

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETO DE SÓDIO EM MARCAS COMERCIAIS DE SAL REFINADO PELO MÉTODO DE MOHR

Kauê C. dos Santos[1]; Debora C. Cardoso[1]; Luana K. A. do Nascimento[1]; Maria L. C. Lopes[1]; Valéria P. P. de Almeida[1]; Wallaf S. Lisboa[1] Liandra C. do R. Soares[1]; Victor W. B. Diniz[1]

[1]*Universidade do Estado do Pará*

kauesantos.uepa@gmail.com

Palavras-Chave: Método de Mohr, Cloretos, Sal de cozinha.

Introdução

A análise volumétrica por precipitação é uma técnica amplamente utilizada na química analítica para a determinação quantitativa de íons em solução, destacando-se pela sua precisão e aplicabilidade em diferentes matrizes. Entre esses métodos, o método de Mohr é um dos mais empregados na determinação de íons cloreto (Cl^-), sendo baseado em reações de precipitação envolvendo a solução padronizada de nitrato de prata ($AgNO_3$) (Skoog *et al.*, 2014).

O método de Mohr consiste na titulação de íons cloreto com solução padrão de nitrato de prata, utilizando o cromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador. Durante a titulação, ocorre inicialmente a formação do precipitado branco de cloreto de prata (AgCl). Após o consumo total dos íons cloreto, o excesso de íons prata reage com o indicador, formando o cromato de prata (Ag_2CrO_4), de coloração vermelho-castanho, indicando o ponto final da titulação (Vogel, 2002).

Esse método é amplamente empregado no controle de qualidade de águas, alimentos e produtos industriais, uma vez que a concentração de cloretos está associada tanto à origem natural quanto a possíveis fontes de contaminação, como despejos domésticos e industriais. Níveis elevados desse íon podem comprometer a potabilidade da água, alterar propriedades organolépticas, como sabor, e intensificar processos corrosivos em sistemas de distribuição e equipamentos (Brasil, 2011).

No entanto, sua aplicação exige controle rigoroso de condições experimentais, como o pH do meio e a ausência de íons interferentes, uma vez que outras espécies químicas podem formar precipitados com a prata ou reagir com o indicador, comprometendo a precisão dos resultados (Skoog *et al.*, 2014).

Além disso, na determinação do teor de cloretos em amostras reais, como o sal de cozinha, é fundamental considerar o fator de correção da solução titulante, uma vez que a concentração do nitrato de prata preparada experimentalmente pode apresentar desvios em relação ao valor teórico. A padronização da solução, geralmente realizada com cloreto de sódio de pureza conhecida, permite obter esse fator e, assim, corrigir os resultados obtidos, garantindo maior exatidão na análise. No caso de amostras comerciais de sal, a determinação do teor de cloretos é importante para verificar sua pureza e conformidade com padrões de qualidade, já que impurezas e aditivos podem influenciar os resultados analíticos (Vogel, 2002).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo aplicar o método de Mohr para a determinação do teor de cloreto de sódio em cinco amostras comerciais de sal de cozinha comercializada em Belém-PA.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Química da Universidade do Estado do Pará (UEPA), utilizando técnicas de análise volumétrica por precipitação. A solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) foi padronizada pelo método de Mohr, utilizando solução padrão de cloreto de sódio (NaCl) 0,1 mol·L^{-1}. Foram transferidos 10,0 mL da solução de NaCl para um erlenmeyer de 250 mL, completando-se o volume até aproximadamente 50 mL com água destilada. Em seguida, foram adicionados 0,5 mL da solução de cromato de potássio (K_2CrO_4), utilizada como indicador. A titulação foi realizada com solução de $AgNO_3$ 0,1 mol·L^{-1}, sob agitação, até o primeiro aparecimento de coloração vermelho-castanho persistente.

Também foi realizada uma prova em branco, utilizando-se 60 mL de água destilada, 0,5 mL de K_2CrO_4 e aproximadamente 0,5 g de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) isento de cloreto. A mistura foi titulada com $AgNO_3$ até a obtenção de coloração semelhante à observada no ponto final da titulação da solução padrão, sendo o volume consumido considerado nos cálculos de padronização.

Posteriormente, foram analisadas cinco marcas comerciais de sal de cozinha refinado. Para cada marca, foram realizadas três determinações independentes. Aproximadamente 0,150 g de cada amostra foram pesados em vidro de relógio e transferidos individualmente para erlenmeyers de 250 mL. As amostras foram dissolvidas em água destilada, completando-se o volume para aproximadamente 50 mL. Em seguida, foram adicionados 0,5 mL de K_2CrO_4 e realizada a titulação com a solução de $AgNO_3$ previamente padronizada, sob agitação, até o aparecimento de coloração vermelho-castanho persistente. Os volumes de $AgNO_3$ consumidos em cada determinação foram registrados e utilizados para os cálculos do teor de cloreto de sódio nas amostras.

Resultados e Discussão

A determinação do teor de NaCl nas amostras comerciais foi realizada por titulação de precipitação pelo método de Mohr, procedida pela padronização da solução de Nitrato de Prata ($AgNO_3$). Na etapa de padronização, foram realizadas três titulações que resultou em um volume médio de 10,13 mL, e logo em seguida foi realizada uma prova em branco que apresentou um volume constante de 0,1 mL nas três determinações, utilizada para a correção do volume de titulante consumido. O fator de correção encontrado foi de 0,9977, valor próximo à unidade, indicando que há uma pequena diferença entre a concentração nominal e a concentração efetiva da solução de $AgNO_3$. De acordo com Harris e Lucy (2017) a padronização é uma etapa importante em análises volumétricas para empregar diretamente em cálculos quantitativos, assim o valor do fator de correção obtido permitiu considerar a concentração experimental da solução de $AgNO_3$ na determinação das amostras.

O método de Mohr é uma titulação de precipitação que se baseia na formação de compostos poucos solúveis de prata. Esse método envolve duas reações principais e competitivas no meio reacional. Inicialmente, ocorre a precipitação dos íons cloreto presentes nas amostras com os íons prata do titulante, formando o cloreto de prata:

$$Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}\downarrow$$

Após o consumo completo dos íons Cl^-, o excesso mínimo de íons prata reage com o indicador cromato de potássio e forma o precipitado vermelho-castanho de cromato de prata:

$$2Ag^{+}_{(aq)} + CrO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow Ag_2CrO_{4(s)}\downarrow$$

A formação dessa coloração persistente caracteriza o ponto final da titulação. O método de determinação de cloretos por volumetria com nitrato de prata e cromato de potássio é descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) como um processo muito aplicável à análise de alimentos. Dessa forma, o volume de $AgNO_3$ consumido pode ser relacionado de forma estequiométrica com a quantidade de NaCl presente na amostra, considerando a proporção molar 1:1 entre os íons Ag^+ e Cl^- (Harris; Lucy, 2017).

Dessa forma, foram analisadas cinco marcas comerciais de sal refinado diferentes, identificadas como A, B, C, D e E. Para cada uma delas realizou-se três determinações. Os volumes de $AgNO_3$ foram corrigidos pela subtração do volume médio obtido na prova em branco e a partir dessas correções foram calculadas as massas correspondentes de NaCl e seus respectivos teores percentuais através da fórmula:

$$V \cdot N \cdot F_c = \frac{m}{Eq.g}$$
$$\%Cl^- = \frac{m_{Cl^-}}{m_{amostra}} \times 100$$

Por meio da fórmula apresentada, tem-se a tabela 1 que mostra os dados coletados durante a análise das amostras.

Os resultados apresentaram variação entre os teores experimentais de NaCl das cinco marcas analisadas. A amostra A apresentou o menor teor, com 96,92%, seguida pela amostra B, com 97,05%. Amostra C e E apresentaram valores de 98,47% e 98,60%, respectivamente, enquanto a maior concentração experimental foi observada para a amostra D, com 100,54%.

A divergência entre os resultados pode ser atribuída tanto às características individuais das amostras quanto às condições experimentais. Apesar de o sal refinado ser composto predominantemente por NaCl, sua composição pode englobar pequenas quantidades de outros componentes, além de apresentar variações em relação à umidade e às características do produto. A legislação brasileira estabelece padrões de identidade e qualidade para diferentes categorias de sal destinado ao consumo humano, incluindo o sal refinado (BRASIL, 1975).

O Decreto nº 75.697/1975 estabelece um teor mínimo de NaCl de 98,92% em sal refinado. Os valores obtidos para a amostra A (96,92%) e amostra B (97,05%) foram inferiores a esse parâmetro, enquanto a amostra C (98,46%) e amostra E (98,60%) apresentaram valores próximos, mas ainda assim ligeiramente inferiores. O resultado da amostra D foi de 100,54%.

Para interpretar essas comparações é preciso ter cautela, uma vez que a classificação oficial de cada produto e os outros requisitos legais não foram determinados neste estudo. Assim, não é adequado afirmar isoladamente a conformidade ou não conformidade das marcas apenas com base nos valores obtidos para NaCl. A legislação estabelece diversos critérios para as categorias de sal e inclui outros aspectos que também devem ser considerados na avaliação da qualidade do produto (Brasil, 1975).

Tabela 1: Valores de massa e volume obtidos para a determinação do teor de NaCl em amostras de sal refinado.

Identificação das amostras	Massa média (g)	Volume médio (mL)	Teor de NaCl (%)
A	0,150	24,9333	96,92
B	0,151	25,1333	97,05
C	0,150	25,3333	98,47
D	0,150	25,8667	100,54
E	0,150	25,3667	98,60

Fonte: Autores, 2026

O teor de 100,54% de NaCl obtido para a amostra D apresentou uma pequena extrapolação em relação ao valor teórico de 100%, correspondendo a uma diferença de apenas 0,54 ponto percentual. Esse resultado não deve ser interpretado literalmente como uma composição superior a 100% de NaCl, mas como uma superestimação experimental do teor da amostra. Em determinações volumétricas, o resultado calculado está sujeito às incertezas associadas às diferentes etapas da análise, de modo que pequenas variações podem refletir-se diretamente no valor final obtido (Harris; Lucy, 2017).

As particularidades do método de Mohr também podem explicar as diferenças nos resultados. Como o ponto final é determinado visualmente pela formação contínua do cromato de prata, pequenas alterações na percepção da mudança de cor podem influenciar o volume de $AgNO_3$ registrado e, consequentemente, o teor calculado. Além disso, fatores como leitura do menisco, pesagem das amostras, transferências de soluções e pequenas variações na execução das titulações podem influenciar a variabilidade dos resultados experimentais (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Conclusões

Os resultados obtidos permitiram determinar e comparar o teor de cloreto de sódio (NaCl) em cinco marcas comerciais de sal refinado por meio do método de Mohr. A padronização prévia da solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) resultou em fator de correção de 0,9977, valor próximo da unidade, indicando pequena diferença entre a concentração nominal e a concentração efetiva do titulante. A utilização desse fator, juntamente com a correção pela prova em branco, contribuiu para maior confiabilidade dos resultados obtidos.

A análise das amostras evidenciou diferenças entre as marcas avaliadas, com teores próximos entre si e, em geral, próximos ao valor esperado para sais comerciais. Dessa forma, o objetivo de comparar o teor de NaCl entre diferentes amostras comerciais foi alcançado, permitindo observar a variação dos resultados mesmo entre produtos submetidos ao mesmo procedimento analítico.

A maior parte dos resultados apresentou valores próximos à composição esperada para sais comerciais, enquanto o resultado de 100,54% obtido para a amostra D deve ser interpretado como uma estimativa experimental sujeita às incertezas do método, e não como uma composição efetivamente superior a 100% de NaCl. As diferenças observadas podem estar relacionadas à composição dos produtos e a fatores experimentais, como pesagem, leitura de volumes e identificação visual do ponto final da titulação.

A realização das análises em triplicata, a padronização do $AgNO_3$ e a utilização da prova em branco foram importantes para aumentar a confiabilidade das determinações. Assim, o método de Mohr mostrou-se adequado para a determinação e comparação do teor de NaCl nas amostras analisadas, atendendo aos objetivos propostos e demonstrando a aplicabilidade da análise volumétrica na avaliação comparativa de produtos comerciais.

Referências

BRASIL. **Decreto nº 75.697, de 6 de maio de 1975**. Aprova padrões de identidade para o sal destinado ao consumo humano. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 5245, 7 maio 1975.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 39, 14 dez. 2011.

HARRIS, Daniel C.; LUCY, Charles A. **Análise química quantitativa**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

SKOOG, Douglas A. et al. **Fundamentos de química analítica.** 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

VOGEL, Arthur Israel. **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.