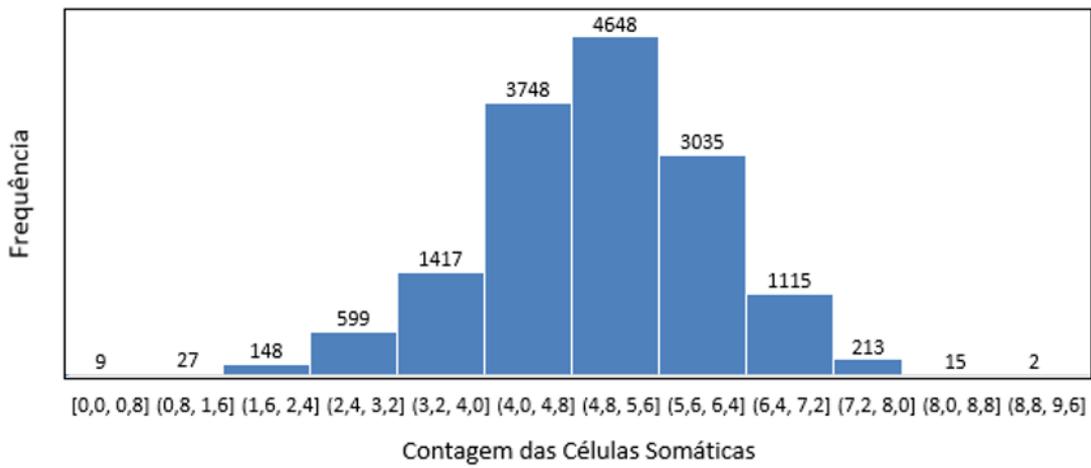
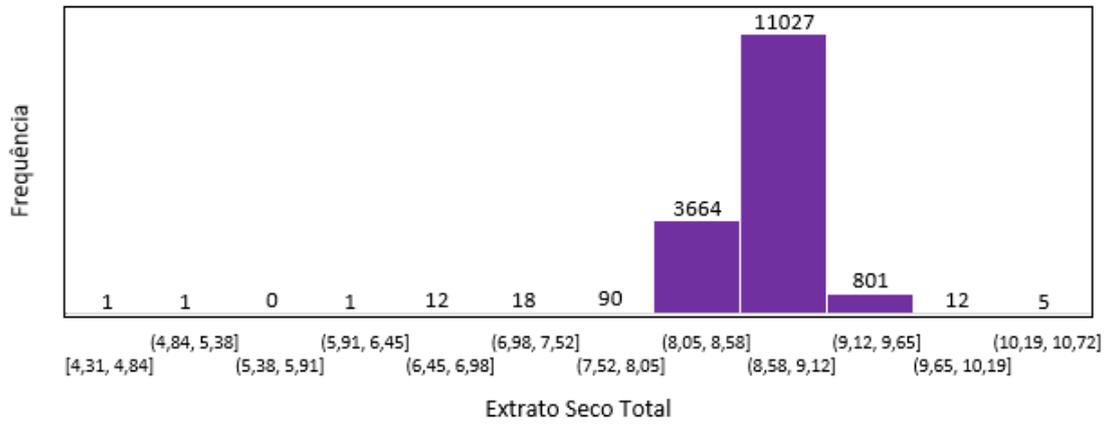
A Figura 2 apresenta os histogramas, gráficos que demonstram como um conjunto de dados está distribuído, por meio da sua frequência amostral. Dessa forma, é possível perceber com mais facilidade os pontos que aparecem com maior frequência na análise e quantos estão divergentes, mostrando também as magnitudes deles.

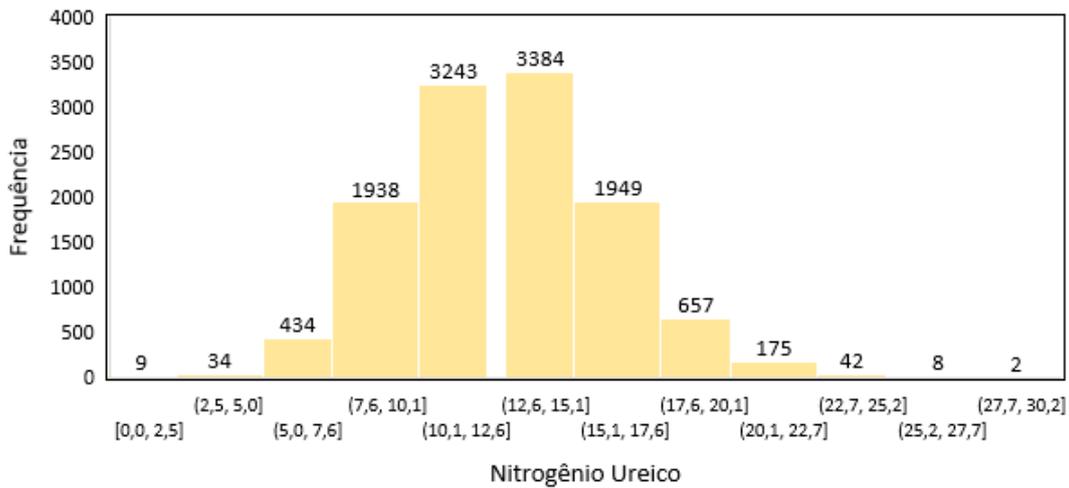
Assim, para o teor de gordura, há cerca de quinze mil análises entre os valores de 2,78 e 4,70, que são os limites que delimitam os outliers da amostra padrão. Já em lactose, há quase quinze mil e quinhentas amostras entre 4,18 e 4,86. Em proteína são cerca de quinze mil e cem análises entre 2,84 e 3,76. Já as amostras em sólidos totais entre 11,17 e 13,76 estão em torno de quinze mil e duzentas. O extrato seco tem seus outliers definidos em 8,14 e 9,34 e cerca de quinze mil e quatrocentos dados colhidos estão dentro desses parâmetros. Já na contagem das células somáticas os limites para serem considerados amostras “normais” são -346,88 e 1290,13, e a quantidade de amostras que estão seguindo este parâmetro estão em aproximadamente catorze mil e seiscentos. Na contagem bacteriana total, pouco mais de catorze mil amostras encontram-se entre 0,3 e 833,5. Já na análise de nitrogênio ureico apenas aproximadamente onze mil e seiscentas amostras ficaram entre o limite estipulado de 3,75 e 21,75.

Figura 2: Histogramas representativos da distribuição de frequência dos parâmetros obtidos para o leite cru em uma indústria de laticínios





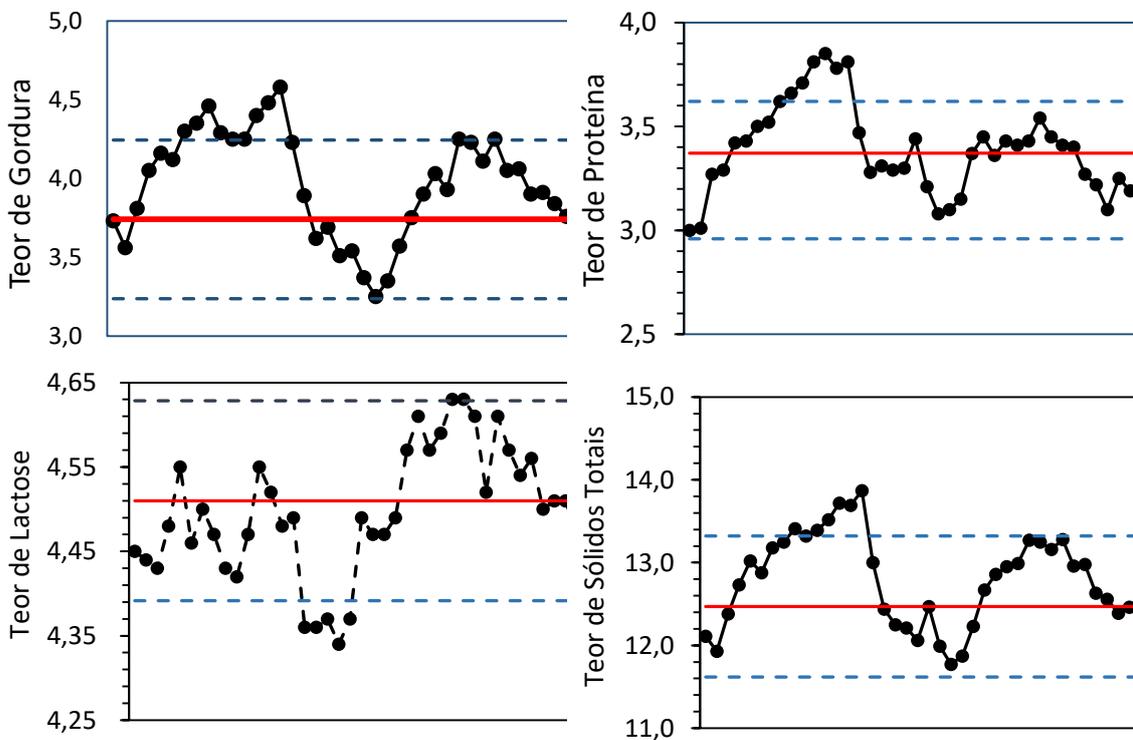


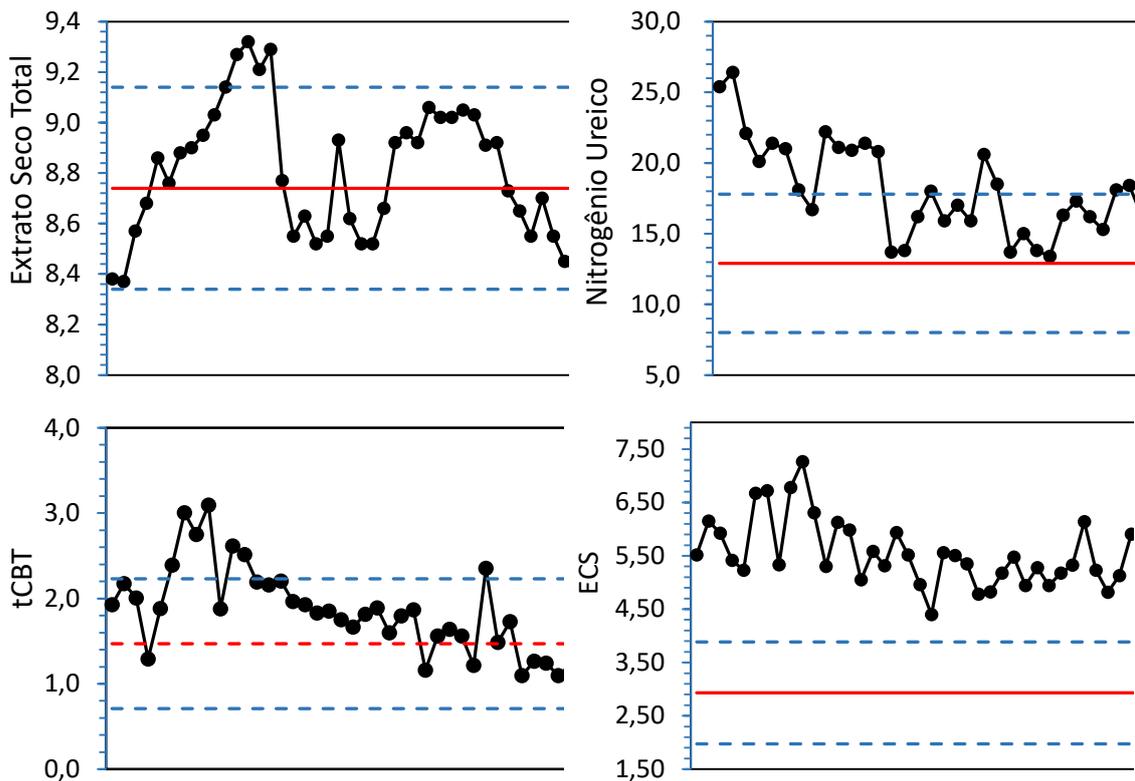


Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Através do Software Power BI, foi possível desenvolver as cartas de controles que contribuem para a análise dos parâmetros de qualidade. Além disso, o programa ainda oferece ferramentas com comandos manuais que dão a possibilidade de definir o ano, ou a estação do ano ou o produtor desejado. A Figura 3 explicita as cartas de controle obtidas para um dos produtores. Analisando-se as cartas de controle, infere-se que, para todos os parâmetros avaliados, há outliers. Destaca-se aqui que os escores da contagem de células somáticas obtidos para esse produtor possuem todos os valores acima do limite superior determinado.

Figura 3: Cartas de controle obtidas para um dos produtores

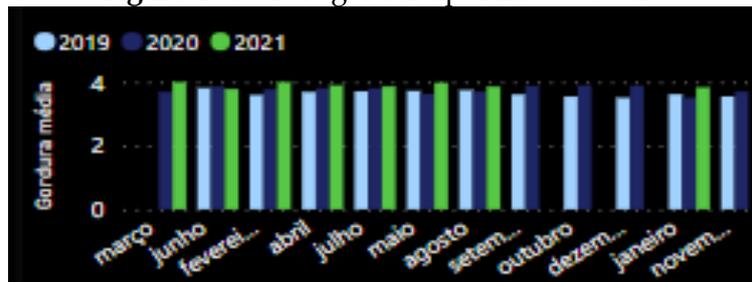




Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Dentre as análises viáveis para possíveis tomadas de decisão, pode-se avaliar a média dos parâmetros por estação do ano ou ainda por mês. A Figura 4 apresenta a média de gordura dos produtos oferecidos por esse mesmo produtor, distribuída pelos meses dos 3 anos analisados.

Figura 4: Teor de gordura por meses do ano



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Dessa forma, é possível observar que, no ano de 2021, foram obtidas as maiores médias mensais para os teores de gordura do leite oferecido pelo produtor.

4 CONCLUSÃO

A avaliação estatística descritiva do leite cru auxilia a indústria de laticínios na determinação do comportamento dos dados, verificando, desse modo, as possíveis violações no padrão de qualidade ou falhas do processo de transporte. Nesse contexto,

é possível implantar a melhoria contínua. Ou seja, esses métodos permitem à indústria e ao produtor adotarem, juntos, medidas proativas para evitar, ou minimizar, o decréscimo na qualidade do leite na próxima captação. Dessa forma, vale ressaltar que o Controle Estatístico do Processo é uma ferramenta simples e eficaz na indústria de laticínios, visto que permite uma rápida verificação dos dados coletados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. M. *et al.* Efeitos genéticos e de ambiente sobre a produção de leite e a contagem de células somáticas em vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 343-349, 2007.

BRITO, J. R. F.; DIAS, J. C. (orgs.). **A qualidade do leite**. Juiz de Fora/São Paulo: Embrapa/Tortuga, 1998, v. 1. 98 p.

BUENO, Válder Ferreira Félix *et al.* **Contagem bacteriana total do leite**: relação com a composição centesimal e período do ano no Estado de Goiás. 2008.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO STAT - Livestock Primary**. Roma, Italy, 2019.

CASSOLI, L. D. *et al.* Diagnóstico da qualidade do leite na Região Sudeste entre 2005 e 2008. CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 3., 2008. Recife. **Anais [...]** Recife: CCS Gráfica e Editora, 2008, p. 45-51.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo; **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS - Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

JAMAS, Leandro T. *et al.* Parâmetros de qualidade do leite bovino em propriedades de agricultura familiar. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 573-578, 2018.

LEÃO, J. S. *et al.* Análises físico-químicas do leite produzido nas propriedades assistidas pelo Programa “MAIS LEITE”. CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 22., 2012. Cuiabá. **Anais [...]** Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso Cuiabá/MT. 2012.

LIMA, A. A. N. *et al.* Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n. 3, 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura e do Meio Ambiente. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 62 (IN62), de 29 de dezembro de 2021**. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2018/06/IN62.pdf>.

MAPA – Ministério da Agricultura e do Meio Ambiente. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 51 (IN51), de 18 de setembro de 2002**. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2016/03/Instru%C3%A7%C3%A3o-normativa-n%C2%B0-51-de-18-de-setembro-de-2002.pdf>.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. São Paulo: Editora LTC, 2004.

MUNRO, G. L.; GRIEVE, P. A.; KITCHEN, B. J. Effects of mastitis on milk yield, milk composition, processing properties and yield and quality of milk products. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 39, n. 1, p. 7-16, 1984.

RANGEL, Adriano Henrique Nascimento *et al.* Correlação entre a contagem de células somáticas (CCS) e o teor de gordura, proteína, lactose e extrato seco desengordurado do leite. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 57-60, 2009.

KANE, V. E. Process capability indices. **Journal of Quality Technology**, v. 18, n. 1, p. 41-52, 1986.

KITCHEN, B. J. Review of the progress of dairy science: bovine mastitis: milk compositional changes and related diagnostic tests. **Journal of Dairy Research**, v. 48, n. 1, p. 167-188, 1981.

RAMOS, Alberto Wunderler. Controle estatístico de processo. **Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**, v. 2, p. 169-179, 1997.

SILVA, Juliana Cassiano; ANTUNES, Robson Carlos. Efeito do tipo de ordenha e do ambiente sobre a qualidade do leite cru com base na contagem de células somáticas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018a.

SILVA, Reginaldo Mendes. **Processo de industrialização do leite**. 2018b. Disponível em: <https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Alimentando2ed/pdf/Alimentando2ed-23.pdf>.

TAKAHASHI, Fabio Henrique. **Aplicação do controle estatístico de processo (CEP) como ferramenta para a melhoria da qualidade do leite**. 70p. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2011.

TAKAHASHI, Fabio Henrique *et al.* Variação e monitoramento da qualidade do leite através do controle estatístico de processos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, 2012.

VENTURINI, Katiani Silva *et al.* Características do leite. **Boletim Técnico**, Universidade Federal do Espírito Santo, Pró-Reitoria de Extensão, Programa Institucional de Extensão, PIE-UFES, v. 1007, n. 6, 2007.