

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Trabalho de Conclusão de Curso | Bacharelado em Química

Mayara Alves de Souza

**Determinação de elementos químicos em cosméticos  
comercializados no mercado brasileiro**

Santo André

2024

Mayara Alves de Souza

**Determinação de elementos químicos em cosméticos  
comercializados no mercado brasileiro**

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao Bacharelado em Química da UFABC  
para obtenção do título de Bacharel em Química

Orientador: Bruno Lemos Batista

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Resumo da correção entre regulamentações sobre concentração de metais em cosméticos.....	10
<b>Tabela 2</b> - Programação de micro-ondas utilizado para digestão em sistema fechado de amostras de Produtos de higiene pessoal.....	14
<b>Tabela 3</b> - Condições operacionais do ICP- MS para determinação elementar utilizada no procedimento (Agilent 7900).....	15
<b>Tabela 4</b> - Limite instrumental e metodológico em ( $\mu\text{g/g}$ ).....	17
<b>Tabela 5</b> - Critério de aceitação para recuperação segundo a AOAC.....	17
<b>Tabela 6</b> - Tabela Resumida de Recuperação ( $\mu\text{g/g}$ ).....	18
<b>Tabela 7</b> - Teste t de <i>Student</i> para os padrões de referência.....	18
<b>Tabela 8</b> - Concentrações ( $\mu\text{g/g}$ ) de elementos em diferentes tipos de produtos cosméticos..	19
<b>Tabela 9</b> - Comparação da concentração ( $\mu\text{g/g}$ ) de elementos químicos encontradas no presente estudo e em outros estudos da literatura para os diferentes cosméticos analisados. Resultados apresentados como média $\pm$ desvio Padrão (mínimo-máximo).....	21
<b>Tabela 10</b> - Concentração de chumbo nas amostras analisadas.....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AOAC</b>	<i>Association of Official Analytical Collaboration</i>
<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<b>EPT</b>	Elementos Potencialmente Tóxicos
<b>FDA</b>	<i>Food and Drug Administration</i>
<b>HPLC</b>	Cromatografia de Alta Eficiência
<b>ICP OES</b>	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado
<b>ICP-MS</b>	Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado
<b>RDC</b>	Resolução de Diretoria Colegiada
<b>UE</b>	União Européia

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	8
1.1 Elementos Potencialmente Tóxicos e sua relação com os cosméticos.....	8
1.2 Regulamentação.....	9
1.3 Determinação de EPT em cosméticos no mundo e no Brasil.....	10
1.4 A técnica de ICP-MS.....	10
1.5 Interferências Espectrais.....	12
1.6 Preparo de amostras para determinação por ICP-MS.....	13
2. Objetivo .....	13
3. Materiais e Métodos .....	13
3.1. Amostras .....	13
3.2 Preparo das amostras .....	14
3.3 Equipamento ICP-MS .....	164
3.4 Determinação de Elementos.....	15
3.5 Verificação de alguns parâmetros de validação do método.....	15
3.6 Controle de qualidade das análises.....	16
4. Resultados e Discussão .....	16
5. Conclusão .....	24
6. Referências .....	24

## RESUMO

O uso de cosméticos pode causar efeitos adversos para os consumidores, devido a presença de elementos químicos adicionados ou oriundos de contaminações. Alguns metais são essenciais, mas em concentrações elevadas são prejudiciais para a saúde humana. Garantir a segurança e qualidade dos produtos é imprescindível, no campo da indústria cosmética. Para cumprir essa exigência, diversos instrumentos e técnicas analíticas estão disponíveis. Neste estudo, foram analisados 40 produtos cosméticos de uso comum (shampoo, condicionador, loção hidratante, creme facial, creme para pernas, sabonete líquido, máscara capilar e protetor solar), comercializados no Brasil. As amostras foram analisadas para a determinação da concentração de dez elementos químicos (alumínio, arsênio, cádmio, cromo, cobre, ferro, mercúrio, antimônio, estanho e zinco), através de ICP-MS (Espectrometria de Massa com plasma indutivamente acoplado), uma técnica com excelente limite de detecção, para a determinação de elementos químicos. Alumínio, cromo, ferro e zinco são os elementos encontrados em maiores concentrações nos produtos estudados, sendo que o uso de cromo é proibido pela legislação brasileira e foi detectado em todas as amostras analisadas.

**Palavras-chave:** cosméticos; elementos químicos; ICP-MS; legislação; indústria

## **ABSTRACT**

The use of cosmetics can cause adverse effects for consumers, due to the presence of added chemical elements or from contamination. Some metals are essential, but in high concentrations they are harmful to human health. Ensuring the safety and quality of products is essential in the cosmetics industry. To meet this requirement, various analytical instruments and techniques are available. In this study, 40 commonly used cosmetic products (shampoo, conditioner, moisturizing lotion, face cream, leg cream, liquid soap, hair mask and sunscreen) marketed in Brazil were analyzed. The samples were analyzed to determine the concentration of ten chemical elements (aluminum, arsenic, cadmium, chromium, copper, iron, mercury, antimony, tin and zinc) using ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), a technique with an excellent detection limit for determining chemical elements. Aluminum, chromium, iron and zinc are the elements found in the highest concentrations in the products studied, and the use of chromium is prohibited by Brazilian legislation and was detected in all the samples analyzed.

**Keywords:** cosmetics; chemical elements; ICP-MS; legislation; industry

## 1. Introdução

### 1.1 Elementos Potencialmente Tóxicos e sua relação com os cosméticos

Uma substância ou elemento químico pode ser definida como tóxica quando provoca um efeito adverso à saúde humana decorrente da sua interação com o organismo, podendo causar desde reação de hipersensibilidade leve até a morte (Pereira, 2018). Os elementos potencialmente tóxicos (EPT) são aqueles que têm a capacidade de entrarem em contato com organismos vivos podendo causar danos nos tecidos.

A palavra cosmético vem do grego “kosmetikós”, que significa “habilidade em adornar” (Oliveira, 2022). De acordo com a ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, órgão responsável pela regulamentação do mercado cosmético no Brasil, podemos definir cosmético, como:

“Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes são preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado” (ANVISA, 2005).

Cosméticos contêm uma variedade de ingredientes e, muitas vezes, podem conter elementos indesejáveis ou tóxicos em pequenas quantidades, cuja incorporação pode ocorrer durante o processo de fabricação ou como consequência da contaminação ambiental, e como são aplicados diretamente na pele, cabelos e unhas, podem criar um caminho potencial para a absorção de produtos químicos no corpo, por isso, a determinação de elementos em cosméticos é um processo crucial na indústria cosmética, uma vez que garante a segurança e a qualidade dos produtos utilizados diariamente por milhões de pessoas em todo o mundo.

Segundo o relatório anual da Euromonitor (2022) o mercado global de cosméticos é de mais de US\$ 534 bilhões, sendo que o Brasil ocupa o 4º lugar (US\$ 26,8 bilhões).

A presença de metais tóxicos em cosméticos origina-se por impurezas na forma de pigmentos, conservantes, filtros UV, agentes antifúngicos e antibacterianos (Oliveira, 2022). Embora muitos oligoelementos sejam essenciais para a saúde humana, quantidades excessivas ou a presença de elementos tóxicos podem ter efeitos adversos nos consumidores. Portanto, a análise exata e precisa de oligoelementos em produtos cosméticos é vital para determinar sua segurança. Por exemplo, o chumbo e o mercúrio são metais potencialmente tóxicos que podem ser encontrados em certos cosméticos como batons e sombras para os olhos (Batista,

2019). A exposição a esses elementos por meio do uso regular de cosméticos contaminados pode levar a problemas de saúde, como danos aos rins, sistema nervoso e até mesmo câncer.

Outra razão pela qual a determinação de elementos em cosméticos é importante está relacionada à rotulagem e à informação correta prestada aos consumidores. Através da análise desses produtos, é possível verificar se os elementos presentes estão em conformidade com padrões regulatórios e normas de segurança estabelecidas pelas agências governamentais e se estão dentro dos limites considerados aceitáveis. Isso permite que os consumidores tomem uma decisão mais assertiva ao escolher um produto e se sintam seguros em relação ao que estão usando em seu corpo.

Além disso, a determinação de elementos em cosméticos é essencial para prevenir reações alérgicas e irritações na pele dos consumidores. Muitas pessoas são alérgicas a certos elementos, e a presença dessas substâncias em cosméticos pode desencadear uma reação negativa. Através da análise e identificação dos elementos presentes nos cosméticos, é possível evitar a comercialização de produtos que podem causar alergias ou irritações na pele dos consumidores.

## **1.2 Regulamentação**

A legislação é um fator essencial na indústria cosmética, com o objetivo de assegurar a proteção do consumidor e evitar a comercialização de produtos inseguros. Em vários países, órgãos reguladores como a *Food and Drug Administration* (FDA) nos Estados Unidos, a União Europeia (UE) e outras autoridades relevantes estabeleceram limites máximos para a presença de certos elementos em cosméticos para proteger a segurança do consumidor.

Além disso, regulamentações internacionais também destacam a necessidade de monitoramento de metais pesados em produtos cosméticos. Essas regulamentações variam dependendo do país ou região. Por exemplo, a União Europeia estabeleceu o Regulamento (CE) nº 1223/2009, que define os limites permitidos para a presença de certos EPT em produtos cosméticos, mas segundo o artigo 17: “É permitida a presença não deliberada de uma pequena quantidade de uma substância proibida, resultante de impurezas de ingredientes naturais ou sintéticos.” Nos Estados Unidos, o FDA, codificado no Capítulo 21, Código de Regulamentos Federais (21 CFR), partes 700 a 740, não obriga que os fabricantes de cosméticos testem seus produtos, mas incita que devem realizar testes toxicológicos apropriados. A Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil definiu limites específicos para elementos como chumbo e mercúrio em produtos cosméticos (ANVISA,

2013). A Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) n°529 (ANVISA, 2021) estabelece uma lista de elementos proibidos e as concentrações máximas permitidas em produtos cosméticos.

A tabela 1, traz um resumo de alguns metais presentes em cosméticos e a correlação entre os regulamentos da ANVISA, FDA e UE.

Tabela 1: Resumo da correção entre regulamentações sobre concentração de elementos em cosméticos

Elemento	ANVISA	FDA	UE
<b>As</b>	Proibido (até 3 ppm como impureza em corantes)	Limites de acordo com o corante	Proibido
<b>Cr</b>	Proibido	Máximo 50 ppm como impureza	Proibido
<b>Cd</b>	Proibido	Não há limite estabelecido	Proibido
<b>Hg</b>	Proibido	< 1 ppm (até 65 ppm em conservante em produtos para a área dos olhos)	Proibido
<b>Sb</b>	Proibido	Não há limite estabelecido	Proibido

Fonte: ANVISA RDC 529 (2021); FDA (2022); União Européia CE n° 1223 (2009)

### 1.3 Determinação de EPT em cosméticos no mundo e no Brasil

Alguns pesquisadores, estudaram a presença de elementos em cosméticos ao redor do mundo. Faruruwa e Bartholomew (2014), analisaram 40 amostras de cosméticos faciais e encontraram cádmio em 85% das amostras e chumbo acima dos limites permitidos na Nigéria, em quase metade das amostras. Na revisão bibliográfica, realizada por Borowska e Brzóška (2015), indicou que a presença de metais pesados, principalmente alumínio em concentrações elevadas foram encontradas em diferentes cosméticos produzidos em diversos países. Alam, et al, (2019), detectou concentrações de chumbo e cádmio elevados em amostras de diferentes cremes de um mercado local de Bangladesh. Em 2016, Salama concluiu que o uso contínuo de cosméticos poderia resultar em um aumento do nível de metais pesados no corpo humano, além dos limites aceitáveis. E em 2022, Almukainzi, et al, detectou concentrações levados de cromo, arsênio e chumbo, em diferentes produtos de higiene e cuidado pessoal.

### 1.4 A técnica de ICP-MS

Para realizar a determinação de elementos em cosméticos, existem várias técnicas analíticas disponíveis. Uma das técnicas mais comuns é a espectroscopia de absorção atômica (AA), que permite a determinação quantitativa de elementos metálicos em diferentes matrizes. A absorção atômica é uma técnica com ótimos limites de detecção, que pode ser utilizada para

determinar a concentração de diversos elementos, como chumbo, cobre, zinco, níquel, entre outros (Barin, 2016).

Outro método utilizado na determinação de elementos em cosméticos é a cromatografia de alta eficiência (HPLC), especialmente para a determinação de elementos orgânicos, como conservantes e corantes. A HPLC separa e detecta os elementos de interesse em uma amostra, permitindo uma análise precisa de sua presença e concentração (Huang, 2020).

Outra técnica bastante utilizada na determinação de elementos em cosméticos é a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES). Essa técnica permite a determinação simultânea de vários elementos em uma ampla faixa de concentração, oferecendo alta sensibilidade e precisão analítica. O princípio da ICP OES é a emissão de energia dos átomos ou íons excitados ao decaírem para o estado fundamental de energia (Smith, 2015). Já, a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) também é frequentemente empregada sendo uma das técnicas mais adequadas para essa finalidade, uma vez que é capaz de detectar e quantificar elementos em concentrações muito baixas, em uma ampla faixa de massa atômica. A técnica é particularmente útil para elementos traços, metais potencialmente tóxicos e inclusive radionuclídeos, como chumbo, arsênico e urânio, que podem ser prejudiciais à saúde humana. O princípio de funcionamento da ICP-MS é a detecção da carga/massa de um íon gerado pelo plasma (Smith, 2015).

ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) é uma técnica baseada na combinação de duas técnicas analíticas: a capacidade de ionização do plasma indutivo (ICP) e a sensibilidade e seletividade da espectrometria de massa (MS). O plasma indutivo é uma fonte de alta temperatura e ionização utilizada para excitar os átomos presentes na amostra. A partir disso, os átomos são ionizados e introduzidos no espectrômetro de massas. Os íons resultantes são então separados de acordo com sua razão massa/carga, fornecendo informações valiosas sobre a composição elementar da amostra (Smith, 2015). A técnica ICP-MS oferece excelente sensibilidade, precisão e seletividade, tornando-a uma escolha ideal para análise de oligoelementos em várias indústrias, incluindo cosméticos, pois, permite a determinação simultânea de uma ampla gama de elementos em concentrações extremamente baixas, até mesmo em ppb (partes por bilhão) ou ppt (partes por trilhão) (Cioato, 2018).

A importância do ICP-MS na indústria cosmética pode ser ilustrada por alguns estudos e regulamentos relevantes. Um estudo publicado no *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* mostrou que a aplicação do ICP-MS para avaliar a presença de metais pesados em produtos cosméticos foi eficaz para controlar a contaminação e garantir a

segurança desses produtos (Dobrzyńska et al., 2020). Esse estudo ressalta a importância do ICP-MS como ferramenta analítica na garantia da qualidade dos produtos cosméticos.

A utilização do ICP-MS como uma técnica de análise eficaz e confiável é fundamental para garantir a conformidade com esses regulamentos (Cazes, 2005). Os testes de controle de qualidade por ICP-MS não apenas permitem que os fabricantes cumpram os requisitos regulamentares, mas também ajudam a identificar fontes de contaminação, melhorar a formulação dos produtos e rastrear os elementos utilizados nos cosméticos, além de garantir uma estrutura robusta para que os fabricantes evitem recalls de produtos e mantenham a confiança do consumidor.

Na indústria, o ICP-MS encontra múltiplas aplicações. Uma dessas aplicações é a análise de metais potencialmente tóxicos, principalmente aqueles com potencial de toxicidade, como chumbo (Pb), mercúrio (Hg), arsênio (As) e cádmio (Cd). Esses elementos podem ser introduzidos em produtos por meio de diversas matérias-primas e processos de fabricação. Ao empregar o ICP-MS, os fabricantes podem detectar até mesmo baixas concentrações desses contaminantes, permitindo-lhes identificar e eliminar riscos potenciais à saúde associados à exposição excessiva a metais pesados (Busto, 2019).

Além disso, o ICP-MS pode ser usado para avaliar a eficácia das medidas de controle de qualidade durante o desenvolvimento de produtos e processos de fabricação. Ao quantificar oligoelementos em produtos cosméticos, os fabricantes podem garantir a consistência nas formulações, verificar as alegações do produto, como conteúdo mineral, fornecer às autoridades reguladoras evidências científicas necessárias para garantir a segurança dos consumidores, identificar fontes de contaminação e manter a uniformidade de lote para lote. Essa análise garante que os consumidores recebam produtos confiáveis e seguros, enquanto os fabricantes obtêm uma vantagem competitiva no mercado (Busto, 2019).

### **1.5 Interferências Espectrais**

As interferências espectrais ocorrem quando íons de diferentes elementos ou isótopos têm relação massa/carga semelhantes, levando à sobreposição em seus espectros de massa. Essas interferências espectrais podem resultar em quantificação imprecisa e má interpretação dos dados. Para superar interferências espectrais no ICP-MS, diversas estratégias foram desenvolvidas. Essas estratégias incluem o uso de células de colisão/reação para remover ou reduzir espécies interferentes, o emprego de analisadores de massa de alta resolução para separar picos sobrepostos e a implementação de algoritmos de correção para quantificar com precisão os analitos alvo na presença de interferências. Ao implementar estas estratégias, os

investigadores podem garantir a viabilidade e precisão dos resultados de ICP-MS (Pröfrock e Prange, 2012).

### **1.6 Preparo de amostras para determinação por ICP-MS**

Para realizar a análise de cosméticos por ICP-MS, é necessária uma preparação adequada da amostra. Isso envolve a digestão da amostra para que seja obtida uma solução líquida ao final da decomposição, que é a forma ideal que a amostra deve se apresentar para ser introduzida no ICP-MS para análise (Andrade, 2019). As concentrações dos elementos presentes nos cosméticos podem ser determinadas em comparação com padrões de calibração e, dessa forma, calcular a quantidade presente em cada produto.

A digestão pode ser realizada de várias formas: em recipientes abertos, como digestão por cinzas em forno mufla, porém, apesar de ser um preparo simples, este método é demorado e pode estar sujeito a perdas e/ou contaminações (Barin, et al, 2016). Estudos, como o de Fernandes (2020) e Aguiar (2017), mostram que a digestão ácida em sistema fechado em micro-ondas são eficientes para o preparo de amostras. Fernandes (2020) obteve êxito com a utilização de Ácido nítrico, peróxido de hidrogênio e água deionizada. Aguiar (2017) obteve êxito em digestão em sistema fechado em micro-ondas, tendo a vantagem de realizar a digestão de várias amostras ao mesmo tempo.

## **2. Objetivo**

Determinar a concentração de elementos em amostras de cosméticos comercializados no Brasil, verificar se estão em conformidade regulatória e comparar com as concentrações encontradas em outros estudos semelhantes.

## **3. Materiais e Métodos**

### **3.1 Amostras**

Foram analisadas 40 amostras diferentes de produtos de higiene e cuidado pessoal, comercializados no Brasil, sendo, 5 amostras de shampoo, 5 amostras de condicionador, 5 amostras de loção hidratante, 5 amostras de creme para pernas, 5 amostras de sabonete facial, 5 amostras de creme facial, 5 amostras de máscara capilar e 5 amostras de protetor solar. Estas amostras contemplam 14 diferentes fabricantes.

### 3.2 Preparo das amostras

Para a abertura das amostras, foram pesados aproximadamente entre 100 - 150 mg de amostra em tubos de média pressão e 5mL de ácido nítrico (Merck, Darmstadt, Alemanha) purificado por destilação abaixo do ponto de ebulição com subdestilador de quartzo (DST-1000, Savillex, USA), 4 mL de água ultrapura (resistividade 18 M $\Omega$  cm<sup>-1</sup>; marca Gehaka, modelo MS2000) e 1mL de peróxido de hidrogênio (30% em volume). As amostras foram aquecidas em micro-ondas em sistema fechado (Easy, Milestone, Itália), em um ciclo duplo, conforme programação da tabela 2. Após esse tempo, com as amostras em temperatura ambiente, os tubos foram abertos e avolumados para 40g e seu conteúdo transferido para um tubo (Falcon, Mexico) de 50mL, devidamente identificado. As amostras foram analisadas em duplicata sempre com um branco a cada batelada de aquecimento.

Tabela 2: Programação de micro-ondas utilizado para digestão em sistema fechado de amostras de Produtos de higiene pessoal

Etapa	Tempo	Potência (W)	Temperatura (°C)
1	0 a 10 min	1700	Temp. ambiente a 170 °C
2	10 a 25 min	1700	170°C
3	25 a 45 min	0	170 °C a Temp. ambiente

Fonte: Elaboração própria (2024)

### 3.3 Equipamento ICP-MS

Foi utilizado um espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS 7900, Agilent, Japão). O sistema de introdução da amostra foi composto por câmara de nebulização tipo Scott duplo-passo, nebulizador *Mira Mist*, ligados por tubos do tipo Tygon a bomba peristáltica do ICP-MS (fixada em 20 rpm), bico injetor de quartzo (1,5 $\mu$ m de diâmetro de abertura), cone de amostragem de níquel com 0,9mm de diâmetro de abertura (onde é realiza a amostragem dos íons do analito) e skimmer de 0,45mm (onde os íons são atraídos depois de passarem por uma região da interface de baixa pressão e se expandirem) (Pearson, 2019). Os gases utilizados foram argônio (plasma) e hélio (reação) de alta pureza (99,999%, White Martins, Brasil). Demais dados de condição do equipamento, na tabela 3.

Tabela 3: Condições operacionais do ICP- MS para determinação elementar utilizada no procedimento (Agilent 7900)

<b>Aparato</b>	<b>Condição operacional</b>
Nebulizador	<i>Mira Mist</i>
Câmara de nebulização	<i>Scott-double pass</i>
Tocha	Quartzo (1,5µm)
Auto-Lentes	Ligada
Potência de RF(W)	1550
Argônio (L.min <sup>-1</sup> )	Nebulizador: 1.0 Plasma: 15 Auxiliar: 1.2
Célula de colisão	Hélio (pureza>99,999%)
Interface	Cones de platina <i>Sampler (amostragem): 0,9mm</i> <i>Skimmer (extrator): 0,45mm</i>
Isótopos determinados	<sup>27</sup> Al (No gas), <sup>52</sup> Cr (He), <sup>56</sup> Fe (He), <sup>65</sup> Cu (He), <sup>66</sup> Zn (He), <sup>75</sup> As (He), <sup>111</sup> Cd (No gás), <sup>118</sup> Sn (He), <sup>121</sup> Sb (He), <sup>201</sup> Hg (No gas)
Padrão Interno	<sup>103</sup> Rh (He, No gas)
Modo de varredura	<i>Peak hopping</i>
Tempo de integração (ms)	2000
Replicatas	2
<i>Sweeps</i> (varreduras)	100
Leituras	1
Amostragem (ml.min <sup>-1</sup> )	1,0

Fonte: Elaboração própria (2024)

### 3.4 Determinação de Elementos

Soluções padrão de calibração foram preparadas para determinação de elementos por ICP-MS. Foram preparadas as concentrações de 1 µg L<sup>-1</sup>, 5 µg L<sup>-1</sup>, 10 µg L<sup>-1</sup>, 20 µg L<sup>-1</sup>, 50 µg L<sup>-1</sup>, 100 µg L<sup>-1</sup>, 200 µg L<sup>-1</sup> e 500 µg L<sup>-1</sup>. Brancos analíticos e de preparo de amostras bem como e materiais de referência certificados (CRM) também foram analisados.

Para verificar a exatidão e precisão dos métodos de preparo e análises, os CRMs utilizados foram: *Estuarine Sediment* (Sigma 1646a), *Fish protein* (Dorm-4) e Folhas de tomate (Agro FT\_012016). Foram escolhidos CRMs com matriz semelhante aos materiais de estudo.

Foi utilizado um padrão interno para fornecer uma referência para a quantidade de analito presente na amostra. Nesse estudo, foi utilizado <sup>103</sup>Rh como padrão interno, por ser um elemento que não sofre e não causa interferência espectral para os elementos de interesse.

### 3.5 Verificação de alguns parâmetros de validação do método

Os limites de detecção é a menor quantidade de analito na amostra que pode ser detectada pelo método. O limite de quantificação é a menor quantidade de analito na mostra que pode ser determinada quantitativamente com precisão e exatidão aceitáveis.

O limite de detecção instrumental (LOD<sub>i</sub>) foi calculado como sendo a média das concentrações de 10 brancos das digestões das amostras somado a 3 desvios padrão dessas medidas (LOURENÇO, et al, 2020):

$$\text{LOD}_i = M_{10\text{brancos}} + 3 \times \text{DP}_{\text{brancos}} \quad (\text{Eq. 1})$$

O limite de quantificação instrumental (LOQ<sub>i</sub>) foi calculado como sendo

$$\text{LOQ}_i = 3,3 \times \text{LOD}_i \quad (\text{Eq. 2})$$

O limite de detecção metodológico (LOD<sub>m</sub>) foi calculado como sendo

$$\text{LOD}_m = \text{LOD}_i \times \text{Fator de diluição} (\sim 200) \quad (\text{Eq. 3})$$

O limite de quantificação metodológico (LOQ<sub>m</sub>) foi calculado como sendo

$$\text{LOQ}_m = \text{LOQ}_i \times \text{Fator de diluição} (\sim 200) \quad (\text{Eq. 4})$$

A linearidade refere-se à capacidade do método de gerar resultados linearmente proporcionais à concentração do analito, enquadrados em faixa analítica especificada. Esse parâmetro pode ser demonstrado pelo coeficiente de correlação do gráfico analítico (Brito, 2003).

A recuperação mede a tendência total do procedimento analítico e, portanto, é uma expressão de sua veracidade.

### 3.6 Controle de qualidade das análises

Para testar a igualdade entre o valor encontrado e o valor certificado, foi utilizado o teste t de *Student*, que é um dos métodos mais utilizado para se avaliar as diferenças entre as médias entre dois grupos :

$$t_{\text{calculado}} = (\bar{x} - \mu) \frac{\sqrt{n}}{s} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:  $\bar{x}$  é a média dos valores obtidos,  $\mu$  é o valor conhecido,  $n$  é o número de replicatas e  $s$  é o desvio-padrão.

## 4. Resultados e Discussão

O método foi aplicado em 40 amostras de produtos cosméticos de higiene e cuidados pessoais líquidos/semi-líquidos, de uso diário, como shampoos e hidratantes corporais. Os limites de detecção encontrados estão na Tabela 4.

Tabela 4: Limite instrumental e metodológico em ( $\mu\text{g/g}$ )

Elementos	Limite Instrumental		Limite Metodológico	
	LODi	LOQi	LODm	LOQm
Al	0,5	1,6	103	322
Cr	0,3	1,1	70	219
Fe	0,3	0,9	57	181
Cu	0,0	0,0	1	5
Zn	0,0	0,1	3	10
As	0	0,0	0,0	0,2
Cd	0	0	0,0	0,0
Sn	0,0	0,0	1,5	4,6
Sb	0	0,0	0,1	0,2
Hg	0	0	0,0	0,0

Fonte: Elaboração própria (2024)

A linearidade teve variação entre 0,9978 e 0,9999. De acordo com a RDC 166 (ANVISA, 2017), o coeficiente de correlação deve estar acima de 0,990.

O valor que pode ser considerado como boa recuperação, de acordo com a Associação Oficial de Química Analítica (AOAC, 2012), depende de fatores como a matriz em estudo, o preparo da amostra e a concentração na qual o elemento se encontra. Considerando que os valores dos elementos estudados são de pequena ordem de grandeza, o intervalo aceito como adequado está descrito na tabela 5.

Tabela 5: Critério de aceitação para recuperação segundo a AOAC

Razão do analito (ppm)	Recuperação Média (%)
1	80 - 110
10	80 - 110
100	90 - 107

Fonte: AOAC (2012)

Os valores de recuperação estão demonstrados na tabela 6.

Tabela 6: Tabela Resumida de Recuperação ( $\mu\text{g/g}$ )

	Folha de Tomate			<i>Dorm-4</i>			<i>Estuarine Sediment</i>		
	Valor certificado	Média	Recuperação (%)	Valor certificado	Média	Recuperação (%)	Valor certificado	Média	Recuperação (%)
Al	1990 $\pm$ 520	1457 $\pm$ 100	73	1280 $\pm$ 340	1897 $\pm$ 44	148	22970 $\pm$ 18	15259 $\pm$ 1129	66
Cr	6,7 $\pm$ 1,5	116 $\pm$ 46	1724	1,9 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,6	93	40,9 $\pm$ 1,9	160 $\pm$ 43	390
Fe	1120 $\pm$ 190	882 $\pm$ 38	79	343 $\pm$ 20	345 $\pm$ 37	100	2,0 $\pm$ 0,0	16139 $\pm$ 242	80
Cu	1130 $\pm$ 140	1010 $\pm$ 20	89	15,7 $\pm$ 0,5	16 $\pm$ 0	105	10,0 $\pm$ 0,3	11 $\pm$ 0	115
Zn	37,5 $\pm$ 5,0	38 $\pm$ 6	101	51,6 $\pm$ 2,8	56 $\pm$ 0	109	48,9 $\pm$ 1,6	50 $\pm$ 2	101
As	19,0 $\pm$ 2,8	21 $\pm$ 0,4	110	6,9 $\pm$ 0,4	7 $\pm$ 0	98	6,2 $\pm$ 0,2	7 $\pm$ 0	117
Cd	26,6 $\pm$ 2,1	28 $\pm$ 0,3	104	0,30 $\pm$ 0,02	0,3 $\pm$ 0,0	102	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	116
Sn	-	-	-	-	-	-	5	5 $\pm$ 0	95
Sb	-	-	-	-	-	-	0,3	0,2 $\pm$ 0,2	80
Hg	0,16 $\pm$ 0,06	0,16 $\pm$ 0,09	97	0,41 $\pm$ 0,04	0,5 $\pm$ 0,0	111	0,04	0,04 $\pm$ 0,01	102

Fonte: Elaboração própria (2024)

O teste t de Student (com nível de 95% de confiança), foi realizado de acordo com os dados apresentados na tabela 7. Os resultados encontrados, mostram que para cada elemento, com exceção do alumínio, cobre e estanho, ao menos um padrão de referência, apresenta boa concordância com os valores de referência, considerando um t tabelado = 3,182.

Tabela 7: Teste t de *Student* para os padrões de referência

Elementos e Modos	Folha de Tomate	<i>Dorm-4</i>	<i>Estuarine Sediment</i>
	T calculado	T calculado	T calculado
Al	10,687	27,740	13,664
Cr	4,710	0,396	5,583
Fe	12,573	0,077	32,561
Cu	12,111	4,673	25,600
Zn	0,099	18,211	0,520
As	10,000	1,047	25,529
Cd	8,165	0,909	4,800
Sn	-	-	44,000
Sb	-	-	0,646
Hg	0,115	6,769	0,222

Fonte: Elaboração própria (2024)

Na Tabela 8 encontram-se as concentrações nas amostras de cosméticos analisadas.

Tabela 8: Concentrações ( $\mu\text{g/g}$ ) de elementos em diferentes tipos de produtos cosméticos

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Sb	Sn	Zn
SHAMPOO	345 ± 87	<1	<1	180 ± 39	4 ± 1	140 ± 22	<1	<1	5 ± 1	11 ± 4
	409 ± 154	<1	<1	220 ± 80	5 ± 2	172 ± 54	<1	<1	6 ± 2	15 ± 9
	460 ± 178	<1	<1	249 ± 97	5 ± 2	201 ± 73	<1	<1	7 ± 3	15 ± 8
	586 ± 116	<1	<1	222 ± 80	5 ± 2	179 ± 48	<1	<1	6 ± 2	13 ± 5
	400 ± 117	<1	<1	220 ± 60	5 ± 2	177 ± 42	<1	<1	6 ± 2	16 ± 6
CONDICIONA DOR	287 ± 93	<1	<1	162 ± 49	3 ± 1	124 ± 30	<1	<1	4 ± 1	9 ± 4
	320 ± 35	<1	<1	182 ± 23	4 ± 1	143 ± 11	<1	<1	5 ± 1	11 ± 5
	653 ± 329	<1	<1	364 ± 185	8 ± 4	277 ± 127	<1	<1	9 ± 5	18 ± 10
	412 ± 111	<1	<1	228 ± 55	5 ± 1	177 ± 33	<1	<1	6 ± 2	17 ± 8
	412 ± 122	<1	<1	228 ± 65	5 ± 2	182 ± 47	<1	<1	6 ± 2	13 ± 4
LOÇAO HIDRATANTE	334 ± 6	<1	<1	173 ± 3	4 ± 0,2	138 ± 5	<1	<1	5 ± 0,2	8 ± 1
	602 ± 44	<1	<1	299 ± 6	7 ± 0,2	231 ± 2	<1	<1	8 ± 0,3	16 ± 2
	328 ± 56	<1	<1	149 ± 1	3 ± 0	141 ± 0	<1	<1	4 ± 0,2	9 ± 2
	380 ± 72	<1	<1	204 ± 40	4 ± 1	175 ± 38	<1	<1	5 ± 1	9 ± 2
	425 ± 114	<1	<1	233 ± 71	5 ± 2	186 ± 53	<1	<1	6 ± 2	11 ± 5
CREME PARA PERNAS	371 ± 79	<1	<1	210 ± 48	5 ± 1	180 ± 44	<1	<1	6 ± 1	10 ± 3
	325 ± 46	<1	<1	179 ± 23	4 ± 1	152 ± 23	<1	<1	5 ± 1	8 ± 1
	423 ± 135	<1	<1	231 ± 69	5 ± 2	199 ± 64	<1	<1	5 ± 1	11 ± 4
	335 ± 99	<1	<1	187 ± 55	4 ± 1	161 ± 51	<1	<1	5 ± 2	9 ± 3
	382 ± 82	<1	<1	215 ± 44	5 ± 1	184 ± 43	<1	<1	5 ± 1	10 ± 3
SABONETE FACIAL	134 ± 25	ND	<1	70 ± 12	1 ± 0	60 ± 10	<1	<1	2 ± 0	6 ± 2
	165 ± 52	ND	<1	80 ± 22	2 ± 1	68 ± 19	<1	ND	2 ± 1	4 ± 1
	153 ± 3	ND	<1	79 ± 1	2 ± 0	67 ± 1	<1	ND	2 ± 0	502 ± 46
	147 ± 17	ND	<1	79 ± 9	2 ± 0	67 ± 7	<1	<1	2 ± 0	3 ± 1
	157 ± 19	ND	<1	85 ± 13	2 ± 0	72 ± 10	<1	ND	2 ± 0	515 ± 507
CREME FACIAL	158 ± 12	ND	<1	84 ± 8	2 ± 0	70 ± 7	<1	ND	2 ± 0	447 ± 439
	163 ± 26	ND	<1	83 ± 17	2 ± 0	71 ± 13	<1	ND	2 ± 0	4 ± 1
	127 ± 21	ND	<1	65 ± 11	1 ± 0	56 ± 10	<1	<1	2 ± 0	13 ± 10
	159 ± 12	ND	<1	81 ± 7	2 ± 0	69 ± 5	<1	<1	2 ± 0	6 ± 2
	335 ± 36	ND	<1	88 ± 12	2 ± 0	74 ± 10	<1	ND	2 ± 0	6 ± 2
MASCARA CAPILAR	141 ± 4	ND	<1	72 ± 3	2 ± 0	61 ± 3	<1	ND	2 ± 0	5 ± 2
	164 ± 26	ND	<1	73 ± 16	1 ± 0	65 ± 13	<1	ND	2 ± 0	3 ± 1
	95 ± 6	ND	<1	48 ± 2	1 ± 0	41 ± 2	<1	ND	1 ± 0	2 ± 0
	138 ± 23	ND	<1	69 ± 11	1 ± 0	57 ± 9	<1	ND	2 ± 0	3 ± 1
	162 ± 22	ND	<1	57 ± 17	1 ± 0	49 ± 14	<1	ND	1 ± 0	2 ± 1
PROTETOR SOLAR	153 ± 34	ND	<1	66 ± 7	1 ± 0	58 ± 7	<1	ND	1 ± 1	97 ± 93
	280 ± 2	ND	<1	67 ± 5	1 ± 0	6339 ± 1809	<1	ND	51 ± 0	3 ± 0
	174 ± 0	ND	<1	73 ± 17	2 ± 0	66 ± 14	<1	ND	1 ± 1	146 ± 141
	190 ± 53	ND	<1	52 ± 18	1 ± 0	45 ± 15	<1	ND	1 ± 0	2 ± 1
	126 ± 7	ND	<1	65 ± 4	1 ± 0	56 ± 3	<1	ND	1 ± 0	3 ± 0

Fonte: Elaboração própria (2024)

Comparando os resultados obtidos, com os resultados de outros trabalhos, conforme tabela 9, pode-se observar que em produtos capilares, o alumínio, ferro e zinco são os elementos em maiores concentrações nesse tipo de produto. Sendo que nesse estudo, a concentração de zinco é menor comparada a pesquisa de Almukainzi, et al (2022) e Ullah, et al (2017) para shampoos e máscaras.

Para loção corporal, a concentração de zinco e cobre encontrada foi consideravelmente menor em comparação ao encontrado por Almukainzi, et al (2022) e próxima ao encontrado por Ullah, et al (2017) e Salama (2016), respectivamente.

Para sabonetes, a concentração de alumínio encontrada foi menor e a de cromo foi maior em relação ao estudo de Salama (2016).

Em protetores solar, a concentração de alumínio foi maior e as concentrações de cobre e zinco foram menores, em comparação aos valores encontrados por Almukainzi, et al (2022).

Em todas as amostras analisadas, a concentração de cromo detectada foi maior do que o permitido pela legislação (ANVISA, 2021; FDA, 2022 e UE, 2009), porém, a quantidade de cromo recuperada foi alta, indicando que houve interferência espectral. Somente um CRM apresentou uma boa recuperação. Uma interferência comum, é a formação de íons poliatômicos, gerados a partir da combinação de dois ou mais átomos que surgem da interação das espécies existentes no plasma e elementos presentes nos solventes utilizados ou na matriz. (Dias, 2004; Holler et. al., 2009). Nesse caso, os dois CRMs que apresentaram alta recuperação, podem ter sofrido uma digestão incompleta, deixando o meio da amostra, pronta para injeção, rica em carbono. Esse carbono de massa 12, somado ao argônio do plasma de massa 40, dá 52, massa do cromo. Uma estratégia para corrigir essa interferência, é a aprimoração da digestão para essas amostras.

Arsênio, cádmio e mercúrio que são considerados elementos potencialmente tóxicos (Nnorom, 2005; Sainio, et al, 2001) foram detectados em concentrações <1 ppm. Segundo a ANVISA (2021), o arsênio e seus compostos podem ser utilizados em corantes em uma concentração máxima de 3 ppm (anexo da RDC 529). O cádmio e o mercúrio têm uso proibido pela ANVISA (anexo da RDC 529, 2021) e podem ter uma concentração máxima de 1 ppm como contaminante (FDA, 2022).

Antimônio e seus compostos, são proibidos em cosméticos segundo a ANVISA (RDC 529, 2021) e foram detectados em concentrações < 1ppm.

**Tabela 9:** Comparação da concentração ( $\mu\text{g/g}$ ) de elementos químicos encontradas no presente estudo e em outros estudos da literatura para os diferentes cosméticos analisados. Resultados apresentados como média  $\pm$  desvio Padrão (mínimo-máximo).

<b>Elementos químicos</b>											
	<b>Al</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Hg</b>	<b>Sb</b>	<b>Sn</b>	<b>Zn</b>	
<b>Shampoo</b>	440 $\pm$ 91 (345 - 586)	<1	<1	218 $\pm$ 25 (180 - 249)	5 $\pm$ 1 (4 - 5)	174 $\pm$ 22 (140 - 201)	<1	<1	5,8 $\pm$ 0,6 (5 - 7)	14 $\pm$ 2 (11 - 16)	Este estudo
	167 $\pm$ 104 (65 - 127)	<1	<1	<1	5 $\pm$ 2 (1 - 5)	-	<1	-	-	-	(Salama, 2016)
	793 $\pm$ 1121	1 $\pm$ 2	<1	52 $\pm$ 74	116 $\pm$ 164	543 $\pm$ 767	-	-	-	190 $\pm$ 269	(Almukainzi, et al, 2022)
	-	-	<1	ND	1,118 $\pm$ 0,003 (0,071 - 2,387)	72,27 $\pm$ 0,07 (27,97 - 154,20)	-	-	-	501,82 $\pm$ 0,018 (0,496 - 1500)	(Ullah, et al, 2017)
<b>Condicionador</b>	417 $\pm$ 143 (287 - 653)	<1	<1	233 $\pm$ 79 (162 - 364)	5 $\pm$ 2 (3 - 8)	181 $\pm$ 59 (124 - 277)	<1	<1	6 $\pm$ 2 (4 - 9)	13 $\pm$ 4 (9 - 18)	Este estudo (LeBranc, et al, 1999)
	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
<b>Loção Corporal</b>	413 $\pm$ 112 (328 - 602)	<1	<1	212 $\pm$ 58 (149 - 299)	5 $\pm$ 1 (3 - 7)	174 $\pm$ 38 (141 - 231)	<1	<1	5 $\pm$ 2 (4 - 8)	11 $\pm$ 3 (8 - 16)	Este estudo
	121 $\pm$ 151 (147 - 340)	<1	<1	<1	8 $\pm$ 5 (3 - 9)	-	<1	-	-	-	(Salama, 2016)
	-	-	3 $\pm$ 2	<1	-	-	<1	-	-	-	(Alam, et al, 2019)
	113 $\pm$ 160	1 $\pm$ 2	<1	66 $\pm$ 93	155 $\pm$ 220	0,98 $\pm$ 1,39	-	-	-	208 $\pm$ 294	(Almukainzi, et al, 2022)
-	-	<1	ND	23,43 $\pm$ 0,04 (2,06 - 65,34)	2188 $\pm$ 0 (1846 - 2469)	-	-	-	11,74 $\pm$ 0,02 (0,65 - 32,83)	(Ullah, et al, 2017)	

<b>Creme Pernas</b>	367 ± 39 (325 - 423)	<1	<1	204 ± 21 (179 - 231)	4 ± 1 (4 - 5)	175 ± 19 (152 - 199)	<1	<1	5 ± 0 (5 - 6)	9 ± 1 (8 - 11)	Este estudo
<b>Sabonete</b>	151 ± 12 (134 - 165)	<1	<1	79 ± 6 (70 - 85)	2 ± 0 (1 - 2)	67 ± 4 (60 - 72)	<1	<1	2 ± 0 (2 - 2)	206 ± 276 (3 - 515)	Este estudo
	655 ± 439 (635- 1224)	<1	ND	0,8 ± 1,3 (ND - 1,11)	9 ± 7 (6 - 22)	-	<1	-	-	-	(Salama, 2016)
<b>Creme Facial</b>	188 ± 83 (127 - 335)	ND	<1	80 ± 9 (65 - 88)	1,7 ± 0,2 (1 - 2)	68 ± 7 (56 - 71)	<1	ND	2,1 ± 0,2 (2 - 2)	95 ± 197 (4 - 447)	Este estudo
	12042 ± 17028	<1	0,11 ± 0,14	68 ± 95	123 ± 174	95438 ± 134969	-	-	-	216 ± 305	(Almukainzi, et al, 2022)
<b>Máscara</b>	140 ± 28 (95 - 162)	ND	<1	64 ± 11 (48 - 73)	1,3 ± 0,3 (1 - 2)	54 ± 10 (41 - 65)	<1	ND	1,6 ± 0,3 (1 - 2)	3 ± 1 (2 - 5)	Este estudo
	43 ± 60	4 ± 5	<1	21 ± 29	40 ± 57	273733 ± 387116				120 ± 169	(Almukainzi, et al, 2022)
	92,5 ± 0,6	<1	<1	<1	4,96 ± 0,03	-	<1	-		-	(Salama, 2016)
<b>Protetor solar</b>	185 ± 58 (126 - 280)	ND	<1	65 ± 8 (52 - 73)	1,3 ± 0,2 (1 - 2)	56 ± 2810 (45 - 6339)	<1	ND	1 ± 0 (1 - 1)	50, ± 67 (2 - 146)	Este estudo
	94 ± 132	1,1 ± 1,5	4 ± 6	501 ± 72	102 ± 144,	598 ± 845	-	-	-	202 ± 287	(Almukainzi, et al, 2022)
	-	-	0	<1	0	-	-	0	-	-	(Frigo, et al, 2021)

Fonte: Elaboração própria (2024)

Uma análise semi-quantitativa foi realizada para o chumbo, utilizando uma varredura rápida. Os dados estão representados na tabela 10. O uso de acetato de chumbo é proibido pela FDA (2022), mas é regulamentado no Brasil pela RDC 15 (ANVISA, 2013), sendo permitido o equivalente a 6000 ppm calculado como chumbo no produto final. Nesse estudo, todas as amostras analisadas as concentrações detectadas foram menores.

Tabela 10: Concentração de chumbo nas amostras analisadas

	Amostra	Concentração média ( $\mu\text{g/g}$ )		Amostra	Concentração média ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>SHAMPOO</b>	S1	$3,6 \pm 1,3$	<b>CONDICIONADOR</b>	C1	$2,9 \pm 1,3$
	S2	$4,5 \pm 2,5$		C2	$3,4 \pm 0,6$
	S3	$4,5 \pm 2,5$		C3	$6,6 \pm 3,7$
	S4	$4,2 \pm 2,2$		C4	$4,6 \pm 1,7$
	S5	$4,3 \pm 1,8$		C5	$4,3 \pm 1,7$
<b>LOÇÃO</b>	L1	$3,5 \pm 0,2$	<b>CREME PARA PERNAS</b>	V1	$4,4 \pm 1,6$
	L2	$4,6 \pm 2,1$		V2	$3,7 \pm 0,8$
	L3	$4,3 \pm 2,0$		V3	$5,0 \pm 2,1$
	L4	$4,3 \pm 1,3$		V4	$4,2 \pm 1,8$
	L5	$4,9 \pm 2,3$		V5	$4,8 \pm 1,5$
<b>SABONETE FACIAL</b>	B1	$1,7 \pm 0,4$	<b>SÉRUM ANTIRRUGAS</b>	A1	$1,7 \pm 0,2$
	B2	$1,7 \pm 0,5$		A2	$1,8 \pm 0,5$
	B3	$1,7 \pm 0,1$		A3	$3,0 \pm 2,3$
	B4	$1,5 \pm 0,2$		A4	$2,2 \pm 0,3$
	B5	$1,7 \pm 0,4$		A5	$2,14 \pm 0,02$
<b>MÁSCARA CAPILAR</b>	M1	$1,7 \pm 0,2$	<b>PROTETOR SOLAR</b>	P1	$1,4 \pm 0,2$
	M2	$1,5 \pm 0,3$		P2	$1,35 \pm 0,07$
	M3	$1,0 \pm 0,1$		P3	$1,3 \pm 0,5$
	M4	$1,4 \pm 0,4$		P4	$0,9 \pm 0,5$
	M5	$1,1 \pm 0,5$		P5	$1,2 \pm 0,1$

Fonte: Elaboração própria (2024)

## 5. Conclusão

Com esse estudo, podemos observar que metais potencialmente tóxicos estão presentes em produtos comuns de higiene pessoal, portanto, a determinação de elementos em cosméticos é um processo fundamental para garantir a segurança e a qualidade desses produtos. A presença de elementos tóxicos nesses produtos, mesmo em baixas concentrações, com o uso contínuo pode causar danos à saúde dos consumidores; enquanto a falta de informação adequada nos rótulos, pode levar a reações alérgicas e irritações na pele.

Concentrações de elementos foram detectados acima do permitido regularmente, evidenciando que análises devem ser realizadas regularmente pelos fabricantes de cosméticos para garantir que seus produtos sejam seguros e confiáveis para os consumidores e os órgãos reguladores devem exigir que análises químicas em cosméticos sejam realizadas para cumprir os limites estabelecidos para as substâncias presentes nesses produtos.

O ICP-MS é um método analítico eficiente para determinar elementos em cosméticos. A capacidade dessa técnica de detectar e quantificar traços de elementos indesejáveis em concentrações muito baixas torna-o indispensável para garantir a segurança e qualidade dos produtos cosméticos.

## 6. Referências:

ABIHPEC. Associação brasileira da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. São Paulo, 2022.

AGUIAR, G. F. M. Avaliação de métodos empregando a espectrometria de massas com plasma acoplado (ICP-MS) para determinação de impurezas elementares e especiação química de arsênio e mercúrio em fármacos e excipientes. Universidade de São Paulo: Ribeirão Preto, 2017.

ALAM, M.F., AKHTER, M., MAZUMDER, B. *et al.* Assessment of some heavy metals in selected cosmetics commonly used in Bangladesh and human health risk. *J Anal Sci Technol* **10**, 2, 2019. <https://doi.org/10.1186/s40543-018-0162-0>.

ALLENBY, C. F., Basketter, D. A. An arm immersion model of compromised skin. *Contact Dermatitis* 1993: 28: 129–133.

ALMUKAINZI, M., ALOTAIBI, L., ABDULWAHAB, A. et al. Quality and safety investigation of commonly used topical cosmetic preparations. *Sci Rep* 12, 18299, 2022.

ANDRADE, T. B. M. Desenvolvimento de Métodos de Digestão Empregando Ácido Diluído e de Análise Química por EDXRF para a Bata-Doce. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 211. Regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005.

ANVISA. Lista de Restrições e Limites de Concentração para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013.

ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 166. Validação de métodos analíticos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2017.

ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 529. Lista de substâncias que não podem ser utilizadas em produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2021.

AOAC Official Methods of Analysis; *Guidelines for standard method performance requirements*, 2012.

BATISTA, H. S. Determinação dos teores de metais em batons vendidos no comércio de importados e em redes de cosméticos da cidade de São Luis – MA. Universidade Federal do Maranhão, 2019.

BOROWSKA, S., & Brzoska, M. Metals in cosmetics: implications for human health. *Journal of Applied Toxicology*. 35, 551–572, 2015.

BARIN, J. S., Mello, P. A., Mesko, M. F., Duarte, F. A., & Flores, E. M. M. . Determination of elemental impurities in pharmaceutical products and related matrices by ICP-based methods: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(17), 4547–4566. doi:10.1007/s00216-016-9471-6, 2016.

BRITO, N.M. Validação de Métodos Analíticos: Estratégia e Discussão. Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente, Curitiba, v. 13, p. 129-146, jan./dez. 2003.

BUSTO, M.D., Aluste, I.M., Pavón, J.L.P. (2019). "Determination of heavy metals in cosmetics: a review". Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. Vol. 143, pp. 203-214.

CAZES, J. (editor). Analytical Instrumentation Handbook. 3. ed. Nova York: Marcel Dekker, 2005.

CIOATO, D. Validação de Metodologia para Determinação de Cádmio e Chumbo em Alho. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

DIAS, L. F. Determinação De Metais Traço Em Sedimento Por Espectrometria De Massa Com Plasma Indutivamente Acoplado. 2004. 92 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

DOBZYŃSKA, M., Gienza, A., Tyburcy, A. et al. Application of ICP-MS for evaluating the presence of selected heavy metals in cosmetic products. J Pharm Biomed Anal 185, 113199, 2020.

Euromonitor Internacional. 2022 Disponível em: <<https://www.euromonitor.com/>> Acesso em: 30 de abril de 2024.

FARARUWA, M. D; BARTHOLOMEW, S.P. Study of heavy metal contents in facial cosmetics obtained from open markets and superstores within Kaduna metropolis, Nigeria. Am. J. Chem. Appl.. 1. 27-33, 2014.

FDA. FDA's testing of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury, and nickel conten, FD, 2022.

FERNANDES. C. P. B. B. Estudo de Preparo de Amostra para Análise Multielementar em Tintas para Cabelo por ICP-MS. Departamento de Química PUC-Rio, 2020.

FRIGO, F. Q., et al. Cosméticos e Saúde: Avaliação quantitativa de metais tóxicos em produtos cosméticos por espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado. *Ulakes Journal of Medicine*. V.1 n.2, p. 122-134, 2021.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. *Princípios de Análise Instrumental*. 6a edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HUANG, H., Li, Z., Dong, Y. et al. . Determination of organic compounds in cosmetics using high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. Vol. 1629, 461507, 2020.

LEBLANC, A.; DUMAS, P.; LEVEBVRE, L. *Trace element content of commercial shampoos: impact on trace element levels in hair*. Elsevier: Canada, 1999.

LOURENÇO, F. R.; Mello, G. E., *Guia Eurachem/CITAC Definindo e Utilizando a Incerteza alvo em Medições Químicas (Versão em Português)*, ForMEQ, 2020.

NNOROM, I. C. Trace metal contents of facial (make-up) cosmetics commonly used in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, Uturu, v.4, p.1133-1138, 2005.

OLIVEIRA, C. B. *A problemática presença de Metais Pesados em Cosméticos*. Universidade Federal Fluminense: Volta Redonda, 2022.

PEARSON, G. *É assim que se utiliza o ICP-MS: Dominando a arte do desempenho do cone*. Agilent Technologies, Austrália, 2019.

PEREIRA, J.X.; PEREIRA, T. C. *Cosmetics and its Health Risks*. *Global Journal of Medical Research*, v. 18, p. 63-70, 2018.

PRÖFROCK, D.; PRANGE, A. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) for quantitative analysis in environmental and life sciences: a review of challenges, solutions, and trends. *Appl Spectrosc*. 2012 Aug;66(8):843-68. doi: 10.1366/12-06681. Epub 2012 Jul 13. PMID: 22800465.

SMITH, D. R.; NORDBERG, M. General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation. In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M. Handbook on the Toxicology of Metals. 4. ed. London: Academic Press. p. 15-44, 2015.

União Europeia – EU. Regulamento (CE) N° 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de novembro de 2009, relativo aos produtos cosméticos. Jornal Oficial da União Europeia, 22 de dezembro 2009.

SAINIO, Eeva-liisa et al. Metals and arsenic in eye shadows. Contact Dermatitis: Environmental and Occupational Dermatitis, Helsinki, v.42, p. 05-10, 2001.

SALAMA, A. K. Assessment of metals in cosmetics commonly used in Saudi Arabia. *Environ Monit Avaliar.* 188 , 553, 2016. doi.org/10.1007/s10661-016-5550-6.

ULLAH H, Noreen S, Fozia, Rehman A, Waseem A, Zubair S, Adnan M, Ahmad I. Comparative study of heavy metals content in cosmetic products of different countries marketed in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arab. J. Chem.*, 2017. DOI: 10.1016/j.arabic.2013.09.021.