

## **IDENTIFICAÇÃO DA ADULTERAÇÃO DE LEITE COM UREIA ATRAVÉS DAS TÉCNICAS MULTIVARIADAS AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO BASEADO EM COMPONENTES PRINCIPAIS E ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR<sup>1</sup>**

Beatriz Denardi França<sup>2</sup>, Weber da Silva Robazzi<sup>3</sup>, Alessandro Cazonatto Galvão<sup>4</sup>, Gabriel da Silva Dariz<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Estudo da detecção de adulterantes no leite através de Espectrofotometria no Infravermelho por Transformada de Fourier”\*

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Química – CEO – Bolsista PROBIC/UDESC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO – weber.robazzi@udesc.br

<sup>4</sup> Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO

<sup>5</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Alimentos – CEO– Bolsista PROBIC/UDESC

O leite ocupa um lugar de destaque na nutrição humana como fonte de proteína, gordura, carboidrato e outros componentes essenciais. Por ser um produto muito comercializado, também é alvo de muitas adulterações. Um dos adulterantes mais utilizados é a ureia, que é utilizada para mascarar a diminuição do teor de proteína causado pelo acréscimo de água no leite, com essa adulteração é possível aumentar tanto o volume quanto o seu prazo de validade. As fraudes que adulteram a composição original do leite prejudicam a indústria, pois além de diminuir o rendimento industrial, podem gerar produtos de qualidade inferior e trazer riscos para a saúde de quem a consumir.

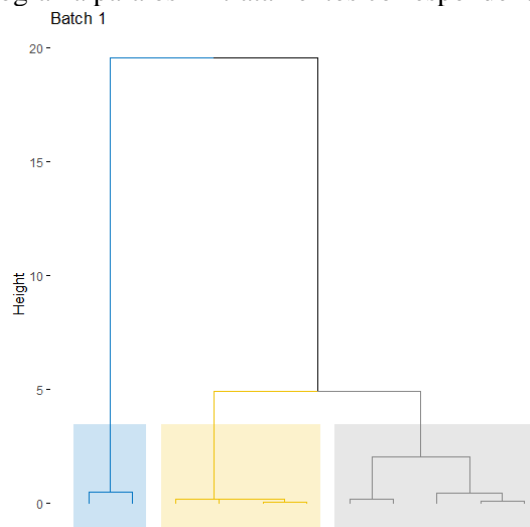
Encontrar adulterações feitas no leite não é algo simples, pois existe uma grande variedade de adulterantes que podem ser encontrados nas mais diversas concentrações. Alguns adulterantes podem ser identificados através da textura, solubilidade e densidade, porém outros necessitam de métodos mais sofisticados, como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, na sigla em inglês) e espectrofotometria no infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR, na sigla em inglês). Portanto, o objetivo desse projeto foi verificar a viabilidade do uso da espectroscopia de impedância elétrica em conjunto com técnicas multivariadas para identificar a adulteração de leite com ureia.

Para a realização do experimento foram coletados em dias diferentes 3 lotes de leite *in natura*, os quais foram doados por uma indústria de laticínios da cidade de Pinhalzinho/SC. Após sua recepção, as amostras foram armazenadas a 5 °C em refrigerador e analisadas no Laboratório de Termofísica Aplicada do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química da Universidade do Estado de Santa Catarina. Para cada lote, as amostras foram adulteradas com 11 diferentes concentrações (em fração mássica) de ureia, as quais variaram entre 0 (controle) e 31%. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R v. 4.0.2.

Para separar as amostras em grupos (*clusters*) com propriedades físicas semelhantes, foi aplicada a técnica de agrupamento hierárquico baseado em componentes principais (HCPC, na sigla em inglês), a qual usa a análise de componentes principais (PCA, na sigla em inglês) para reduzir os ruídos dos dados e identificar os grupos semelhantes de forma mais eficiente. Nesta etapa foi construído um dendrograma, o qual possibilitou dividir as amostras em três grupos, os quais foram classificados como baixa adulteração (menos de 8% de ureia), adulteração média (entre 8 e 16% de ureia) e alta adulteração (acima de 16% de ureia). Em seguida foi aplicada a Análise Discriminante Linear (LDA, na sigla em inglês), a qual foi empregada no conjunto dos

três lotes e validada através da modalidade *leave-one-out* de validação cruzada para verificar se a equação conseguia classificar adequadamente as amostras de acordo com a concentração de adulterante. Os resultados obtidos para o dendrograma e a matriz de confusão expressando os resultados da LDA estão apresentados na Figura 1 e Tabela 1.

**Figura 1.** Dendrograma para os 11 tratamentos correspondendo ao primeiro lote.



**Tabela 1.** Matriz de confusão após ajuste do modelo LDA.

Valores preditos	Valores observados			
		Baixa	Média	Alta
	Baixa	17	2	0
	Média	1	7	0
Alta	0	0	6	

A análise da matriz de confusão mostra que o modelo LDA desenvolvido conseguiu classificar corretamente 30 de um total de 33 amostras resultando num aproveitamento aproximado de 90%. As três classificações incorretas corresponderam a uma amostra de baixa adulteração, a qual foi classificada como média e duas amostras com adulteração média que foram classificadas como de baixa adulteração. Portanto, foi obtido através do presente trabalho que a aplicação das técnicas multivariadas HCPC (*Hierarchical Clustering on Principal Components*) e LDA (*Linear Discriminant Analysis*), aplicadas em conjunto com a Espectroscopia de Impedância Elétrica, são capazes de classificar de forma adequada amostras de leite adulteradas com ureia com limite de detecção aproximado de 7%..

**Palavras-chave:** Adulteração no leite. LDA. HCPC.

\* Devido à pandemia, não foi possível o deslocamento dos bolsistas para realização das medidas com FTIR. Por essa razão, foi feita uma parceria com uma empresa start-up da região, a qual cedeu o equipamento para realização das medidas de espectroscopia de impedância elétrica.