

Aplicação do método multicritério TOPSIS na análise físico-química do leite cru refrigerado e seleção de fornecedores em uma indústria de laticínios

Rafael de Azevedo Palhares (UFERSA) rafaelpalhareseng@hotmail.com

Luciana Alice de Araújo Silva (UFERSA) lucianalice96@gmail.com

Nathaly Silva de Santana (UFRN) nathalysilvaa@gmail.com

Resumo: Na indústria de laticínios, para que a qualidade dos produtos finais seja garantida, faz-se necessário que o leite cru refrigerado fornecido se adeque as instruções normativas e padrões de qualidade pretendidos. Neste sentido, objetivamos investigar o desempenho dos fornecedores de leite cru refrigerado em uma indústria de laticínios situado no Rio Grande do Norte, a partir da análise físico-química estabelecida na Instrução Normativa N° 76/2018. Uma amostra de 500 ml para cada um dos 23 fornecedores foi coletada e os procedimentos para identificação do Teor de Gordura (% m/m), Teor mínimo de sólidos totais (% m/m), Índice crioscópico (°H), Acidez titulável e Densidade relativa à 15°C puderam ser realizados em laboratório. Feito isto, uma abordagem multicritério apoiada pelo método multicritério TOPSIS foi aplicada e a ordenação dos fornecedores com base no seu desempenho global foi obtida através do ranking. Por fim, ações para a melhoria dos fornecedores com baixo desempenho são sugeridas, com ênfase ao Fornecedor 10 que é atualmente responsável por aproximadamente 6,1% da produção diária da indústria.

Palavras chave: Leite cru refrigerado, Multicritério, TOPSIS, Análise físico-química.

Application of the TOPSIS multicriteria method in the physicochemical analysis of chilled raw milk and supplier selection in a dairy industry

Abstract: TheIn the dairy industry, for the quality of products to be guaranteed, it is necessary that the raw refrigerated milk supplied conforms to the normative instructions and quality standards intended. In this sense, we aim to investigate the performance of suppliers of refrigerated raw milk in a dairy industry located in Rio Grande do Norte, based on the physico-chemical analysis established in Normative Instruction No. 76/2018, considering the parameters that the company judges as ideas in quality control. A sample of 500 ml for each of the 23 suppliers was collected and the procedures to identify the Fat Content (% m / m), Minimum Total Solids (% m / m), Cryoscopic Index (° H), Titratable Acidity and Density relative to 15°C could be carried out in the laboratory. In this way, a multicriteria approach supported by the current Ideal Method Method (RIM) was applied and the ordering of suppliers based on their overall performance was obtained through the ranking. Finally, actions to improve low-performing suppliers are suggested, with emphasis on Supplier 10, which is currently responsible for approximately 6.1% of the industry's daily output.

Key words: Refrigerated raw milk, Multicriteria, TOPSIS, Physico-chemical analysis.

1. Introdução

É cada vez mais visível a preocupação dos órgãos de saúde com relação à qualidade dos alimentos disponíveis para o consumo. No Brasil, com relação à qualidade do leite, vários temas têm sido debatidos com foco principal na qualidade da matéria-prima, controle do

processo e manutenção da sua qualidade. (CARVALHO et al., 2013)

Recentemente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu novas diretrizes para a produção de leite no país, determinando os padrões de qualidade do leite cru refrigerado e pasteurizado do tipo A. Estas mudanças foram publicadas no Diário Oficial da União contemplando as instruções normativas nº 76,77 e 78 em 26 de novembro de 2018.

De acordo com a responsável pelo Programa Nacional de Qualidade do Leite no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Mayara Pinto, “as normas têm como objetivo atualizar os critérios de produção e seleção de leite de qualidade, com foco nas boas práticas agropecuárias e na educação sanitária”. (BRASIL, 2018)

Para que a qualidade do leite cru fornecido pelos produtores seja assegurada e que as indústrias se adequem a estas exigências, faz-se necessário identificar e monitorar a qualidade da matéria-prima segundo os critérios estabelecidos pela legislação. Isto é importante, pois apoia a identificação e implementação de ações corretivas para a melhoria da qualidade do leite (BRASIL, 2018).

Neste sentido, o objetivo deste artigo consiste em identificar o desempenho físico-químico dos fornecedores de leite cru refrigerado de uma indústria de laticínios situado no Rio Grande do Norte, considerando os critérios físico-químicos estabelecidos na Instrução Normativa N° 76/2018. Para isto, uma abordagem multicritério apoiada pelo método Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) será aplicada ao estudo de caso. A ordenação entre os melhores fornecedores será identificada em ordem decrescente.

A relevância deste assunto pode ser identificada, uma vez que contribui com a bonificação dos produtores rurais visando garantir o fornecimento de matéria-prima de boa qualidade. Assim, a identificação e busca pela qualidade exigirá da atividade destes produtores as devidas adequações.

Este artigo está estruturado em 5 seções. Inicialmente, a introdução é apresentada na seção 1. Posteriormente, na seção 2, o embasamento teórico que norteará a pesquisa é levantado, nesta, os agentes físico-químicos do leite, a Instrução Normativa N° 76/2018 recentemente publicada e o método de apoio à decisão multicritério TOPSIS serão tratados. Na seção 3, os procedimentos metodológicos serão percorridos. Na seção 4, a aplicação do método TOPSIS e ordenação dos fornecedores são apresentadas. Por fim, a seção 5 revela as considerações finais e recomendação de trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

Nesta seção, as propriedades físico-químicas do leite cru refrigerado, bem como, os critérios e parâmetros estabelecidos na nova instrução normativa e o método de apoio à decisão multicritério TOPSIS são apresentados.

2.1 Propriedades físico-químicas do leite cru refrigerado

“Entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas.”.

(BRASIL, 2011)

“Leite cru refrigerado é o leite produzido em propriedades rurais, refrigerado e destinado aos estabelecimentos de leite e derivados sob o serviço de inspeção oficial.”. (BRASIL, 2018)

Ainda segundo Brasil (2011) o leite Cru Refrigerado é mantido nas temperaturas contidas no Regulamento Técnico, de modo que seu transporte seja executado em carro tanque isotérmico da propriedade rural ao Posto de Refrigeração de leite ou indústria que irá processá-lo.

As propriedades físico-químicas do leite cru refrigerado são analisadas em laboratoriais cuja finalidade consiste em garantir a qualidade da matéria prima e dos produtos, certificando que estes se adequam aos parâmetros exigidos pela legislação. Logo, estas propriedades devem ser continuamente monitoradas de acordo com a Instrução Normativa N° 76/2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (BRASIL, 2018)

A qualidade do leite cru refrigerado e conseqüentemente dos leites pasteurizado e esterilizada é influenciada diretamente pelas condições de manejo dos produtores rurais. Fatores tais como a disposição de instalações precárias, refrigeração inadequada, manejo impróprio devido à desqualificação da mão de obra, água de baixa qualidade, inexistência de higienização dos equipamentos e utensílios são procedimentos contraditórios no que a tange a qualidade do leite. (LAMPUGNANI et al., 2015)

O regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado contido na instrução normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018 apresenta os principais critérios e parâmetros a serem atendidos para que a qualidade do leite seja assegurada.

De acordo com Art. 4º O leite cru refrigerado deve atender as seguintes características sensoriais:

I - Líquido branco opalescente homogêneo; e

II - Odor característico;

Art. 5º O leite cru refrigerado deve atender aos seguintes parâmetros físico-químicos:

I - teor mínimo de gordura de 3,0g/100g (três gramas por cem gramas);

II - teor mínimo de proteína total de 2,9g/100g (dois inteiros e nove décimos de gramas por cem gramas);

III - teor mínimo de lactose anidra de 4,3g/100g (quatro inteiros e três décimos de gramas por cem gramas);

IV - teor mínimo de sólidos não gordurosos de 8,4g/100g (oito inteiros e quatro décimos de gramas por cem gramas);

V - teor mínimo de sólidos totais de 11,4g/100g (onze inteiros e quatro décimos de gramas por cem gramas);

VI - acidez titulável entre 0,14 (quatorze centésimos) e 0,18 (dezoito centésimos) expressa em gramas de ácido láctico/100 ml;

VII - estabilidade ao alizarol na concentração mínima de 72% v/v (setenta e dois por cento);

VIII - densidade relativa à 15°C/ 15°C(quinze graus Celsius) entre 1,028 (um inteiro e vinte e oito milésimos) e 1,034 (um inteiro e trinta e quatro milésimos); e

IX - índice crioscópico entre $-0,530^{\circ}\text{H}$ (quinhentos e trinta milésimos de grau Hortvet negativos) e $-0,555^{\circ}\text{H}$ (quinhentos e cinquenta e cinco milésimos de grau Hortvet negativos), equivalentes a $-0,512^{\circ}\text{C}$ (quinhentos e doze milésimos de grau Celsius negativos) e a $-0,536^{\circ}\text{C}$ (quinhentos e trinta e seis milésimos de grau Celsius negativos), respectivamente.

2.2 TOPSIS

Nesta seção, as propriedades físico-químicas do leite cru refrigerado, bem como, os critérios e parâmetros estabelecidos na nova instrução normativa e o método de apoio à decisão multicritério TOPSIS

Desenvolvido por Hwang e Yoon (1981), o TOPSIS é um dos métodos clássicos conhecidos da MCDM e recebe muita atenção de estudiosos e pesquisadores. Baseia-se no conceito de que a alternativa escolhida deverá ter a menor distância da solução ideal positiva (PIS) e a maior distancia da solução ideal negativa (NIS).

A solução ideal positiva considera os melhores valores desempenhados pelas alternativas no decorrer de sua avaliação em cada critério de decisão. Se este critério for de benefício, tem-se que os melhores valores são os máximos, caso o critério seja de custo, tem-se que os melhores valores são os mínimos. De forma inversa, a solução ideal negativa considera os piores valores. Isto é, os menores valores para os critérios de benefício e os valores máximos para os critérios de custo (KAHRAMAN, 2008).

Os passos do algoritmo do TOPSIS são descritos a seguir:

Passo 1: Definir uma matriz de decisão. Esta matriz é composta pela avaliação dos decisor(es) (x_{ij}) quanto ao desempenho de todas as alternativas (A_i), $i = 1, 2, 3, \dots, m$ em relação a cada um dos critérios c_j , $j = 1, 2, 3, \dots, n$ e também o vetor de pesos associados a cada um dos critérios (w_j) conforme mostrado a seguir (GOMES; GOMES, 2014).

$$M = \begin{matrix} & w_1 & w_2 & w_3 & \dots & w_n \\ A_1 & c_1 & c_2 & c_3 & \dots & c_n \\ A_2 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ A_3 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{matrix}$$

Passo 2: Normalização e ponderação da a matriz de decisão M. Os elementos da matriz normalizada $N=[n_{ij}]$ são definidos de acordo com a Equação X a seguir.

$$n_{ij} = \frac{w_j X_{ij}}{\sqrt{\sum w_j X_{ij}}} \quad (X)$$

Passo 4: Definição da solução ideal positiva (PIS, A+) e a solução ideal negativa (NIS, A-) conforme apresentada nas Equações X e Y quando $j \in$ ao conjunto de critérios de benefício e nas Equações X e Y quando $j \in$ ao conjunto de critérios de custo.

$$A^- = \left\{ \min_j n_{ij} \mid j = 1, 2, \dots, m \right\} = \{n_1^-, n_2^-, \dots, n_m^-\} \quad (X)$$

$$A^+ = \left\{ \min_j n_{ij} \mid j = 1, 2, \dots, m \right\} = \{n_1^+, n_2^+, \dots, n_m^+\} \quad (X)$$

$$A^- = \left\{ \max_j n_{ij} \mid j = 1, 2, \dots, m \right\} = \{n_1^-, n_2^-, \dots, n_m^-\} \quad (Y)$$

Passo 5: A partir da Equação X calcula-se a distância euclidiana dos valores da Matriz M normalizada e ponderada em relação aos valores da solução ideal positiva e também aos valores da solução ideal negativa, resultando nas distâncias D_i^+ e D_i^- conforme apresentado nas Equações X e Y a seguir.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (n_{ij} - n_j^+)^2} \quad (X)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (n_{ij} - n_j^-)^2} \quad (Y)$$

Passo 6: A partir da Equação X a seguir é realizado o cálculo do coeficiente de aproximação, do inglês, *closeness coefficient* (CCi). Este coeficiente indica o desempenho global de todas as alternativas avaliadas.

$$CC_i = \frac{D^-}{D^+ - D^-} \quad (X)$$

Passo 7: Definição da ordem de preferência de classificação. Isto é, elaboração do ranking de preferência entre todas alternativas de acordo com o CCi. Os valores do coeficiente calculados na etapa anterior são definidos no intervalo de [0,1]. Assim, a alternativa com o valor de coeficiente mais próximo ou igual a 1 é identificada como a melhor escolha e as demais alternativas são ordenadas de forma decrescente.

3. Procedimentos metodológicos

A etapa experimental do trabalho foi realizada no Laboratório de Análises Físico-químicas da empresa estudada no período de Janeiro de 2019. Foi analisado um total de 23 amostras de leite, cada uma delas correspondente aos 23 produtores fornecedores de leite cru que posteriormente é pasteurizado e destinado à comercialização. Assepticamente, para a realização da coleta, utilizaram-se conchas plásticas desinfetadas com álcool gel.

Vale salientar que antes de coletar as amostras, é importante homogeneizar o leite. Feito isto, o volume extraído para cada amostra foi de 500 ml, estes foram dispostos em potes devidamente identificados com o nome do produtor, horário e data de entrega. Feito isto, os potes foram fechados com tampa de rosca e colocados em refrigeração de 4°C até a etapa de análises (SILVA et al., 1997).

Dois dos métodos mais utilizados para identificar a acidez do leite são os testes de acidez titulável e o teste de alizarol (BRASIL, 2018). O primeiro concede resultados quantitativos e o

segundo fornece resultados qualitativos. Desta forma, o teste de acidez titulável é aplicado neste estudo.

Para a realização do teste de acidez titulável (Dornic), foi disposto 10 ml de leite em um becker diluída em 20 ml de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína (1%). Logo, adicionou-se a solução Dornic em gotas de intervalo de 0,1 ml, até que a mudança da coloração para uma tonalidade rosácea pudesse ser observada e a leitura fosse feita no Acidímetro de Dornic. Para que os valores de acidez de cada amostra pudessem ser expressos em gramas de ácido láctico/100 mL, o valor em Dornic é multiplicado por 0,01.

Para definição da densidade, foi utilizada uma proveta de 250 ml de leite, atenciosamente, de modo que bolhas de ar não fossem formadas. Logo, um termolactodensímetro foi introduzido na proveta e a temperatura e densidade foram identificadas.

O teor de gordura foi determinado pelo método de Gerber, este método propõe a adição de 10 ml ácido sulfúrico ($d_{20}=1,825$ g/L), seguido da adição de 11 ml de leite, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, e, acréscimo de 1 ml do álcool amílico ($R_{d20}=811$ g/L).

Feito isto, o butirômetro foi fortemente agitado, logo, foi devidamente vedado com uma rolha. Posteriormente, o butirômetro foi colocado em uma centrífuga modelo 8BTF a uma rotação de 1200 a 1400 r.p.m até que a indicação sonora fosse acionada, aproximadamente em 5 minutos. (PEREIRA et al., 2001).

O procedimento realizado para identificação do teor de proteína consistiu em foi adicionar 10 ml. Posteriormente, com a utilização de hidróxido de sódio em gotas de intervalo de 0,1 ml, até a mudança de cor para uma leve tonalidade rosácea. A partir disto, foi adicionado 2 ml de formalina e esperou-se por 2 minutos. O mesmo procedimento foi repetido com hidróxido de sódio 0,1 ml até a coloração rosa fosse novamente visualizada. O volume de hidróxido de sódio utilizado na segunda titulação foi calculado conforme a seguinte fórmula: % Proteína = ml de NaOH 0,1N da segunda titulação x 1,747 (SILVA et al., 1997) .

O Extrato Seco Total foi determinado pelo método indireto. Logo, fórmula de Furtado que relaciona o teor de gordura e densidade foi aplicada. A fórmula é % EST = $1,2 \times \text{Gordura} + 0,25 \times \text{Densidade} + 0,25$. (PEREIRA et al., 2001).

O índice crioscópico foi obtido com o auxílio do crioscópio ITR série MK 540 da Tex Tech. Para isto, foram colocados 2,5 ml de leite no aparelho que apresentou o resultado de teor de água presente em percentual e temperatura de congelamento do leite em graus Hortvet e o (SILVA et al, 1997).

4. Aplicação do Método TOPSIS

Efetuada os experimentos laboratoriais, os resultados foram apresentados em uma matriz de decisão de modo que as alternativas (A_i), $i = 1, 2, 3, \dots, m$ correspondem aos diferentes produtores que fornecem o leite e os critérios (C_j), $j = 1, 2, 3, \dots, n$ são as propriedades físico-químicas que asseguram a qualidade do leite conforme a Normativa N° 76/2018. Assim, o desempenho de cada alternativa (x_{ij}) em relação a cada critério pode ser representado na matriz.

Os critérios foram determinados da seguinte forma:

- C1: Teor de Gordura (% m/m);
- C2: Teor de Proteína total (g/100g);

- C3: Teor mínimo de sólidos totais (% m/m);
- C4: Índice crioscópico (°H) grau Hortvet negativos ;
- C5: Acidez Titulável/ graus Dornic (°D) gramas de ácido láctico/100 ml;
- C6: Densidade relativa à 15°C/ 15°C.

Por razões de confidencialidade, Os fornecedores serão identificado por Fornecedor 1, Fornecedor 2,..., Fornecedor 22 e Fornecedor 23. Conforme a matriz de decisão exibida na Tabela 1 a seguir.

Alternativas	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fornecedor 1	3,44	3,05	12,91	-0,546	0,13	1,035
Fornecedor 2	3,75	3,49	12,77	-0,550	0,14	1,033
Fornecedor 3	3,82	3,13	12,65	-0,534	0,14	1,033
Fornecedor 4	3,96	3,24	12,9	-0,546	0,15	1,032
Fornecedor 5	3,68	3,40	12,34	-0,544	0,15	1,034
Fornecedor 6	2,93	3,25	12,04	-0,549	0,15	1,037
Fornecedor 7	3,66	3,26	12,31	-0,540	0,15	1,034
Fornecedor 8	4,41	3,58	13,43	-0,547	0,15	1,030
Fornecedor 9	3,25	3,19	12,2	-0,556	0,15	1,036
Fornecedor 10	2,96	3,50	12,09	-0,555	0,15	1,037
Fornecedor 11	4,13	3,45	13,36	-0,544	0,15	1,032
Fornecedor 12	3,79	3,19	12,5	-0,533	0,15	1,033
Fornecedor 13	4,21	3,55	13,6	-0,551	0,15	1,031
Fornecedor 14	4,02	3,16	12,72	-0,551	0,15	1,032
Fornecedor 15	4,06	3,52	13,22	-0,554	0,15	1,032
Fornecedor 16	3,71	3,29	12,7	-0,549	0,15	1,034
Fornecedor 17	3,08	2,98	11,39	-0,547	0,15	1,037
Fornecedor 18	3,06	3,05	11,73	-0,551	0,19	1,037
Fornecedor 19	4,09	3,31	13,01	-0,544	0,16	1,032
Fornecedor 20	3,63	3,16	11,98	-0,548	0,16	1,034
Fornecedor 21	3,67	3,34	12,16	-0,544	0,16	1,034
Fornecedor 22	3,63	3,26	12,39	-0,547	0,17	1,034
Fornecedor 23	3,37	2,88	11,85	-0,539	0,17	1,035

Tabela 1 - Matriz de decisão

Feito isto, o método TOPSIS é aplicado para que a identificação do desempenho de cada uma das alternativas, bem como a ordenação entre elas possa ser identificada.

Após a obtenção da Matriz de Decisão, o procedimento de normalização é aplicado a partir Equação 1 mostrada anteriormente. Este procedimento é realizado com o objetivo de transformar todos os valores avaliados (x_{ij}) para a mesma escala, uma vez que se tratando de múltiplos critérios, estes valores representam magnitudes e significados distintos. Conforme exibido em na Tabela 2 a seguir.

	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667
Alternativas	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	0,1945	0,1941	0,2146	-0,2083	0,1766	0,2087
2	0,2120	0,2221	0,2123	-0,2098	0,1902	0,2084
3	0,2160	0,1992	0,2103	-0,2037	0,1902	0,2084
4	0,2239	0,2062	0,2144	-0,2083	0,2038	0,2082
5	0,2081	0,2164	0,2051	-0,2076	0,2038	0,2085
6	0,1657	0,2069	0,2001	-0,2095	0,2038	0,2092
7	0,2069	0,2075	0,2046	-0,2060	0,2038	0,2085
8	0,2494	0,2279	0,2232	-0,2087	0,2038	0,2078
9	0,1838	0,2030	0,2028	-0,2121	0,2038	0,2089
10	0,1674	0,2228	0,2009	-0,2118	0,2038	0,2092
11	0,2335	0,2196	0,2221	-0,2076	0,2038	0,2081
12	0,2143	0,2030	0,2078	-0,2034	0,2038	0,2084
13	0,2380	0,2259	0,2260	-0,2102	0,2038	0,2080
14	0,2273	0,2011	0,2114	-0,2102	0,2038	0,2082
15	0,2296	0,2240	0,2197	-0,2114	0,2038	0,2081
16	0,2098	0,2094	0,2111	-0,2095	0,2038	0,2085
17	0,1742	0,1897	0,1893	-0,2087	0,2038	0,2091
18	0,1730	0,1941	0,1950	-0,2102	0,2581	0,2091
19	0,2313	0,2107	0,2162	-0,2076	0,2174	0,2081
20	0,2053	0,2011	0,1991	-0,2091	0,2174	0,2085
21	0,2075	0,2126	0,2021	-0,2076	0,2174	0,2085
22	0,2053	0,2075	0,2059	-0,2087	0,2310	0,2085
23	0,1906	0,1833	0,1970	-0,2056	0,2310	0,2088

Tabela 2 - Matriz de decisão normalizada

Os critérios foram considerados igualmente importantes pelo comitê de decisores, composto por 3 membros, são eles: Um engenheiro químico responsável pelo controle e monitoração de qualidade do processo e dois gestores administrativos da empresa. Logo, os pesos para cada um dos critérios são iguais.

Alternativas	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	1,1671	1,1647	1,2875	1,2499	1,0597	1,2524

2	1,2722	1,3328	1,2735	1,2591	1,1412	1,2506
3	1,2960	1,1953	1,2615	1,2225	1,1412	1,2502
4	1,3435	1,2373	1,2865	1,2499	1,2227	1,2494
5	1,2485	1,2984	1,2306	1,2453	1,2227	1,2510
6	0,9940	1,2411	1,2007	1,2568	1,2227	1,2554
7	1,2417	1,2449	1,2276	1,2362	1,2227	1,2511
8	1,4961	1,3671	1,3393	1,2522	1,2227	1,2468
9	1,1026	1,2182	1,2167	1,2728	1,2227	1,2535
10	1,0042	1,3366	1,2057	1,2705	1,2227	1,2552
11	1,4011	1,3175	1,3323	1,2453	1,2227	1,2484
12	1,2858	1,2182	1,2466	1,2202	1,2227	1,2504
13	1,4283	1,3557	1,3563	1,2614	1,2227	1,2479
14	1,3638	1,2068	1,2685	1,2614	1,2227	1,2490
15	1,3774	1,3442	1,3184	1,2682	1,2227	1,2488
16	1,2587	1,2564	1,2665	1,2568	1,2227	1,2508
17	1,0449	1,1380	1,1359	1,2522	1,2227	1,2545
18	1,0381	1,1647	1,1698	1,2614	1,5488	1,2546
19	1,3876	1,2640	1,2974	1,2453	1,3042	1,2486
20	1,2315	1,2068	1,1947	1,2545	1,3042	1,2513
21	1,2451	1,2755	1,2127	1,2453	1,3042	1,2511
22	1,2315	1,2449	1,2356	1,2522	1,3857	1,2513
23	1,1433	1,0998	1,1818	1,2339	1,3857	1,2528

Tabela 3 - Matriz de decisão normalizada ponderada

É tido pelos decisores, que C1,C2,C3 e C6 são critérios de maximização e C4 e C5 são critério de minimização. Isto é, quanto maior for o Teor de Gordura (% m/m), Teor de Proteína total (g/100g), teor mínimo de sólidos totais (% m/m) e Densidade relativa à 15°C/ 15°C e menor for o índice crioscópico (°H) grau Hortvet negativos e Acidez/ graus Dornic (°D) que são critérios que indicam adulteração e impurezas, melhor será a qualidade do leite. Desde que respeitem aos parâmetros regulamentados na Instrução Normativa.

Logo, as soluções ideais podem ser apresentadas conforme Tabela 4 a seguir.

Soluções	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Ideal Positiva	1,4961	1,3671	1,3563	1,2202	1,0597	1,2554
Ideal Negativa	0,9940	1,0998	1,1359	1,2728	1,5488	1,2468

Tabela 4 - Solução Ideal positiva (PIS) e Solução Ideal Negativa (NIS)

As distâncias euclidianas dos valores da Matriz M ponderada em relação aos valores das soluções ideais, PIS e NIS são obtidas a partir das Equações 6 e 7. Assim, o cálculo do coeficiente de aproximação (CC_i) é realizado conforme exibido na Tabela 5 a seguir.

Alternativas	D _i ⁺	D _i ⁻	CC _i
1	0,3936	0,5449	0,5806
2	0,2576	0,5630	0,6861
3	0,2920	0,5336	0,6463
4	0,2693	0,5201	0,6588

5	0,3303	0,4693	0,5869
6	0,5658	0,3617	0,3900
7	0,3508	0,4455	0,5595
8	0,1672	0,6868	0,8042
9	0,4753	0,3724	0,4393
10	0,5429	0,4092	0,4298
11	0,1983	0,5990	0,7513
12	0,3241	0,4696	0,5916
13	0,1818	0,6396	0,7786
14	0,2815	0,5217	0,6495
15	0,2121	0,5885	0,7351
16	0,3235	0,4671	0,5908
17	0,5764	0,3329	0,3661
18	0,7255	0,0866	0,1066
19	0,2939	0,5182	0,6381
20	0,4276	0,3626	0,4588
21	0,3905	0,4004	0,5063
22	0,4548	0,3383	0,4265
23	0,5770	0,2292	0,2843

Tabela 5 - Cálculo de coeficiente de aproximação (CCi)

O coeficiente CCi indica o desempenho global de todas as alternativas avaliadas. É importante notar que um CCi maior indica que o critério está localizado a uma distância mais próxima da PIS e mais distante da NIS.

Finalmente, podemos dizer que a ordem dos fornecedores é dada pelo ranking mostrado na Tabela 6 a seguir.

Ranking	Alternativas	CCi⁺
1	Fornecedor 8	0,8042
2	Fornecedor 13	0,7786
3	Fornecedor 11	0,7513
4	Fornecedor 15	0,7351
5	Fornecedor 2	0,6861
6	Fornecedor 4	0,6588
7	Fornecedor 14	0,6495
8	Fornecedor 3	0,6463
9	Fornecedor 19	0,6381
10	Fornecedor 12	0,5916
11	Fornecedor 16	0,5908
12	Fornecedor 5	0,5869
13	Fornecedor 1	0,5806

14	Fornecedor 7	0,5595
15	Fornecedor 21	0,5063
16	Fornecedor 20	0,4588
17	Fornecedor 9	0,4393
18	Fornecedor 10	0,4298
19	Fornecedor 22	0,4265
20	Fornecedor 6	0,3900
21	Fornecedor 17	0,3661
22	Fornecedor 23	0,2843
23	Fornecedor 18	0,1066

Tabela 6 - Ranking de fornecedores

Conforme apresentado na Tabela 6, o fornecedor 8 obteve o maior desempenho global na análise físico-química. Este é o produtor que detém a melhor qualidade do leite cru refrigerado. Também se destacam os Fornecedores 13, 11 e 15 que apresentaram bons desempenhos globais.

Em situação crítica, encontram-se os fornecedores 18, 23, 17 e 6, 22, 10, 9, 20 e 21, são os produtores que apresentam os menores desempenhos. Estes produtores precisam ser analisados com maior ênfase, uma vez que o leite fornecido por eles impactam de forma negativa na qualidade dos produtos finais.

Um fator agravante desta análise é que o Fornecedor 10 é um dos produtores mais importante em termos de quantidade, este, é responsável pelo fornecimento estimado de 1.100 litros de leite por dia, isto é, aproximadamente 6,1% do que é fornecido diariamente para empresa.

Para isto, medidas de intensificação do controle na obtenção de leite, aplicação de ferramentas da qualidade nas propriedades rurais, abrangendo a utilização de boas práticas no tocante ao bem estar animal, manejo sanitário, aplicação de medicamentos, qualidade da água, bem como a refrigeração e estocagem devem ser realizadas com uma ênfase maior aos fornecedores de baixo desempenho.

5. Considerações finais

O principal objetivo da análise físico-química consiste da identificação do valor alimentar e detecção da possibilidade adulteração. Para que a qualidade do leite seja assegurada, faz se necessário uma ação conjunta na capacitação e conscientização dos produtores desde o manejo de ordenha até a refrigeração e estocagem, para que a melhoria da qualidade do leite, visando, inclusive, o maior destaque no mercado possa ser atingida. A seguir, é imprescindível que controle de qualidade seja continuamente realizado, de modo que a qualidade do leite seja mantida.

Atualmente a análise físico-química do leite cru refrigerado é realizada a partir de amostras de cada um dos 3 tanques de resfriamento e não por cada um dos fornecedores de forma individual. Assim, a partir desse estudo foi possível identificar quais fornecedores apresentam inconformidades e em quais critérios seu desempenho é irregular. Com estes resultados, as ações corretivas poderão definidas e implementadas de forma eficiente.

Com a aplicação do método multicritério TOPSIS foi possível identificar o ranking entre os fornecedores e analisar quais são os fornecedores com o melhor desempenho em relação

aos critérios físico-químicos regulamentados na Instrução Normativa nº 76, recentemente publicada no Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Sugere-se como trabalho futuro, a utilização de outro método multicritério para que uma análise comparativa entre as metodologias possa ser identificada. Também é sugerido a replicação desse estudo após a implementação das ações de melhorias, monitoração e controle para cada um dos 23 fornecedores. Assim os novos resultados dos indicadores físico-químicos poderão validar as ações aplicadas.

Referências

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Saem novas regras para a produção de leite. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/saem-novas-regras-para-a-producao-de-leite>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Altera a Instrução Normativa MAPA nº 51, 18 de setembro de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, dez., 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Nov., 2018

CARVALHO, T. S.; SILVA, M. A. P.; BRASIL, R. B.; CABRAL, J. F.; GARCIA, J. C.; OLIVEIRA, A. N.; Qualidade do leite cru refrigerado obtido através de ordenha manual e mecânica. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora. v. 68, n. 390, p. 05-11, 2013.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple attributes decision-making methods and applications**. Heidelberg: Springer, 1981.

LAMPUGNANI, C. et al. Qualidade do leite cru refrigerado e características da produção leiteira na mesorregião oeste paranaense, Brasil. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Toste**, Juiz de Fora, v. 70, n. 6, p. 301–315, 2015.

PEREIRA, D. B. C.; SILVA, P. H. F. da; COSTA JÚNIOR, L. C. G. ; OLIVEIRA, L. L. . Físico-química do leite - Métodos analíticos. 2. ed. Juiz de Fora: Templo Gráfica e Editora, 2001. v. 01. 234 p.

SILVA, P. H. F.; PEREIRA, D. B. C. ; OLIVEIRA, L. L. ; COSTA JUNIOR, L. C. G. . Físico-química do leite e derivados - métodos analíticos. 1. ed. Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda., 1997. 190 p.