

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
(CEFET-MG)**

**Larissa Bianca Peixoto de Oliveira**

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CÁDMIO E CHUMBO EM BIJUTERIAS  
COMERCIALIZADAS EM BELO HORIZONTE E AVALIAÇÃO DOS  
IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS**

**Belo Horizonte (MG)**

**2020**

**Larissa Bianca Peixoto de Oliveira**

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CÁDMIO E CHUMBO EM BIJUTERIAS  
COMERCIALIZADAS EM BELO HORIZONTE E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS  
SOCIAIS E AMBIENTAIS**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Química Tecnológica.**

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr. Adriana de Almeida  
Pinto Bracarense.**

**Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr. Flávia Regina de  
Amorim.**

**CEFET-MG**

**Belo Horizonte (MG)**

**2020**

**Larissa Bianca Peixoto de Oliveira**

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CÁDMIO E CHUMBO EM BIJUTERIAS  
COMERCIALIZADAS EM BELO HORIZONTE E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS  
SOCIAIS E AMBIENTAIS**

**Trabalho de conclusão de curso do Bacharelado em  
Química Tecnológica  
CEFET-MG**

**Belo Horizonte, 19 de novembro de 2020**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr. Adriana de Almeida Pinto Bracarense  
(Orientador – CEFET-MG)**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr. Flávia Regina de Amorim  
(Co-orientadora – CEFET-MG)**

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Patrícia Sueli de Rezende  
(Avaliadora – CEFET-MG)**

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rosiane Resende Leite  
(Avaliadora – CEFET-MG)**

*Dedico este trabalho a Deus, meu Senhor e Salvador, aos meus pais pelo incentivo diário, ao meu esposo pelo carinho envolvido e aos professores que me auxiliaram nesta caminhada. Muito obrigada!*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sua infinita bondade, graça e misericórdia. Sou grata pela oportunidade dada e pelas bênçãos derramadas.

Agradeço aos meus pais, Roberto e Eliana que me deram amor, suporte, auxílio e pelo empenho envolvido para que este sonho pudesse ser realizado.

Agradeço a minha irmã Esther pelo carinho, amor e cuidado comigo.

Agradeço ao meu esposo Charles que me incentivou, me apoiou e esteve ao meu lado nas decisões mais complicadas da vida.

Agradeço a minha igreja, Comunidade Evangélica Luz do Mundo, por todo carinho, apoio e pelas orações direcionadas.

Agradeço ao CEFET-MG, aos professores, aos monitores e técnicos por todo suporte, pelo conhecimento adquirido e por ser esta instituição renomada de ensino.

Agradeço aos meus amigos de faculdade pela parceria. Vocês fizeram parte desta história!

Agradeço as minhas professoras, Adriana Bracarense e Flávia Amorim, pela paciência e todo ensino repassado. Obrigada por todas as dicas e por toda atenção que me deram. Vocês são minha fonte de inspiração!

A vitória é nossa!

O que conta não são os quilates, mas o efeito.  
(Coco Chanel)

## RESUMO

**OLIVEIRA, L. B. P.; BRACARENSE, A. A. P.; AMORIM, F. R. Determinação do teor de cádmio e chumbo em bijuterias comercializadas em Belo Horizonte e avaliação dos impactos sociais e ambientais.**

O crescente número de comércios que vendem bijuterias e acessórios tem levado a uma preocupação quanto à procedência dos materiais utilizados em sua fabricação. Metais tóxicos como chumbo e cádmio são potencialmente perigosos à saúde e ao meio ambiente, e podem ser utilizados em ligas para produzir bijuterias. Entretanto, não existe uma conscientização da população para o descarte destes produtos, que muitas vezes ocorre de forma irregular, podendo levar a biodisponibilidade em diferentes substratos, tendo em vista que são bioacumuladores. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a presença de metais tóxicos em bijuterias do comércio de Belo Horizonte utilizando Espectroscopia Dispersiva de Raio x e quantificar os metais chumbo e cádmio empregando a Espectrometria de Absorção Atômica em Chama. Objetivou-se ainda avaliar o impacto ambiental a partir de testes de ecotoxicidade com bioindicador *Allium cepa* e avaliar o conhecimento da comunidade acadêmica do CEFET-MG sobre metais tóxicos e sua presença em bijuterias. Dessa forma, foi realizada uma coleta na região central da cidade de Belo Horizonte sendo separadas 40 amostras de bijuterias juntamente com as partes desmontáveis, sendo que 8 dessas amostras foram dissolvidas. Utilizando o equipamento de raio x, foi possível identificar a presença de elementos com elevada toxicidade, tais como cromo, níquel, cério, chumbo e cádmio. Após o preparo, as 8 amostras anteriormente selecionadas foram levadas a absorção atômica para análise quantitativa do teor dos metais cádmio e chumbo. Observou-se que três amostras apresentaram valores superiores ao permitido para cádmio estando eles em uma faixa de 0,06% a 0,074% m/m. Já para chumbo duas amostras apresentaram valores superiores em uma faixa de 0,06% a 0,25% m/m sendo que, os valores máximos permitidos pela Portaria 043/2016 do INMETRO são 0,03% m/m para chumbo e 0,01% m/m para cádmio. No teste de ecotoxicidade observou-se que duas amostras apresentaram capacidade inibidora sobre o crescimento das raízes, demonstrando seu potencial tóxico no processo de simulação do intemperismo natural com a água do poço artesiano. Tendo em vista os testes realizados verificou-se por meio da aplicação do questionário que na comunidade acadêmica do CEFET-MG 85,6% conhecem sobre metais tóxicos, porém 80,4% desconhecem sobre quais metais são usados na fabricação das bijuterias.

Dessa forma, a abordagem da logística reversa se torna uma solução quanto ao descarte das bijuterias levando em conta a quantificação dos metais encontrados nas amostras e a possibilidade de contaminação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Bijuterias. Metais tóxicos. Meio ambiente.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema do equipamento EDX.....	9
Figura 2 - Esquema do funcionamento do F AAS.....	11
Figura 3 - Áreas da toxicologia. ....	11
Figura 4 - Cadeia de causalidade.....	12
Figura 5 - Processo esquemático: materiais e métodos.....	14
Figura 6 - Esquema de dissolução utilizando o bloco digestor. ....	17
Figura 7 - Aspecto das soluções após dissolução.....	17
Figura 8 - Montagem da simulação de intemperismo natural. ....	19
Figura 9 - Montagem do teste de ecotoxicidade.....	20
Figura 10 - Curvas de calibração: Cádmió e Chumbo. ....	24
Figura 11 - Aparência das amostras após contato com a água.....	27
Figura 12 - Crescimento das raízes em contato com a água do poço em comparação com água da torneira.....	28
Figura 13 - Resultados das amostras de bijuterias em contato com a água do poço artesiano.....	29
Figura 14 - Gráfico da distribuição de gênero entre os participantes.....	31
Figura 15 - Gráfico das áreas de atuação.....	32
Figura 16 - Gráfico da utilização de bijuterias. ....	32
Figura 17 - Gráfico sobre frequência de uso das bijuterias.....	32
Figura 18 - Gráfico sobre a coloração de preferência. ....	33
Figura 19 - Gráfico dos tipos de objetos utilizados.....	33
Figura 20 - Gráfico sobre o conhecimento dos metais em bijuterias.....	34
Figura 21 - Gráfico sobre a possibilidade de encontrar metais tóxicos em bijuterias.....	34
Figura 22 - Gráfico sobre alergia as bijuterias.....	35
Figura 23 - Gráfico sobre onde são compradas as bijuterias.....	36
Figura 24 - Gráfico sobre a frequência de descarte de bijuterias.....	36
Figura 25 - Gráfico sobre o local de descarte das bijuterias.....	37
Figura 26 - Gráfico sobre ser correto ou não descartar em lixo comum.....	37
Figura 27 - Gráfico sobre as respostas dos colaboradores quando questionados a respeito do conhecimento da logística reversa.....	38
Figura 28 - Gráfico sobre o conhecimento acadêmico sobre metais tóxicos.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros recomendados pelo fabricante na quantificação de Cd e Pb por F AAS. .....	18
Tabela 2 - Resultados análise no F AAS. ....	25
Tabela 3 - Resultados do comprimento das raízes das diferentes águas - controle.....	28
Tabela 4 - Resultados das medições do comprimento das raízes das amostras. ....	29

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Codificação das amostras. ....	15
Quadro 2 - Amostras escolhidas para teste de ecotoxicidade. ....	18
Quadro 3 - Resultados da análise no EDX-720 amostras prateadas. ....	21
Quadro 4 - Resultados da análise no EDX-720 amostras douradas. ....	22
Quadro 5 - Comparação entre as técnicas de detecção de metais EDX e FAAS. ....	26
Quadro 6 - Postos de recolhimento de bijuterias em Belo Horizonte. ....	38
Quadro 7 - Levantamento sobre a abordagem de metais tóxicos na graduação do CEFET- MG. .....	39
Quadro 8 - Levantamento sobre a abordagem de metais tóxicos nos cursos técnicos do CEFET- MG. ....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
EDX	Espectroscopia Dispersiva de Raio X
F AAS	Espectrometria de Absorção Atômica em Chama
ASTM	Sociedade Americana para Testes e Materiais
Pb	Chumbo
Cd	Cádmio
ATSDR	Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e Controle de Doenças
AAS	Espectrometria de Absorção Atômica
CEFET –MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
POP	Procedimento Operacional Padrão
OMS	Organização Mundial da Saúde
IPCS	Programa Internacional de Segurança Química
BH	Belo Horizonte

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo geral .....	4
2.2. Objetivos específicos .....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Bijuterias .....	5
3.2. Metal tóxico: chumbo .....	6
3.3. Metal tóxico: cádmio .....	8
3.4. Equipamentos de análise: EDX .....	9
3.5. Equipamentos de análise: F AAS .....	10
3.6. Teste de ecotoxicidade.....	11
3.7. Estudos investigativos e análise de dados.....	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	14
4.1. Amostragem.....	15
4.2. Espectroscopia Dispersiva de Raio X (EDX) .....	16
4.3. Preparo das Amostras .....	16
4.4. Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (F AAS) .....	17
4.5. Simulação de intemperismo natural.....	18
4.6. Teste de ecotoxicidade.....	19
4.7. Estudos investigativos e Análise de dados .....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5.1. Análise no EDX.....	20
5.2. Quantificação de cádmio e chumbo na espectrometria de absorção atômica em chama (F AAS) .....	24
5.3. Simulação de intemperismo natural.....	27
5.4. Teste de ecotoxicidade.....	28

5.5. Estudos investigativos e Análise de dados. ....	31
6. CONCLUSÃO .....	41
7. PERSPECTIVAS FUTURAS .....	42
8. REFERÊNCIAS .....	42
9. APÊNDICE A .....	50
10. APÊNDICE B.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

As joias são artefatos utilizados pelas pessoas datados há mais de 30 mil anos antes de Cristo. Sendo inicialmente fabricadas de restos de animais mortos como dentes e conchas, até o uso mais recente utilizando pedras preciosas. O uso das joias foi modificado com o marco histórico da grande depressão que afetou o mundo inteiro, principalmente os Estados Unidos, em 1929. Com a economia em queda e o desemprego em alta o setor de joias também foi afetado, levando comerciantes a mudar a constituição dessas, adicionando materiais de menor custo. Dessa inovação, surgiu o termo *bijouteire*, palavra francesa que significa joia (GOLA, 2008).

O processo de fabricação da bijuteria envolve o uso de fios poliméricos ou metálicos maleáveis além de materiais como plástico, vidro, pedras, miçangas, alfinetes e colas que são facilmente manuseados com o auxílio de alicates. Os fios podem ser constituídos de ligas de latão, composta geralmente de cobre e zinco, fornecendo assim melhor acabamento e brilho. Também, encontra-se ligas de cobre e chumbo nas quais se torna melhor para fabricação de peças pequenas ou até ligas de cobre, zinco e níquel que são resistentes a corrosão (ALVES, 2016).

Em contrapartida, ligas com zinco em sua constituição, possuem impurezas metálicas vindas da extração do minério de zinco. Chumbo, cádmio, estanho e ferro são geralmente encontrados associados e, dependendo da concentração, se tornam tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano (FERREIRA, 2016). Assim, com o aumento do consumo de bijuterias no mercado atual, uma grande quantidade de metais tóxicos é disponibilizada no meio ambiente. Entretanto, nenhum programa de conscientização da população foi criado, a fim de abordar os danos que o descarte inadequado desses materiais pode causar ao meio ambiente e à saúde humana. De acordo com Carvalho (2015), devido a cidade de Limeira (SP) concentrar um polo de fabricação de joias e com isso apresentar uma alta contaminação por metais tóxicos, a prefeitura teve que melhorar o tratamento de esgotos da cidade incluindo a remoção de poluentes (nível terciário), conforme o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) emitido pelo ministério público.

Os solos contaminados por cádmio ocorrem principalmente por meio da mineração e de atividades industriais metalúrgicas, afetando também o crescimento natural das plantas. Por ser capaz de dar brilho às peças, é tóxico mesmo em baixas concentrações, sendo carcinogênico

ele afeta órgãos como rins e fígado. Pessoas infectadas com este metal sob a forma aguda apresentam pneumonia química, já pela forma crônica, quando o indivíduo se expõe a pequenas concentrações por um tempo prolongado, podem apresentar enfisemas e problemas no sistema cardiovascular e esquelético (FERREIRA, 2016).

O chumbo, por sua vez, pode causar problemas neurológicos quando é absorvido pela corrente sanguínea. Levando em conta os impactos ambientais, as contaminações são provenientes de atividades humanas afetando solos, vegetações e podendo ser transportadas pelos rios. Seu efeito no organismo humano, assim como o cádmio, afeta os rins, provocando também distúrbios no sistema nervoso e sanguíneo podendo ser carcinogênico (GARCIA, 2017).

Diante dos problemas que podem ser causados pelo descarte irregular e a saúde das pessoas, em janeiro de 2016 o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) publicou a Portaria 043/2016 que regulamenta sobre as concentrações máximas desses metais em bijuterias. Ficou estabelecido que até 2020 a concentração de chumbo não deve ultrapassar 0,03% em massa e a concentração de cádmio não deve ultrapassar 0,01% em massa.

Estudos realizados por Pais *et al.* (2018) indicaram a presença de cádmio em bijuterias oriundas da China e vendidas na cidade de Uberaba - MG. Tais bijuterias, apresentavam esse metal em quantidades superiores ao teor estabelecido pelo INMETRO. Bijuterias irregulares também foram objetos de notícia do jornal Rápido no ar (2018), onde foi encontrado na cidade de Limeira uma casa que realizava banhos de joias clandestinamente. Esse local foi encontrado após a equipe de fiscalização verificar a presença de um líquido corrosivo saindo de um cano de água pluvial.

Para avaliar a presença de metais tóxicos, podem ser utilizadas técnicas de análise como a Espectroscopia Dispersiva de Raio x (EDX) a fim de identificar elementos presentes nas amostras. Também pode ser empregada a Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS), capaz de determinar a presença de metais mesmo em baixas concentrações. Ensaio que simulam intemperismo natural e de ecotoxicidade permitem uma avaliação dos danos causados ao meio ambiente por meio do descarte inadequado destes artefatos. Esses ensaios envolvem o estudo da lixiviação de bijuterias sob ação da água em conjunto com bio-indicadores.

Entretanto, para que as pessoas saibam e se conscientizem sobre metais tóxicos o conhecimento deve ser repassado nas escolas com o intuito de aplicar na sociedade, a fim de

reduzir os impactos causados e levar a um destino correto. Os livros que compõe a grade curricular de química no ensino médio abordam de forma crescente o tema, geralmente verificando a presença de metais tóxicos em pilhas e baterias. Na graduação, em engenharias e ciências exatas é comum a oferta da disciplina de química fundamental, no qual geralmente abordam-se temas relacionados a toxicidade. Os livros didáticos apresentam capítulos relacionados apresentando os elementos metálicos e suas propriedades, informando também sobre a toxicidade de metais presentes em baterias (BROWN *et al.*, 2016).

Para que o conhecimento dos alunos possa ser medido, estudos investigativos podem ser empregados na coleta e análise de dados a respeito do assunto. Este tipo de pesquisa atinge um maior número de pessoas capaz de entender suas reações ou opiniões a respeito de determinado assunto. Os resultados obtidos podem ser expressos por meio de gráficos e estatísticas quantitativas que auxiliam na investigação de pesquisas sociais (DANTAS, 2018).

Desta forma a proposta deste trabalho é verificar a presença de metais tóxicos em bijuterias comercializados em Belo Horizonte e na região metropolitana de Belo Horizonte, avaliar a toxidade desses artefatos, quando submetidos a simulação de um intemperismo natural, e realizar uma pesquisa com a comunidade acadêmica do CEFET-MG, a fim de avaliar o conhecimento desse público em relação a metais tóxicos e a composição das bijuterias. A justificativa desta proposta é chamar a atenção do público acadêmico para a venda de artefatos que apresentam metais tóxicos em sua constituição, que muitas vezes pode extrapolar os limites estabelecidos pelas organizações fiscalizadoras e assim estimular a criação de programas voltados para conscientização da sociedade em relação ao uso, manuseio e descarte desses artefatos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Determinar a presença de metais tóxicos em bijuterias adquiridas no comércio de Belo Horizonte por meio da Espectroscopia Dispersiva de Raio x, quantificando chumbo e cádmio por meio Espectrometria de Absorção Atômica em Chama.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Verificar se os teores de cádmio e chumbo encontrados estão em conformidade com os valores estabelecidos pelo INMETRO;
- Avaliar os impactos ambientais simulando intemperismo natural das bijuterias utilizando água de poço artesiano, a fim de realizar testes de ecotoxicidade;
- Avaliar o conhecimento da comunidade acadêmica do CEFET-MG a respeito da composição, manuseio e descarte de bijuterias a partir de estudos investigativos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O final do século XVIII foi marcado pelo despertar de uma era consumista e apegada ao novo. Esse fato se deve as diferenças entre necessidade e satisfação, e aparecem ao longo do tempo se associando ao ócio e ao consumo, seja por aspectos materiais ou morais. A princípio, a aquisição de novos produtos se pautava em o que comer, beber e vestir, o que a posteriori se marcou pelo favorecimento da felicidade em busca de conforto e bem-estar social (ZANIRATO; ROTONDARO, 2016).

Em concordância com o ambiente consumista, a indústria da moda se tornou a interpretação da sociedade moderna. A procura pela beleza e boa aparência, colocaram essa busca como prioridade sendo que no Brasil, segundo Bervian e Floriani (2018), estão contidas 63% dos consumidores de luxo. Dentre os artigos mais ostentados, pode-se destacar os acessórios e joias que eram fabricados em ouro, prata e pedras preciosas tornando-se um produto de alto valor aquisitivo. Entretanto, as variações econômicas mundiais levaram os fabricantes a pensar em alternativas que abrangessem todas as classes: as bijuterias.

#### 3.1. Bijuterias

Bijuteria, termo francês *bijouteire* que significa joia, foi comumente representado no século XIX por “joia fantasia” ou “joia de imitação”. Tais artefatos favoreciam as pessoas com menor poder de compra, por utilizar materiais mais baratos em sua fabricação, sendo cópias idênticas de joias da época, que eram feitas com metais nobres e pedras preciosas. Um marco histórico aconteceu em 1873 quando foi inaugurado em Paris a câmara sindical da bijuteria fantasia. Apesar dos relatos mais antigos serem franceses, as bijuterias tiveram maior impacto na América do Norte, pois uma enorme quantidade foi feita para atingir o grande mercado existente (NACIF, 2004).

A “joia fantasia” sofreu modificação a partir de 1924 quando Gabrielle Chanel utilizou pedras não preciosas em suas confecções com o intuito de serem usadas em vestimentas do dia-a-dia. Entretanto, o mercado de bijuterias só foi alavancado após a crise econômica que se instaurou em 1929 sendo necessário a fabricação de artigos que se adaptassem a todas as classes econômicas. A chegada das joias de imitação no Brasil foi datada entre os anos dourados (1940 a 1950) com a influência da cantora Carmem Miranda, que utilizava bastante adereços em suas apresentações. Já na década de 60 por meio de Paco Rabanne iniciou-se a fabricação utilizando plásticos, madeira, papel entre outros (CASTILHO, 2015).

Atualmente, a produção de bijuterias é iniciada com a fabricação das peças brutas, por processos metalúrgicos envolvendo fundição. Segundo Santos e colaboradores (2005) essas

peças são geralmente constituídas de ligas compostas por zinco e estanho que podem ser ou não banhadas com ouro e prata. Outra liga muito utilizada é a de latão constituída geralmente de zinco e cobre, pois dependendo da proporção, há interferência na resistência a corrosão e tração, apresentando também brilho característico. A liga de latão, pode ser feita de cobre e chumbo e, devido a facilidade de usinagem, é utilizada na produção de tarraxas.

A liga metálica alpaca, conhecida por ser dúctil e maleável, apresenta em sua composição cobre, zinco e níquel, e também é comumente utilizada na produção de bijuterias. Pode-se adicionar alumínio levando ao aumento da resistência mecânica do material. Dessa forma, obtém-se um material bastante heterogêneo do qual pouco se têm informações sobre sua real composição, tendo em vista que ligas que contém zinco possuem impurezas associadas ao minério como chumbo, cádmio entre outros. A presença de metais como os descritos anteriormente pode ser aceita se enquadrarem nas legislações e padrões existentes, pois se tratam de metais tóxicos e amplamente prejudiciais ao meio ambiente (ALVES, 2016).

Estados Unidos, Canadá e o continente Europeu desenvolveram normas e padrões quanto ao uso de metais tóxicos em bijuterias. De acordo com a ASTM (Sociedade Americana para Testes e Materiais) F2999-13 (atualizada em 2019) a concentração máxima permitida para chumbo é de 1,5% e para cádmio 1,5% / 200 µg. Para joias de uso infantil até 12 anos, outra ASTM é utilizada, F2923-11 na qual as concentrações máximas permitidas são de 100 mg/kg para chumbo e 300 mg/kg para cádmio. No Canadá a SOR – 2011 -19 também regulamenta sobre as joias usadas por crianças onde o valor máximo permitido para chumbo é de 600 mg/kg e para cádmio é proposto o máximo de 130 mg/kg. Na Europa as normas EU – N° 836/2012 e 494/2011 regulamenta sobre as implicações quanto ao uso de chumbo e cádmio respectivamente, sendo a máxima permitida para bijuterias atualmente para chumbo 0,03% e para cádmio 0,01% (CUNHA, 2014).

Em virtude das possíveis concentrações de metais tóxicos em bijuterias e no intuito de valorizar o desenvolvimento sustentável afirmado na Conferência Rio+20, o INMETRO lançou a Portaria 043/2016 que delimita a comercialização de bijuterias com teor máximo (em peso) permitido para chumbo de 0,03% e para cádmio de 0,01%. Dessa forma, ficou estabelecido que de 2020 em diante os artefatos só poderão ser produzidos ou importados se enquadrarem a portaria vigente.

### 3.2.Metal tóxico: chumbo

O Chumbo é um elemento químico com o símbolo Pb pertencente ao grupo 14 da tabela periódica, de número atômico 82 e massa molecular de 207,2 g·mol<sup>-1</sup>. Pode ser encontrado

naturalmente na crosta da terra no estado de oxidação ( $Pb^{2+}$ ) em minerais como a galena, de forma antropogênica proveniente de mineração, por exemplo, e por fonte industrial (OLIVEIRA, 2019). O metal é conhecido por sua toxicidade, maleabilidade, sendo sólido em temperatura ambiente. Possui coloração cinza-azulado é denso e mau condutor de energia. O chumbo, em situações de intemperismo, forma filmes finos de compostos do elemento, sendo assim resistente a corrosão (CAROCCI *et al.*, 2015).

A utilização do chumbo varia em diversos segmentos, sendo que inicialmente foi usado como veneno. Há relatos de uso em cosméticos, materiais de construção como encanamentos, eletrodomésticos e até brinquedos. Foi amplamente utilizado como aditivo à gasolina por mais de 50 anos e também em tintas até ser proibido na década de 70 (RĂDULESCU; LUNDGREN, 2019). Atualmente verifica-se a presença do elemento como componente de baterias de chumbo ácida e em protetores de raio X. Estes e outros usos do elemento em questão, torna-o questão de saúde pública em países em desenvolvimento.

De acordo com a Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e Controle de Doenças dos Estados Unidos, o chumbo ocupa o segundo lugar da lista dos elementos mais tóxicos (ATSDR, 2019). Sua toxicidade é conhecida por afetar o sistema nervoso dos seres humanos interferindo diretamente na bainha de mielina, prejudicando movimentos e sensações, além de provocar irritação e dor de cabeça. No sangue, afeta a hemoglobina podendo agravar levando a anemia sideroblástica também danificando o DNA ocasionando uma multiplicação anormal das células. Além de atrapalhar o bom funcionamento dos rins, estudos revelam sua interferência em abortos e diagnósticos de teratógenos. No corpo humano o chumbo pode ser absorvido por inalação e ingestão, sendo que no caso das crianças a absorção por via digestiva se sobressai. Gradativa e geralmente, o corpo excreta o chumbo por via renal (GARCIA, 2017).

O chumbo quando entra em contato com o solo permanece adsorvido nas camadas superiores do solo podendo ser absorvido pelas raízes das plantas. Por razões antropogênicas, segundo Carocci e colaboradores (2015) houve um aumento de 100 vezes em comparação com os níveis dos últimos séculos devido principalmente ao seu uso como aditivo em gasolinas. Após sua proibição, a concentração na atmosfera reduziu satisfatoriamente. Estudos apontam que partículas do metal podem percorrer até 10 km pelo ar chegando em rios e outras superfícies.

Na década de 60 inaugurou-se na região de Santo Amaro na Bahia uma empresa de metalurgia conhecida como Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC) que trabalhava com galena (minério de chumbo). A empresa que alterou seu nome para *Plumbum* funcionou por 33 anos, porém impactou negativamente o meio ambiente com toneladas de escórias expostas. Há

relatos na literatura que este metal foi utilizado na pavimentação de ruas e em construção de imóveis, aumentando ainda mais o contato do chumbo com o ambiente e as pessoas. Mesmo após anos do encerramento das atividades, a população ainda sofre com as consequências da intoxicação pelo chumbo, pois foi detectado no sangue das crianças recém-nascidas a presença do metal (SANTOS *et al.*, 2017).

Entre os anos de 2005 e 2007 um estudo sobre a contaminação por chumbo foi feito na cidade de Belo Horizonte. Dezoito trabalhadores de uma empresa de fundição que reciclava baterias tiveram seus prontuários médicos estudados. Os resultados obtidos expressaram que todos os trabalhadores apresentaram nível superior a 40 µg/dl tomado como referência sendo necessário um tempo médio de tratamento de 14 meses (GUERRA; SILVEIRA, 2010).

### 3.3.Metal tóxico: cádmio

O cádmio é um elemento com o símbolo Cd pertencente ao grupo 12 da tabela periódica, de número atômico 48 e massa molecular de 112,4 g·mol<sup>-1</sup>. Pode ser encontrado naturalmente na crosta terrestre principalmente em solos com fosfato e xisto. De forma antropogênica, houve um grande aumento da produção no final do século 20 em decorrência da mineração (GARCIA, 2017). O metal é conhecido por apresentar baixa corrosão e possuir boa maleabilidade e ductilidade. Possui coloração cinza-esbranquiçada ou azulada sendo mole na temperatura ambiente e não dissolve em água.

O uso do cádmio é muito restrito devido à alta toxicidade, porém é encontrado em baterias recarregáveis, juntamente com o níquel. Por ser resistente a corrosão, o Cd possui aplicação como película anticorrosiva em diversas superfícies. Também é empregado na produção de alguns fertilizantes a base de fósforo e pigmentos (ROCHA, 2016).

O metal ocupa a sétima posição de toxicidade na lista de substâncias prioritárias (ATSDR, 2019). A contaminação geralmente se dá por ingestão ou inalação, no qual pode afetar diretamente órgãos como rins, provocando a falência desse, e pulmões levando a quadros de pneumonia e enfisemas (GARCIA, 2017). A exposição crônica leva má absorção de vitaminas e minerais, além de ser carcinogênico. No esqueleto pode provocar lesões nos ossos devido a diminuição do cálcio.

O elemento é apresentado na atmosfera geralmente como óxido de cádmio não sofrendo muitas alterações, podendo assim ser transportado pelo vento. No ambiente aquático, pode contaminar água doce, percorrendo até 50 km, sendo que os rios contaminados também contaminam o solo ao redor (ROCHA, 2016). O caso mais conhecido de contaminação por cádmio ocorreu no Japão no século 20 por meio da mina de Kamioka em Toyama. Os rejeitos

provindos da mina eram despejados em rio e próximos a plantações de arroz, fato que levou a contaminação por cádmio até aos moradores locais. Por operar durante muitos anos, a população adoeceu sentindo muitas dores pelo corpo, o que levou a quebra de ossos. Essa doença ficou conhecida por itai-itai, e contaminou cerca de 5000 pessoas (ECODEBATE, 2009).

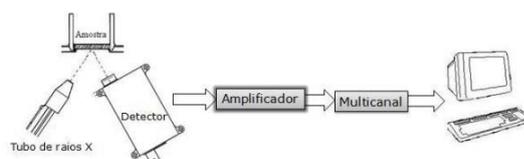
Um estudo feito em 2011 com 3046 amostras de órgãos e tecidos de animais vindos de 20 estados brasileiros comprovou a presença de cádmio em níveis elevados. Ao comparar os resultados encontrados do metal, percebeu-se um aumento da concentração ano após ano, o que leva a uma preocupação quanto as consequências vindas da toxicidade do mesmo. Essa tendência foi observada no gado e em porcos, entretanto não houve inconformidades com a legislação durante a pesquisa levando em conta os produtos feitos dessas carnes (ALKMIM FILHO, 2011).

#### 3.4. Equipamentos de análise: EDX

A fluorescência de raios-X é uma técnica usada para investigação qualitativa e quantitativa dos elementos presentes em uma amostra. Suas principais vantagens estão relacionadas à rapidez da análise e seu caráter não destrutivo. Quando se trata de análise de metais as técnicas espectroscópicas ganham espaço e lideram o uso dos equipamentos para esta finalidade. Entretanto, equipamentos que utilizam o raio X como fonte, possuem aplicações vastas na análise de metais tóxicos e na composição de ligas. Um equipamento muito utilizado na análise de elementos traço, ou seja, elementos encontrados em baixas concentrações na crosta terrestre, é a Espectroscopia Dispersiva de Raio x (EDX).

Tal tecnologia utiliza um feixe de raio x que leva a excitação dos elétrons presentes no metal de análise, promovendo assim a emissão de raios x próprios dos metais. Após a emissão, os elementos são detectados e um espectro é gerado com a quantificação de cada um. Para tornar a análise mais confiável, é necessário realizar calibrações periódicas com o uso de padrões estabelecidos para cada marca (SANTOS *et al.*, 2019). A FIG. 1 representa o sistema do espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva:

Figura 1 - Sistema do equipamento EDX.



Fonte: ASFORA, 2010.

As vantagens do uso da técnica acima envolvem a capacidade de analisar elementos simultaneamente além de necessitar de pouca demanda de manutenção. As desvantagens envolvem tensão, corrente e atividade da fonte o que pode levar a alterações de intensidade, resolução e influência na interpretação dos resultados (ASFORA, 2010).

### 3.5. Equipamentos de análise: F AAS

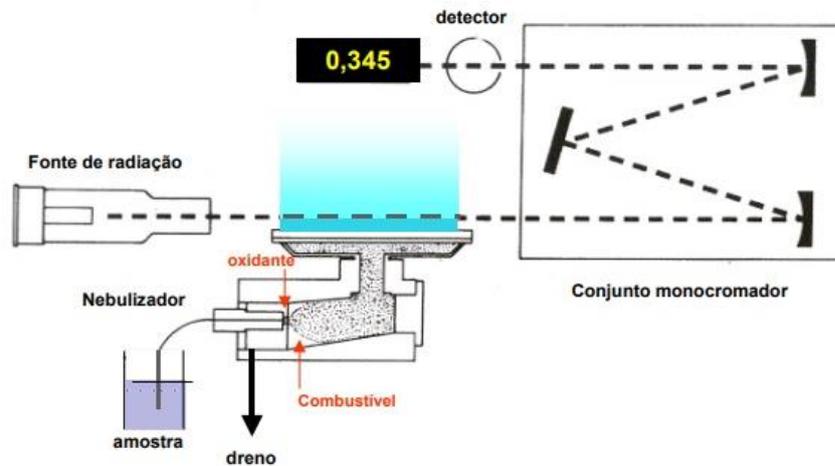
A espectrometria de absorção atômica (AAS no inglês *Atomic Absorption Spectrometry*) é uma técnica muito utilizada na química na análise de elementos traço, metais ou ametais provenientes de inúmeros tipos de amostras. As escolhas por esses equipamentos se devem a alguns fatores apresentados por eles, tais como a sensibilidade elevada, a análise simultânea e automática de elementos, além da capacidade de detecção mesmo em amostras complexas (HARRIS, 2016). A leitura das amostras no equipamento é de forma indireta, assim é necessário fazer um paralelo com soluções padronizadas de concentrações definidas. Esta comparação é chamada de curva de calibração que leva a medida do equipamento à unidade de interesse. Para realização da curva analítica, a massa ou o volume de uma substância é avolumado com o solvente de onde são retiradas porções para diluição desejada. As concentrações encontradas desenvolvem uma equação matemática que identifica a curva de calibração (BAHIA FILHO *et al.*, 2011).

Uma das formas de atomização mais utilizada na absorção é utilizando a chama. Na espectrometria de absorção atômica em chama (F AAS no inglês *Flame Atomic Absorption Spectrometry*) a amostra é levada por sucção passando por um nebulizador oxidante para posteriormente ser atomizada na chama. A luz não absorvida pelos átomos chega no detector sendo a intensidade de radiação eletromagnética amplificada e demonstrada no computador. A fonte utilizada na análise acima é formada por uma lâmpada de cátodo oco elementar ou multielementar formada por um catodo cilíndrico de vidro preenchido com gás inerte neônio ou argônio (SKOOG *et al.*, 2009). A FIG. 2 (Página 11) esquematiza o funcionamento do FAAS.

Algumas interferências podem ser observadas em uma análise de absorção em chama. De forma geral, destacam-se as interferências espectrais como a superposição de raias ou de banda de absorção, as interferências químicas como a formação de substâncias com baixa volatilidade e interferências de ionização além de efeitos gerados pela matriz (HARRIS, 2016).

Outro ponto importante se deve aos limites de detecção do equipamento, de acordo com SKOOG e colaboradores (2009) o equipamento com atomizador em chama possui limites entre 0,001 a 0,020 ppm.

Figura 2 - Esquema do funcionamento do F AAS.



Fonte: KRUG *et al.*, 2004.

### 3.6. Teste de ecotoxicidade

A toxicidade de uma substância ou amostra revela muito sobre suas consequências no ambiente e suas consequências no organismo humano. Testá-la ou quantificá-la é muito importante para determinar as ações que devem ser tomadas. Os testes de toxicidade são experimentos laboratoriais de forma controlada capazes de avaliar a toxicidade de amostras não sendo possível uma resposta absoluta sobre seus riscos (COSTA *et al.*, 2008).

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos nos seres vivos tendo como foco identificar, determinar a natureza, incidência entre outros. Pode ser subdividida em toxicologia clínica, toxicologia forense e ambiental, conforme demonstrado na FIG. 3 abaixo:

Figura 3 - Áreas da toxicologia.



Fonte: COSTA *et al.*, 2008.

A toxicologia ambiental abrange a química, a biologia, microbiologia, ecologia e diversas outras ciências. A ecotoxicologia estuda os efeitos tóxicos das substâncias e compostos em ambientes e comunidades. Um termo comum deste ramo da toxicologia ambiental é a cadeia de causalidade que define e nivela os contaminantes, estima os perigos existentes a exposição, indica os níveis permitidos, forma diagnósticos e controla a emissão dos poluentes. A FIG. 4 resume a cadeia de causalidade:

Figura 4 - Cadeia de causalidade.



Fonte: COSTA *et al.*, 2008.

Um bioensaio muito utilizado nas escolas e faculdades para estimar a toxicidade em metais é utilizando a cebola como organismo indicador, de forma a avaliar o crescimento das raízes quando mantidas em contato com líquidos contaminados por metais. Nas escolas o tema é desenvolvido para estudar concentrações de soluções e amostras ambientais interagindo com outras disciplinas (PALÁCIO *et al.*, 2013). Outro fator preponderante é a validação deste método através da OMS por meio do Programa Nacional de Segurança Química (IPCS) o que leva a uma maior confiabilidade nos resultados (FERREIRA *et al.*, 2016).

O histórico da utilização da cebola nos testes possui registros remotos que datam 1938, no qual Levan utilizou cebolas da espécie *Allium cepa* na avaliação dos efeitos citogenéticos da colchicina em células vivas. As vantagens de sua utilização envolvem o rápido crescimento das raízes, a forma não complexa de estudar a divisão celular ocorrida, sendo dessa forma recomendado por companhias ambientais internacionais, e o custo baixo (PALÁCIO *et al.*, 2013). Há vários relatos na literatura sobre o uso da cebola nos experimentos, como feito por Espinoza-Quiñones e colaboradores (2009) na avaliação da contaminação de cromo VI em

amostras de rios poluídos ou não. Neste experimento observou-se a inibição do crescimento das raízes quando exposto ao contaminante. Ferreira *et al.*, (2016) utilizou a cebolas (*Allium cepa*) para avaliar citotoxicidade e mutagenicidade de compostos e poluentes ambientais. As cebolas expostas as amostras tiveram o crescimento de suas raízes medidos juntamente com uma análise celular utilizando microscópio óptico.

### 3.7. Estudos investigativos e análise de dados

Os estudos investigativos têm como objetivo permitir que o pesquisador reúna um conjunto de dados que possam ser analisados, e assim realizar uma avaliação confiável e precisa sobre o objeto de estudo. Em um projeto de pesquisa científica é muito comum a utilização de questionários como ferramenta investigativa. Como etapa que antecede a elaboração do questionário, e como estratégia investigativa deve-se determinar o tipo de pesquisa que se deseja realizar, o público para o qual ele será aplicado e quais informações se deseja extrair. Esses passos são muito importantes, pois uma coleta de dados precisa permite ao pesquisador obter informações confiáveis e relevantes para o estudo (GERHARDT, 2008).

O questionário é um instrumento que permite a coleta de dados através de uma lista de perguntas, que deverá ser respondida individualmente pelo participante sem interferência do elaborador, com o objetivo de verificar opiniões, situações, interesses e aprendizados. Por entrar em contato diretamente com o público, deve possuir uma linguagem direta e clara sem que haja probabilidade de dúvidas quando for respondido. Possui como vantagem uma maior abrangência e tempo de resposta (GERHARDT, 2008).

Levando em consideração os metais tóxicos e suas consequências, Sanchez (2014) elaborou uma análise de dados utilizando como ferramenta a atividade orientadora de ensino como alternativa extracurricular do plano didático da disciplina de química analítica qualitativa. Destacou-se que a importância da abordagem da toxicidade dos metais aos alunos é de suma importância para o desenvolvimento profissional. Também obteve como conclusão que a atividade empregada despertou nos 23 alunos participantes desejo em solucionar problemas e a conscientização das ações quanto ao profissional que atua nas indústrias. Dantas (2018) também utilizou a aplicação do questionário como ferramenta de coleta de dados juntamente a comunidade acadêmica da UFRN sobre o conhecimento a respeito de logística reversa. Foram abordados alunos, professores, técnicos e terceirizados.

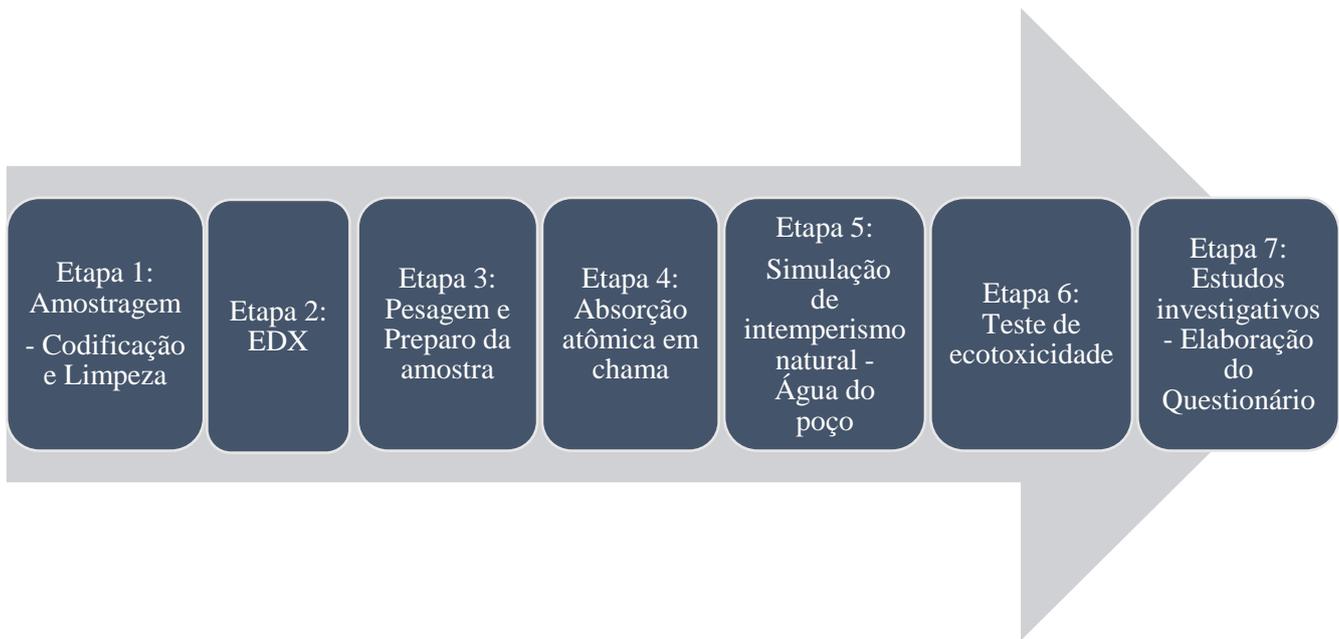
A aplicação de questionários em estudos investigativos também foi usada por Alves *et al.*, (2018) ao verificar a educação ambiental dos frequentadores da praia de Ponta Negra em Natal –RN. O acúmulo de lixo e animais nas praias levaram aos pesquisadores a estabelecerem

3 fases metodológicas no qual obteve-se como resultado que a solução mais viável ao destino correto do lixo dos banhistas seja por meio da educação ambiental.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais a seguir, foram divididos em 7 etapas distintas conforme esquema da FIG. 5.

Figura 5 - Processo esquemático: materiais e métodos.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

A primeira etapa consiste na descrição da amostragem, codificação e limpeza das amostras. A segunda e a terceira etapa referem-se respectivamente a descrição dos procedimentos para pesagem e dissolução dos metais presentes e da análise realizada na espectroscopia dispersiva de raio X (EDX). Na quarta etapa, foi relatado os procedimentos para leitura na Espectroscopia de Absorção Atômica em Chama de forma a quantificar os metais presentes. Na quinta e na sexta etapa, foram realizados o estudo do impacto ambiental sendo primeiramente realizados uma simulação de intemperismo natural em água de poço artesiano para que em seguida fosse realizado avaliação da ecotoxicidade dos metais. A sétima etapa refere-se ao estudo investigativo a fim de verificar o conhecimento da comunidade acadêmica sobre a toxicidade dos metais e sua relação com bijuterias.

Com relação ao procedimento experimental, todas as vidrarias utilizadas foram devidamente lavadas com água, sendo posteriormente enxaguadas com água ultrapura a fim de eliminar interferentes e assim serem disponibilizadas para uso. Os reagentes utilizados foram de grau analítico.

#### 4.1. Amostragem

Foi feita uma amostragem em 5 lojas localizadas em Belo Horizonte e na região metropolitana. O Quadro 1 (páginas 15 e 16) mostra a cor da amostra, a classificação das peças e das lojas escolhidas. A codificação das amostras foi feita da seguinte forma: a primeira letra se refere ao tipo de bijuteria (C – colar; B – Brinco; A – Anel; P – pulseira), a segunda letra se refere a cor (P – prateada e D – dourada) e o número 1 representando a loja selecionada. As partes desmontáveis (anéis, ligantes e tarraxas) também foram analisadas neste trabalho e foram classificadas com as letras PD.

Quadro 1 - Codificação das amostras.

Loja	Cor	Classificação	Loja	Cor	Classificação
1	Prateada	PP1	2	Prateada	PP2
		BP1			BP2
		AP1			AP2
		CP1			CP2
	Dourada	PD1		Dourada	PD2
		BD1			BD2
		AD1			AD2
		CD1			CD2
Loja	Cor	Classificação	Loja	Cor	Classificação
3	Prateada	PP3	4	Prateada	PP4
		CP3			CP4
		AP3			AP4
		CP3			CP4
	Dourada	PD3		Dourada	PD4
		BD3			BD4
		AD3			AD4
		CD3			CD4
Loja		Cor		Classificação	
5		Prateada		PP5	
				CP5	
				AP5	
				CP5	

5	Dourada	PD5
		BD5
		AD5
		CD5

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após realizada a codificação, as amostras foram levadas para limpeza com a intenção de eliminar interferentes. Utilizou-se o equipamento de ultrassom (Marca: Quimis; Modelo: 03350; N° de série: 14090969) do Laboratório de Cromatografia (408) do CEFET-MG Campus 1 em Belo Horizonte. Assim, realizou-se banho de ultrassom de 5 minutos sendo as bijuterias colocadas cada uma em um béquer, imersas em água destilada juntamente com uma solução de detergente comercial (10%). As imagens das bijuterias se encontram no Apêndice A (Página 50-54).

#### 4.2. Espectroscopia Dispersiva de Raio X (EDX)

Todas as amostras foram levadas para a espectroscopia dispersiva de raio X (Marca: SHIMADZU; Modelo: Ray Ny EDX-720) utilizando atmosfera de ar e colimador de 1 mm. Este equipamento se localiza no laboratório de caracterização de materiais do departamento de engenharia de materiais do CEFET-MG campus 1, Belo Horizonte. Esta etapa teve como objetivo verificar de forma qualitativa quais metais estavam presentes nas bijuterias, analisando a peça inteira diretamente.

#### 4.3. Preparo das Amostras

Após análise por EDX as bijuterias adquiridas na loja 1, popularmente conhecida como loja de “R\$ 1,99” foram selecionadas para uma avaliação quantitativa dos teores de chumbo e cádmio. As amostras foram picadas, com auxílio de alicate de corte, em pequenos pedaços a fim de facilitar a pesagem e dissolução. Em seguida, realizou-se a pesagem de 0,1 g em triplicata de cada amostra utilizando balança analítica (Marca: SHIMADZU; Modelo: ATX224) do laboratório de polímeros CEFET-MG campus 6 em Belo Horizonte. As amostras foram então colocadas em tubos de ensaio longos.

O procedimento de dissolução das amostras foi então realizado utilizando 5 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) 65% PA (Marca: VETEC) sendo levadas ao bloco digestor (Marca: Quimis; Modelo: 327.A.242) até dissolução total. Também foi utilizado um funil para cada tubo com a

intenção de evitar perdas por volatilização ou qualquer projeção. A FIG. 6 representa o esquema de dissolução.

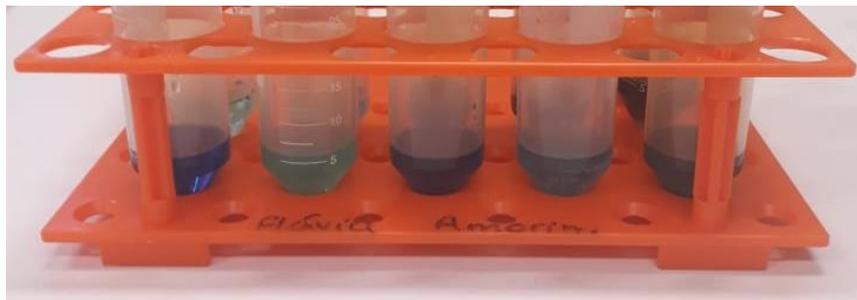
Figura 6 - Esquema de dissolução utilizando o bloco digestor.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Feito o preparo das amostras observou-se a completa dissolução das mesmas não sendo necessário nenhuma outra intervenção, conforme pode ser visualizado na FIG. 7.

Figura 7 - Aspecto das soluções após dissolução.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

As alíquotas foram então transferidas para balões volumétricos de 10 mL sendo o volume completado com água ultrapura.

#### 4.4. Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS)

Com o intuito de determinar a concentração de chumbo e cádmio nas bijuterias, foi realizada a quantificação no espectrômetro de absorção atômica com atomização em chama com correção de fundo por lâmpada de deutério (Marca: Varian; Modelo: SpectrAA 55B,

Austrália) localizado no laboratório de instrumental (416) no Departamento de Química do CEFET-MG campus 1, Belo Horizonte. Utilizou-se gás acetileno ( $C_2H_2$ ) (Pureza: 99,8%; Marca: Oximil; Ibitié, MG) e ar comprimido (Marca: Oximil, Ibitié, MG). Também foram utilizadas lâmpadas de cátodo oco multielementar (Marca: Varian).

Para obtenção da curva de calibração, utilizou-se o *software* Microsoft Excel (versão 2007). Assim, realizou-se o preparo de padrões em balões volumétricos de 10,00 mL a partir de soluções estoque de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  (Marca: ASSURANCE). Para tornar a matriz mais semelhante à da amostra digerida, adicionou-se 1 mL de ácido nítrico 65% (Marca: Vetec). Para a quantificação, utilizou-se as condições recomendadas pelo fabricante expressas na Tabela 1. Tabela 1 – Parâmetros recomendados pelo fabricante na quantificação de Cd e Pb por F AAS.

<b>Parâmetros</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>
Comprimento de onda (nm)	228,8	217,0
Corrente da Lâmpada (mA)	4	5
Fenda (nm)	0,5	0,1
Composição da chama	Ar/ Acetileno	Ar/ Acetileno
Faixa ótima de trabalho ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0 a 2,0	0 a 25,0

Fonte: Varian, 1989.

#### 4.5.Simulação de intemperismo natural

Esta etapa faz referência ao estudo do impacto ambiental que pode ser causado pelo descarte irregular utilizando como base a água de poço artesiano. Para isso, separou-se 1 amostra prata e 2 douradas incluindo as partes desmontáveis (total de 4 amostras) com base nos resultados inicialmente obtidos no EDX, sendo demonstradas no Quadro 2.

Quadro 2 - Amostras escolhidas para teste de ecotoxicidade.

Tipo de amostra	Classificação
Prata	PP1
Dourada	CD1
	PD1
Partes desmontáveis	PD

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A água do poço artesiano foi coletada em propriedade privada, no “Recanto do Jacarandá” localizado em Jaboticatubas, Minas Gerias. Foram pesadas 1 g de cada amostra e

então foram colocadas separadamente em contato com 50 mL de água em recipiente de vidro limpo, seco, identificado e com tampa, conforme pode ser visualizado na FIG. 8. Realizou-se também, utilizando o mesmo frasco, o branco referente água do poço artesiano.

Figura 8 - Montagem da simulação de intemperismo natural.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

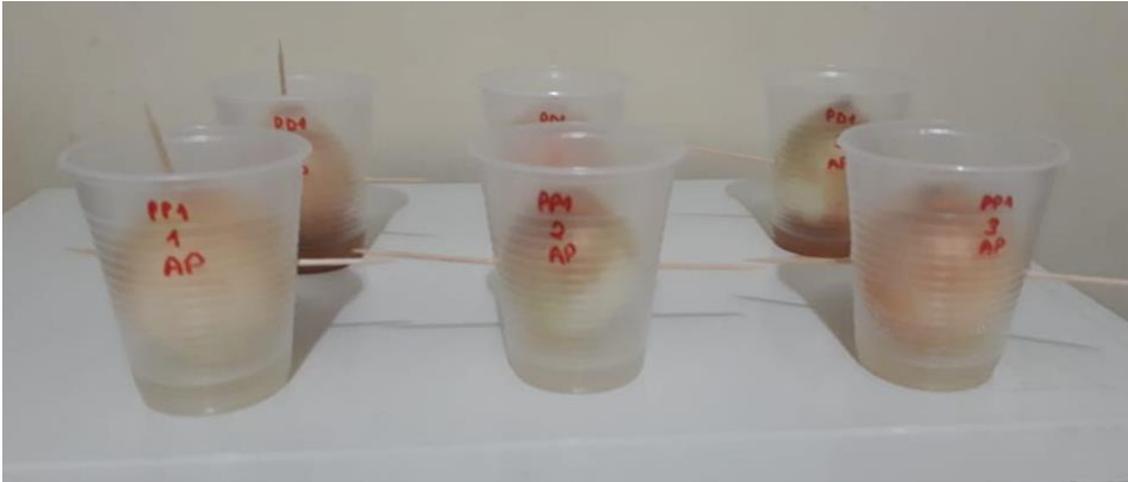
#### 4.6. Teste de ecotoxicidade

Para realização deste teste foram compradas 18 cebolas brancas em um sacolão localizado no bairro Vista Alegre, Belo Horizonte – MG. A compra das cebolas foi realizada em uma sexta-feira no qual este sacolão recebe verduras e legumes frescos. Assim, foram escolhidas cebolas novas e com aspecto firme. Para remover interferentes, foram retiradas da cebola as cascas externas e o bulbo foi levemente raspado com auxílio de uma lâmina para que fosse removida qualquer raiz pré-existente.

A toxicidade relacionada a simulação do intemperismo natural das bijuterias foi avaliada colocando a bijuteria em contato com a água do poço artesiano. A água utilizada para simulação do intemperismo natural das bijuterias, após permanecerem em contato com essas por aproximadamente doze meses, foram colocadas em contato direto com uma cebola previamente preparada, por um período de 7 dias até que crescessem raízes. Após este período escolheu-se a maior raiz presente em cada cebola e mediu-se o tamanho utilizando a régua, para então comparar os resultados obtidos.

O teste foi realizado em triplicata através do contato com o bulbo da cebola por 7 dias. A FIG. 9 (Página 20) mostra como foi feita a montagem do experimento:

Figura 9 - Montagem do teste de ecotoxicidade.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

#### 4.7. Estudos investigativos e Análise de dados

Tendo em vista o objetivo de sondar e avaliar o conhecimento da população acadêmica em relação aos metais tóxicos, a composição das bijuterias, bem como o descarte deste artefato e os possíveis impactos a saúde e ao meio ambiente realizou-se uma pesquisa na grade curricular dos cursos técnicos e de graduação ofertados no CEFET-MG. Pesquisou-se quais disciplinas ofertadas nos cursos abordavam temas relacionados aos metais e sua toxicidade. Posteriormente elaborou-se um questionário com 18 perguntas no aplicativo Google Forms (método gratuito para elaboração de formulários) de forma simples e direta. Esse foi aplicado dentro da comunidade acadêmica do CEFET-MG com um período de aceite de respostas de 45 dias, entre os dias 02 de setembro de 2020 à 17 de outubro de 2020. A divulgação do questionário foi feita nos grupos de alunos e servidores, nas páginas de redes sociais da instituição. As perguntas formuladas estão descritas no Apêndice B (Página 55).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise no EDX

Após a realização do procedimento de limpeza das bijuterias as amostras foram submetidas a análise no equipamento EDX-720 a fim de verificar quais metais se fazem presentes na composição dessas. O Quadro 3 (Página 21) demonstra os resultados das amostras pratas:

Quadro 3 - Resultados da análise no EDX-720 amostras prateadas.

Amostra	Elementos presentes	Amostra	Elementos presentes
PP1	Chumbo - Silício Potássio - Zinco Cádmio - Titânio Rádio	AP3	Cobre Cálcio
BP1	Cobre - Térbio Ferro - Cálcio Estanho	CP3	Cobre – Chumbo Antimônio
AP1	Cobre - Cádmio Zinco	PP4	Cobre – Níquel Estanho
CP1	Cobre - Níquel Cálcio - Estanho	BP4	Cobre – Níquel Zinco
PP2	Cobre Estanho	AP4	Cobre – Níquel Zinco
BP2	Cobre – Níquel Ferro – Térbio Zinco	CP4	Cobre – Níquel Estanho
AP2	Cobre – Níquel Silício – Estanho Cálcio	PP5	Estanho – Cobre Níquel – Chumbo Cádmio – Silício Cálcio – Antimônio Zinco – Rádio Cobalto – Cromo Tório
CP2	Ferro – Cromo Níquel - Manganês	BP5	Cobre – Níquel Prata – Cádmio Enxofre – Manganês
PP3	Cobre Zinco	AP5	Alumínio – Enxofre Ferro – Potássio Cálcio – Cromo Zinco – Cobre Gálio - Germânio
BP3	Iodo	CP5	Cobre – Ferro Níquel – Césio Estanho – Manganês Escândio

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A partir do Quadro 4 (Página 22) é possível visualizar os resultados encontrados para as amostras douradas e para as partes desmontáveis:

Quadro 4 - Resultados da análise no EDX-720 amostras douradas.

Amostras	Elementos presentes	Amostras	Elementos presentes
PD1	Ferro - Cobre Zinco - Césio	CD3	Cobre – Prata Enxofre
BD1	Cobre - Ferro Zinco - Césio Estanho - Manganês Cromo	PD4	Cobre Bromo
AD1	Cobre Zinco	BD4	Cobre – Zinco Fósforo – Ítrio Níquel – Silício
CD1	Chumbo - Silício Potássio - Níquel Bário - Zinco Titânio	AD4	Cobre Cádmio
PD2	Cobre – Ferro Zinco	CD4	Cobre Ferro
BD2	Níquel – Zinco Potássio	PD5	Cobre – Zinco Silício – Níquel
AD2	Cobre – Ferro Térbio	BD5	Cobre – Cádmio Zinco – Cálcio Manganês
CD2	Cobre Cálcio	AD5	Níquel – Cobre Chumbo – Zinco Silício – Ouro Cádmio – Prata Potássio – Cálcio Manganês - Antimônio
PD3	Cobre – Níquel Zinco – Cálcio Rutênio – Zircônio	CD5	Cobre – Zinco Ferro – Alumínio Enxofre – Chumbo Manganês – Selênio Actínio
BD3	Cobre – Níquel Ouro	PD	Cobre - Chumbo Ferro - Antimônio
AD3	Cobre Cálcio		

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar a presença de alguns elementos tóxicos destacando-se por sua elevada toxicidade os elementos cromo, níquel, césio, chumbo e cádmio. O cromo na forma de Cromo (VI) é tóxico, com potencial oxidante, e pode levar à morte celular de plantas diminuindo o seu crescimento. Pode ser absorvido pelas raízes das plantas sendo pouca quantidade levada para a parte aérea (NOGUEIROL, 2012). Um estudo feito em uma empresa de galvanoplastia, incluindo a folheação de bijuterias demonstrou que

alguns trabalhadores expostos ao cromo desenvolveram ataques de asma e uma alteração na mucosa nasal (rinoscopia alterada) (PEREIRA, 2017).

O níquel encontrado na análise é conhecido por causar alergias nos usuários de bijuterias. A alergia causada pelo contato com o metal foi inicialmente tratada como dermatite ocupacional ocasionada em trabalhadores de minas. Entretanto, esse tipo de alergia alcançou outras pessoas a partir de 1950 quando o níquel foi incorporado a joias e acessórios, levando ao aparecimento de erupções cutâneas nos pulsos e orelhas. Estudos apontam que pessoas alérgicas a algum metal, possivelmente serão alérgicas a outros metais, devido à variedade desses presentes nas ligas (BRANDÃO; GONTIJO, 2012). Col (2013) realizou uma pesquisa com 107 amostras de bijuterias e joias utilizando a fluorescência de raios x por dispersão em energia e detectou que 60% das amostras continham níquel em sua composição. O cério também detectado pelo raio x, e trata-se de um elemento altamente radioativo e inflamável, quando em contato com oxigênio, sendo preocupante seus efeitos no meio ambiente e na saúde humana (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

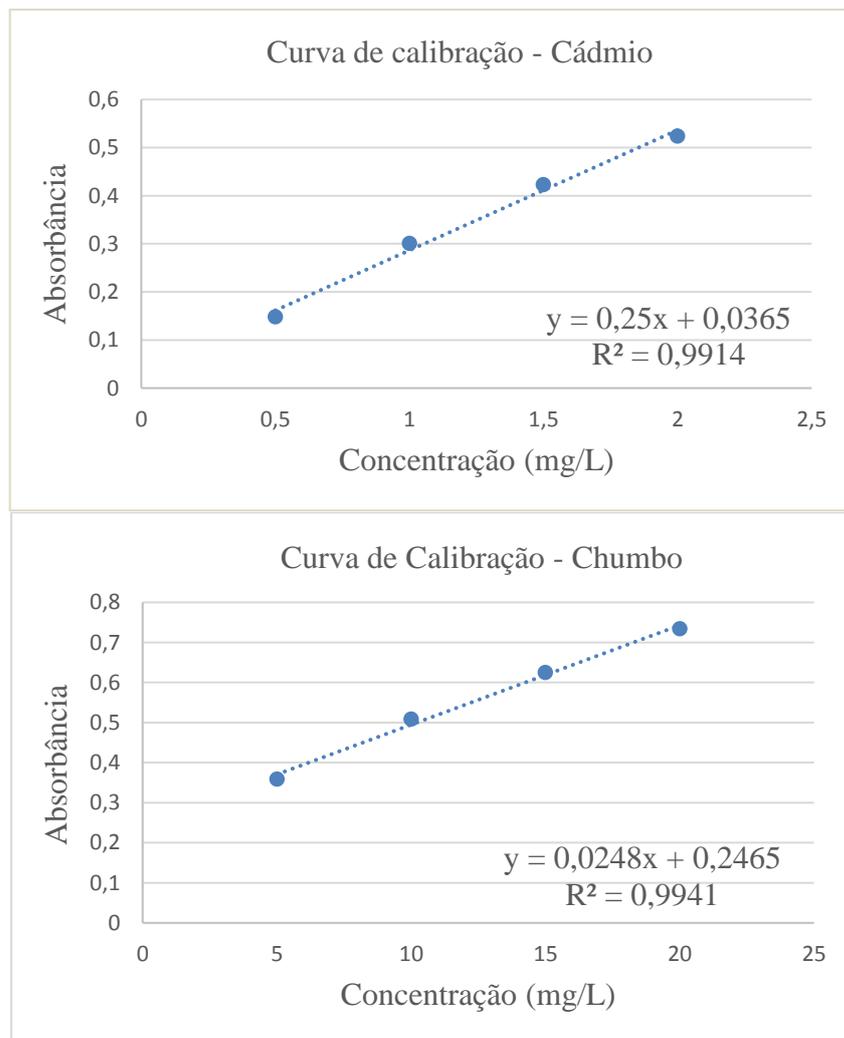
A presença de chumbo e cádmio são muito recorrentes entre os constituintes de bijuterias e por apresentarem elevada toxicidade e tratar-se de elementos bioacumulativos, carcinogênicos, vêm sendo tema de estudo nos últimos anos. Essa ocorrência se deu principalmente após a manifestação dos órgãos brasileiros responsáveis determinarem um limite para a presença destes metais com a publicação da Portaria 043/2016 do INMETRO. Após este fato, é possível encontrar na literatura pesquisas com o intuito de detectar o teor desses metais presentes nesses artefatos. Na pesquisa feita por Almeida e colaboradores (2014) das 10 amostras selecionadas compradas no comércio da cidade do Rio de Janeiro, duas apresentaram valores de cádmio superiores ao estabelecido pela ASTM, 2013. Outra pesquisa feita por Alves (2016) estabeleceu que das 17 amostras analisadas, também adquiridas na região metropolitana do Rio de Janeiro, 5 apresentaram valores de chumbo não conformes ao estabelecido pela portaria do INMETRO.

Com base nas análises realizadas neste trabalho, observou-se que as amostras que contêm chumbo foram respectivamente PP1, CD1, CP3, PP5, AD5, CD5 e PD. As amostras que contêm cádmio foram respectivamente PP1, AP1, AD4, PP5, BP5, BD5 e AD5. A presença de cádmio nesses artefatos tem como objetivo fornecer brilho as bijuterias e por apresentar propriedades como: resistência e maleabilidade. Já a inclusão de chumbo é utilizada na fabricação de peças pequenas e como impureza em ligas metálicas com cobre (ALVES, 2016).

## 5.2. Quantificação de cádmio e chumbo na espectrometria de absorção atômica em chama (F AAS)

Com a intenção de quantificar os teores dos elementos chumbo e cádmio nas bijuterias adquiridas, realizou-se a determinação desses metais na espectrometria de absorção atômica em chama (F AAS) para um grupo de amostras obtidas a partir da loja 1, popularmente conhecida como “R\$ 1,99”. Sabe-se que a maioria das mercadorias comercializadas nesse tipo de loja são oriundas do comércio Chinês. Para leitura no equipamento as amostras foram totalmente dissolvidas em ácido nítrico. Devido a lâmpada ser monoelementar realizou-se duas curvas de calibração adicionando a cada padrão uma quantidade específica de ácido nítrico a fim de corrigir efeitos de matriz. As curvas de calibração juntamente com a equação da reta foram expressas na FIG. 10.

Figura 10 - Curvas de calibração: Cádmio e Chumbo.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

A partir das equações obtidas, foi possível realizar a leitura das amostras e quantificar os elementos de interesse. Após realizada a leitura das amostras em triplicata os resultados médios foram demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados análise no F AAS.

Amostra	Concentração (% m/m)	
	Cádmio - Cd	Chumbo - Pb
PP1	0,06 ± 0,01	< LD
BP1	0,0026 ± 0,0003	< LD
AP1	0,07 ± 0,02	0,060 ± 0,007
CP1	< LD	< LD
PD1	0,006 ± 0,002	< LD
BD1	0,0011 ± 0,0002	< LD
AD1	0,074 ± 0,009	0,006 ± 0,002
CD1	< LD	< LD
PD	< LD	0,25 ± 0,09

\*LD (limite de detecção): 0,001 ppm.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Com base na tabela acima é possível verificar que algumas amostras ficaram abaixo do limite de detecção (LD) não sendo possível calcular a concentração do analito. Dentre as quantificações obtidas observa-se que as amostras PP1, AP1 e AD1 apresentam concentrações de cádmio superiores ao estabelecido pela portaria 043/2016 do INMETRO (0,01% m/m). Também se observa que as amostras AP1 e as partes desmontáveis (PD) apresentaram valores de chumbo superiores ao estabelecido pela portaria (0,03% m/m). A este fato infere-se que geralmente tarraxas e ligantes são formadas por latão que é mais maleável, mas que possui chumbo em sua composição ou como impureza associada. Dessa forma por ser peças menores e geralmente escondidas no corpo, podem passar despercebidas em fiscalizações (ALVES, 2016).

Podemos comparar os resultados encontrados pelas duas técnicas através do resumo expresso no Quadro 5 (Página 26), onde o X indica a presença do elemento por meio da técnica relatada. Observou-se que algumas amostras apresentaram ausência do analito no equipamento de raio x, porém manifestaram presença na absorção atômica. A este fato atribui-se que a técnica de absorção atômica tem uma maior precisão nos resultados devido ao uso de padrões e métodos

analíticos além da possibilidade de minimizar efeitos de matriz que possa interferir no resultado. Outro fator se deve a F AAS ser uma técnica muito utilizada na análise de metais abrangendo concentrações na faixa de ppm (SKOOG *et al.*, 2009).

Quadro 5 - Comparação entre as técnicas de detecção de metais EDX e FAAS.

Amostra	Cd		Pb	
	Presença EDX	Presença F AAS	Presença EDX	Presença F AAS
PP1	X	X	X	
BP1		X		
AP1	X	X		X
CP1				
PD1		X		
BD1				X
AD1		X		X
CD1			X	
PD			X	X

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As amostras PP1 e CD1 manifestaram presença de chumbo pelo equipamento de EDX, porém não manifestaram presença pelo F AAS. Levando em conta que essa técnica foi utilizada de forma qualitativa e o equipamento de absorção tem uma melhor precisão nos resultados, entende-se que as amostras devem ser reavaliadas pelo equipamento de raio x. Outro ponto a se destacar é a necessidade de calibrações periódicas para uma maior confiabilidade nos resultados apresentados além da possibilidade de a peça não estar homogênea (SANTOS *et al.*, 2019).

Em comparação com a literatura e estudos anteriores verifica-se que também foram analisadas amostras de bijuterias importadas nas quais tinham quantidades destes analitos superior ao permitido pela legislação. Ferreira (2016) ao quantificar os elementos presentes nas amostras de bijuterias adquiridas na cidade de Juiz de Fora – MG utilizando F AAS, encontrou valores de cádmio até 23,6% m/m e para chumbo valores até 9,85% m/m. Aos resultados elevados infere-se o uso de soldas a base de chumbo na estruturação. Já Alves (2016) em sua pesquisa com amostras de bijuterias adquiridas no Rio de Janeiro encontrou amostras em que o componente principal da mesma era cádmio e aos valores elevados admite-se o uso de baterias

de níquel-cádmio na fabricação das peças. Entretanto também relatou resultados abaixo do limite de detecção.

Uma reportagem apresentada no programa Fantástico da rede Globo de televisão em novembro de 2013 exibiu que 2 contêineres vindos da China foram interceptados no porto da cidade do Rio de Janeiro. Esses contêineres possuíam 16 toneladas de bijuterias com suspeita de fraude e presença de metais tóxicos em sua composição. Após averiguação da Receita Federal, observou-se grande quantidade de cádmio atingindo até 39% da composição de algumas amostras (FANTÁSTICO, 2013). Assim como os estudos divulgados na literatura e reportagens, como a relatada neste trabalho, no qual apresentaram levantamentos dos problemas relacionados a composição das bijuterias, o presente trabalho confirma a continuidade desses riscos, uma vez que foram encontrados teores do metal tóxico cádmio superiores aos estabelecidos pelo INMETRO para as amostras PP1, AP1 e AD1 e chumbo AP1 e PD. Sendo assim pode-se afirmar que as bijuterias continuam oferecendo risco a saúde dos consumidores.

### 5.3.Simulação de intemperismo natural

As amostras submetidas a simulação de intemperismo natural permaneceram em contato com a água do poço artesiano por 12 meses. Após esse período, as aparências dos testes foram demonstradas na FIG. 11:

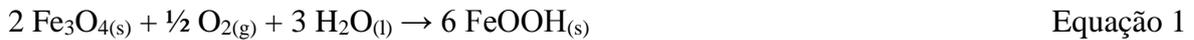
Figura 11 - Aparência das amostras após contato com a água.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Com base na figura acima observa-se que as amostras PD1 e PD tiveram mudança na coloração das águas, de límpida a amarronzada após o período de exposição. Entretanto as amostras citadas apresentaram presença de ferro quando avaliadas pelo raio x, o que indica

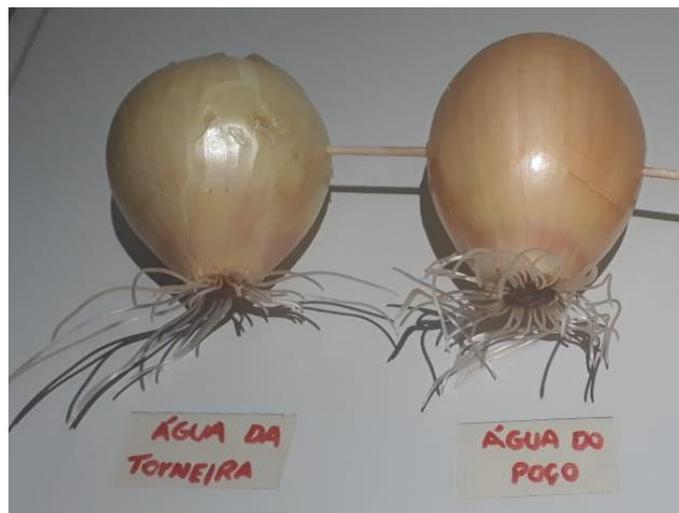
processo de formação de ferrugem. Esse fenômeno ocorre quando o ferro ou ligas são expostos a umidade ou ar levando a corrosão e consequentemente deterioração do metal com a formação de uma camada porosa de oxi-hidróxidos (SILVA *et al.*, 2015). A Equação 1 representa o processo químico oxidativo:



#### 5.4. Teste de ecotoxicidade

Primeiramente analisou-se o comportamento da cebola em contato com as amostras de água do poço artesiano em comparação com a água da torneira. Os resultados do crescimento das raízes no quinto dia são expressos na FIG. 12 e o comprimento das raízes demonstrado na Tabela 3.

Figura 12 - Crescimento das raízes em contato com a água do poço em comparação com água da torneira.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Tabela 3 - Resultados do comprimento das raízes das diferentes águas - controle.

Amostra	Tamanho (cm)
Água da torneira	8,9
Água do poço artesiano	7,7

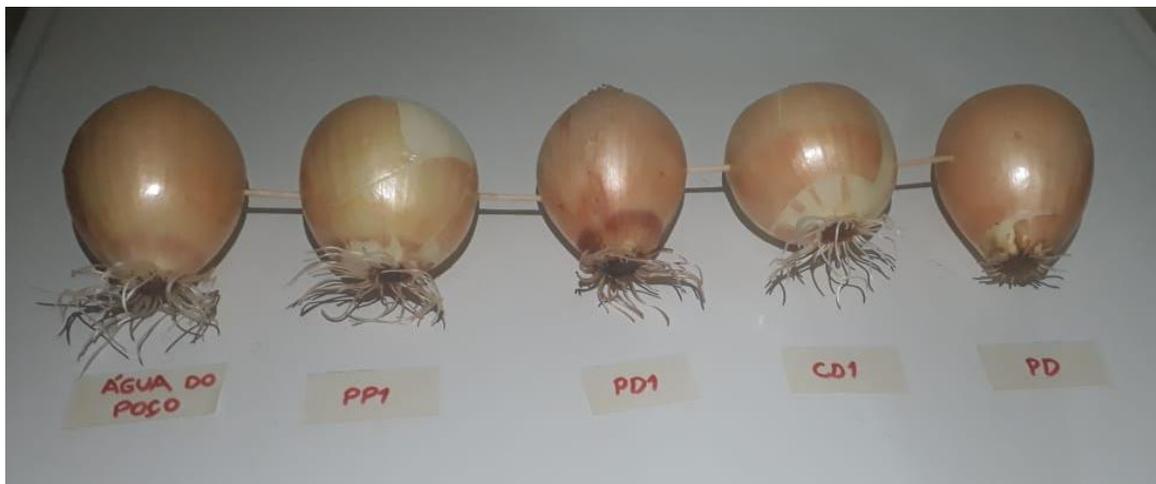
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Levando em conta o comprimento das raízes acima, observa-se que a amostra que ficou em contato com a água da torneira teve um crescimento maior do que comparada com a amostra

que ficou em contato com a água do poço. A este fato infere-se que como a água da torneira foi retirada no momento de fazer o experimento (fresca) e a do poço ficou armazenada por doze meses a primeira obteve um melhor crescimento. Outro fator é que a água da torneira é proveniente de águas doces que passaram por tratamento utilizando cloro na desinfecção da mesma para torna-la própria para consumo. Já a água do poço artesiano apesar de vir de fonte natural profunda necessita de cautela no consumo pois não necessariamente possui a qualidade adequada (GIOVANNI, 2018).

Após o sétimo dia, foi verificado o crescimento em triplicata das amostras com bijuterias que ficaram em contato com a água do poço artesiano que estavam em contato com as bijuterias. A FIG. 13 e a Tabela 4 representam os resultados encontrados, sendo comparados com o branco.

Figura 13 - Resultados das amostras de bijuterias em contato com a água do poço artesiano.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Tabela 4 - Resultados das medições do comprimento das raízes das amostras.

Amostra	Comprimento (cm)	Metais
Água do poço artesiano (Controle)	7,7	-
PP1	4,8	Chumbo – Cádmió
PD1	3,4	Ferro – Césio
CD1	7,7	Chumbo
PD	1,3	Ferro - Chumbo

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Quando se analisa o tamanho das raízes em comparação umas com as outras observa-se que a amostra CD1 teve o crescimento mais similar quando comparada com o controle,

entretanto verifica-se que a quantidade de raiz foi menor. Ao levar em conta os resultados obtidos na espectrometria de absorção atômica, compreende que como os resultados obtidos para os dois metais na amostra CD1 foram menores que o limite de detecção, a presença dos metais não influenciou o crescimento das raízes apesar de ser provável a concentração não uniforme da amostra. A amostra PP1 teve um crescimento inferior ao apresentado pelo branco, o que pode ser justificado pela presença de cádmio que foi superior ao permitido pela portaria, conforme apresentado na Tabela 2 (Página 25).

As amostras que tiveram o crescimento mais afetado foram as amostras PD1 e PD onde o tamanho foi relativamente menor quando comparadas com o branco. PD1 apesar de na espectrometria não revelar resultados significativos, na simulação de intemperismo natural observou-se a formação de ferrugem devido ao ferro presente estar em contato com umidade. Assim a água apresentou coloração amarronzada e dessa forma a raiz da cebola também apresentou coloração diferente quando em contato com a mesma. Jucoski e colaboradores, (2016) ao estudar o excesso de ferro sobre o crescimento de *Eugenia uniflora* observou que apesar do ferro ser um componente essencial quando presente em excesso no meio provoca alterações no crescimento das plantas e assim afetar o tamanho das raízes. Outro ponto a se destacar é a presença de cério indicada pelo raio x na amostra PD1, o que também deve interferir no crescimento das raízes, visto que se trata de um elemento tóxico e altamente radioativo. No acidente radioativo com cério -137 ocorrido em Goiânia (1987) as vítimas foram enterradas em caixões feitos de concreto e alguns locais foram demolidos e desativados para evitar qualquer contaminação ao meio ambiente e ao ser humano (HADDAD, 2019).

A amostra PD apresentou o menor crescimento quando comparadas com as demais. Esse fato pode ser compreendido a partir do resultado obtido, uma vez que essa amostra exibiu uma quantidade de chumbo aproximadamente oito vezes maior do que o permitido pela legislação, o que possivelmente afetou ou inibiu o crescimento da planta, interferindo em seu processo natural. Fatores negativos como presença de substâncias tóxicas, questões ambientais ou hormonais levam a alteração no desenvolvimento e germinação nos primeiros dias. Como no presente trabalho todas as amostras foram submetidas aos mesmos critérios e condições a toxicidade do meio pode ser utilizada para explicar os efeitos no tamanho das raízes (COELHO, 2017).

Em um artigo publicado pela revista Química Nova na Escola (PALÁCIO *et al.*, 2013), os autores estudaram os efeitos do cobre no crescimento radicular após 7 dias em contato com as águas com diferentes concentrações do metal. Os resultados apresentados revelaram que quanto maior a concentração do metal, maior o efeito no tamanho da raiz. Esse comportamento

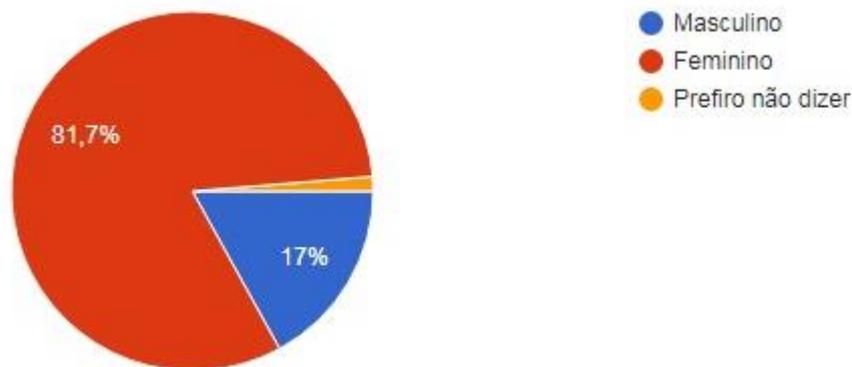
também pode ter contribuído para os crescimentos anormais das raízes da cebola que entraram em contato com as amostras PP1, PD e PD1, uma vez que a técnica de EDX mostrou a presença de cobre nessas três amostras.

### 5.5. Estudos investigativos e Análise de dados.

Os estudos investigativos, a coleta e análise de dados com o intuito de verificar o conhecimento da comunidade acadêmica (CEFET-MG) sobre metais tóxicos e seu uso em bijuterias, foram realizados a partir do questionário disposto no Anexo B (Página 57) e análises da grade curricular dos cursos técnicos e de graduação ofertados nesta instituição. O questionário foi divulgado no dia 02 de setembro de 2020 com um prazo de recebimento de respostas de 45 dias, e obteve-se um alcance de 153 pessoas.

Dentre as pessoas que responderam ao questionário observa-se a distribuição de gênero por meio da FIG. 14.

Figura 14 - Gráfico da distribuição de gênero entre os participantes.



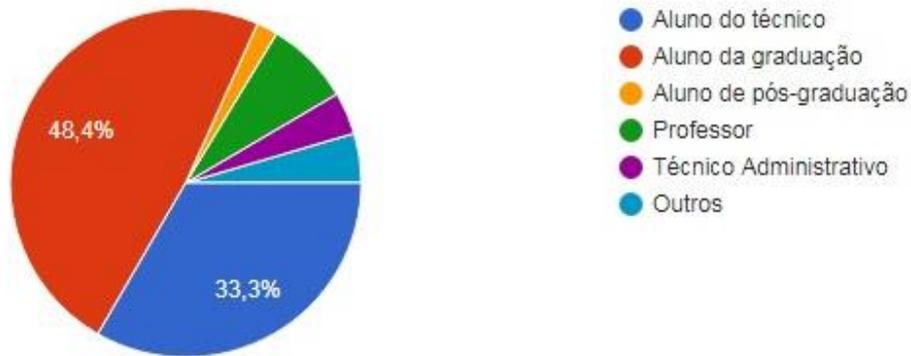
Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Observa-se pela análise gráfica que mais da metade dos participantes pertencem ao público feminino. É possível inferir pela análise gráfica e social que o uso de bijuterias é muito mais comum entre as mulheres quando comparadas ao uso pelos homens. A variedade de opções, cores modelos, estilos e tamanhos despertam especialmente no público feminino o desejo de comprar os artefatos. Entretanto o uso pelo público masculino tem tomado espaço ao longo do tempo (SUNDIE *et al.*, 2011).

As áreas de atuação das pessoas dentro do CEFET-MG que responderam aos questionamentos estão demonstradas na FIG. 15 (Página 32). Dentre as respostas obtidas observa-se que a maioria das pessoas são alunos da graduação seguidas pelos alunos do técnico.

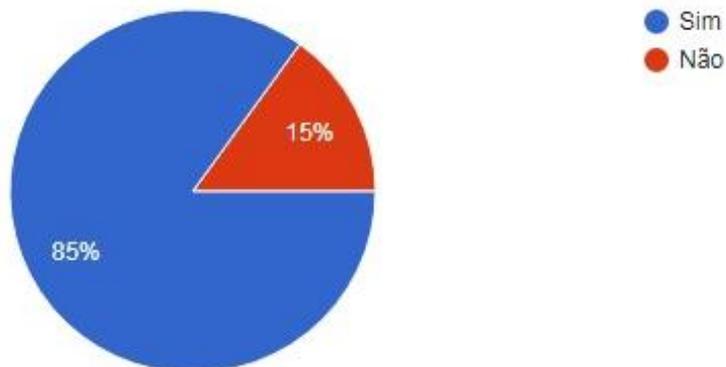
Quando questionados sobre o uso de bijuterias, a FIG. 16 (Página 32) mostra que a grande maioria das pessoas que responderam ao questionário fazem uso desse artefato.

Figura 15 - Gráfico das áreas de atuação.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Figura 16 - Gráfico da utilização de bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Para vias de análise das demais respostas considerou-se apenas os usuários de bijuterias. Dessa forma, a frequência das pessoas que utilizam está visível na FIG.17.

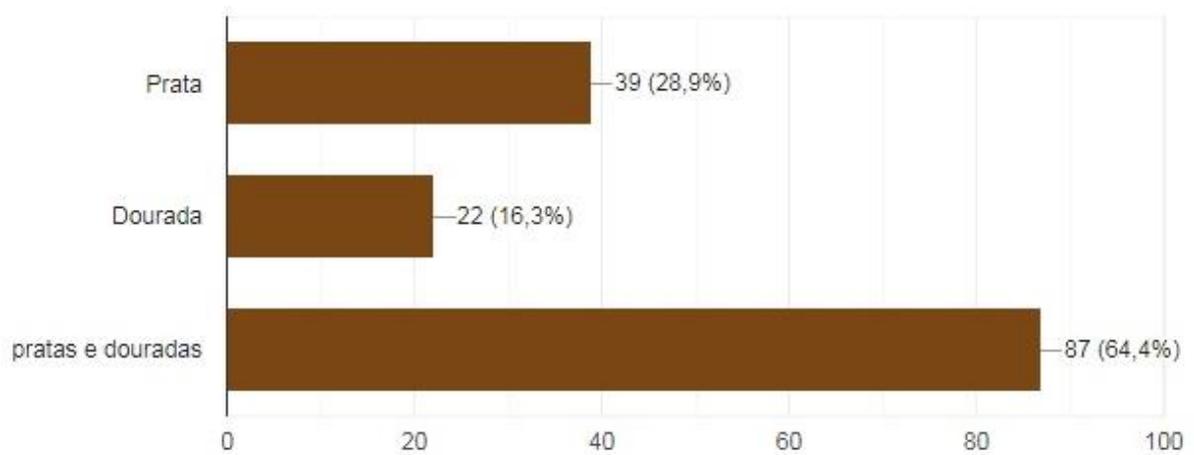
Figura 17 - Gráfico sobre frequência de uso das bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Os números indicaram uma distribuição uniforme entre os que utilizam os objetos todos os dias, os que utilizam algumas vezes por semana e os que raramente utilizam em uma média de 33,3%. Dentre esses observa-se a partir da FIG. 18 qual a preferência de coloração. Entende-se por meio do gráfico de barras que não há grande preferência entre prata e dourada sendo a maioria optante por utilizar as duas cores.

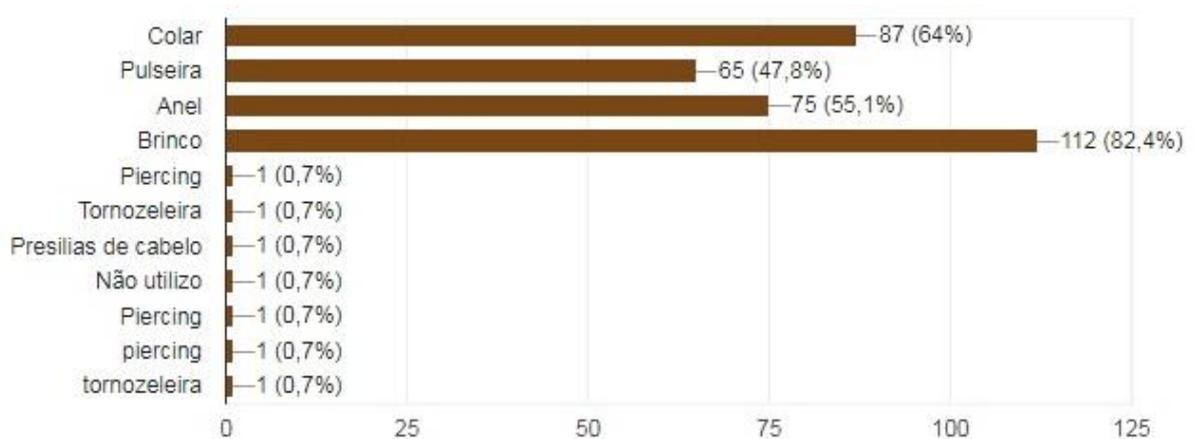
Figura 18 - Gráfico sobre a coloração de preferência.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Quando se trata dos tipos de objetos utilizados, expõe-se a FIG. 19.

Figura 19 - Gráfico dos tipos de objetos utilizados.

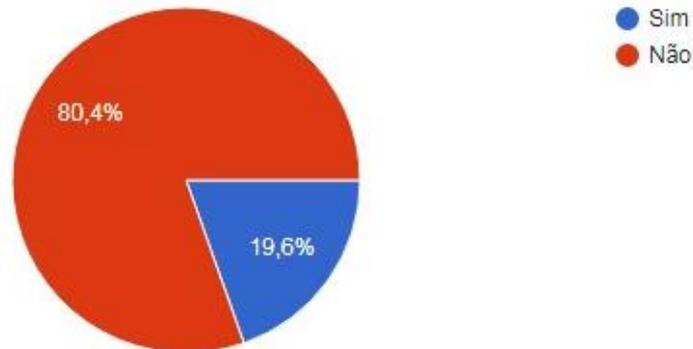


Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Por permitir aos colaboradores a opção de escolher mais de um tipo, avaliou-se que os tipos mais comumente adquiridos e utilizados são brincos, pulseiras, anéis e colares. A este fato justifica-se a maior disponibilidade e aceitação dessas bijuterias. Contudo, a respeito do

conhecimento dos metais utilizados na fabricação desses artefatos, verifica-se na FIG. 20 que mais da metade dos participantes não conhecem os metais que compõem as ligas que formam as bijuterias.

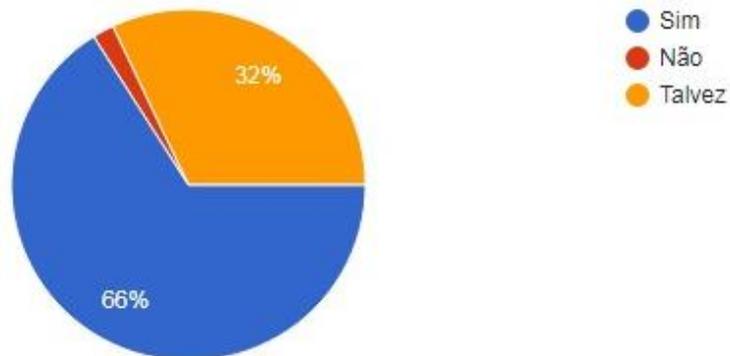
Figura 20 - Gráfico sobre o conhecimento dos metais em bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Apesar do estudo investigativo realizado a partir da análise da grade curricular dos cursos ofertados pelo CEFET-MG (página 39-41), mostrar que os discentes possuem acesso ao conhecimento acadêmico sobre metais de forma geral, infere-se que não é abordado neste meio, temas voltados para o estudo da composição dessas peças. Todavia quando perguntados a respeito da possibilidade de encontrar metais tóxicos nos constituintes a maior parte respondeu que sim ou talvez é possível que se encontre. Conforme pode ser visualizado na FIG. 21.

Figura 21 - Gráfico sobre a possibilidade de encontrar metais tóxicos em bijuterias.

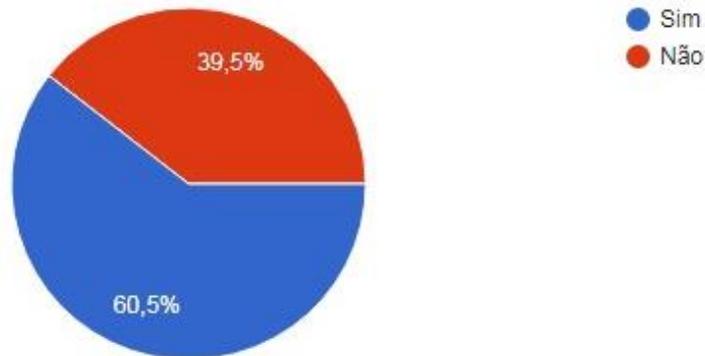


Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

A este fator, subtemde-se que o desenvolvimento do senso crítico, que torna o indivíduo capaz de refletir antes de concluir, juntamente com os conhecimentos prévios adquiridos levaram aos colaboradores a entenderem que por mais que não se conheça com precisão quais metais compõem esse artefato, é muito provável que se encontre metais tóxicos entre seus constituintes (CELI, 2020). Um ponto muito importante no assunto em questão é sobre alergias

desenvolvidas por contato frequente com as peças. A FIG. 22 indica que mais de 50% dos usuários de bijuterias já apresentaram alergia recorrente do uso desses artefatos.

Figura 22 - Gráfico sobre alergia as bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Entre as alergias relatadas destacam-se os seguintes sintomas:

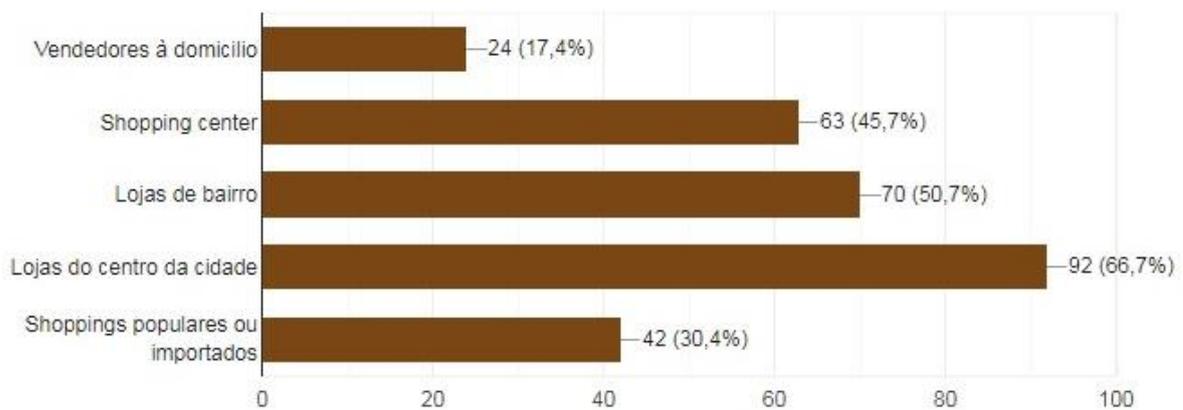
- Coceira;
- Vermelhidão;
- Inflamação;
- Feridas ou dermatites;
- Inchaço;
- Ardor;
- Aumento da sensibilidade local;
- Pus.

Os sintomas destacados acima de cunho dermatológico são muito comuns em usuários de bijuterias contendo níquel e cromo. O níquel é encontrado em ligas metálicas e tem função estrutural nas peças melhorando possíveis imperfeições. Entretanto muitas pessoas manifestam dermatites e erupções cutâneas quando em contato. Neste trabalho a utilização do EDX manifestou presença de níquel nas amostras CD1, CP1, BP2, AP2, CP2, BD2, PD3, BD3, PP4, BP4, AP4, CP4, BD4, PP5, BP5, CP5, PD5 e AD5. O cromo por sua vez é colocado a fim de dar acabamento e fornecer resistência a corrosão. Entretanto também é conhecido por causar dermatites, sendo neste trabalho encontrado pelo EDX nas amostras BD1, CP2, AP5 e PP5 (BRANDÃO; GONTIJO, 2012).

Os resultados obtidos pela espectrometria de absorção atômica, indicando o elevado teor de chumbo presente em partes pequenas, tais como haste de brincos, tarraxas e ligantes de peças que podem passar despercebidos pelas fiscalizações, estão em conformidade com o grande percentual de usuários de bijuterias que declararam já ter apresentado algum tipo de alergia

quando em contato com esses artefatos. Outra informação relevante obtida a partir da análise das respostas fornecidas ao questionário trata-se do local onde as bijuterias são adquiridas. A FIG. 23 apresenta um gráfico de barras que mostra que mais da metade dos usuários de bijuterias compram esses acessórios em lojas no centro da cidade, local de maior concentração de lojas popularmente conhecidas como “R\$ 1,99” e lojas que pouco se sabe sobre os fornecedores ou fabricantes das bijuterias vendidas, podendo até mesmo vir de exportações de países como a China, muito conhecida pela fabricação de acessórios além de materiais eletrônicos (PAIS, 2018).

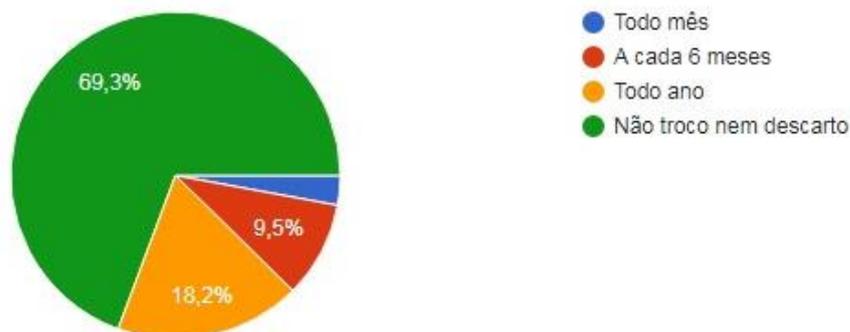
Figura 23 - Gráfico sobre onde são compradas as bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Com relação a frequência de troca ou descarte das bijuterias dispõe-se a FIG. 24, cuja análise mostra que a maior parte das pessoas não trocam e nem descartam seus acessórios. Este fato é muito comum, pois as peças são duráveis dependendo das condições de uso, sendo também preocupantes pois a utilização se dá por muito mais tempo, o que pode agravar alergias ou contaminações. Entretanto a conservação adequada das bijuterias confiáveis, juntamente com a retirada diária das peças junto ao corpo, é uma ferramenta frente a redução do consumo exacerbado (ZANIRATO; ROTONDARO, 2016).

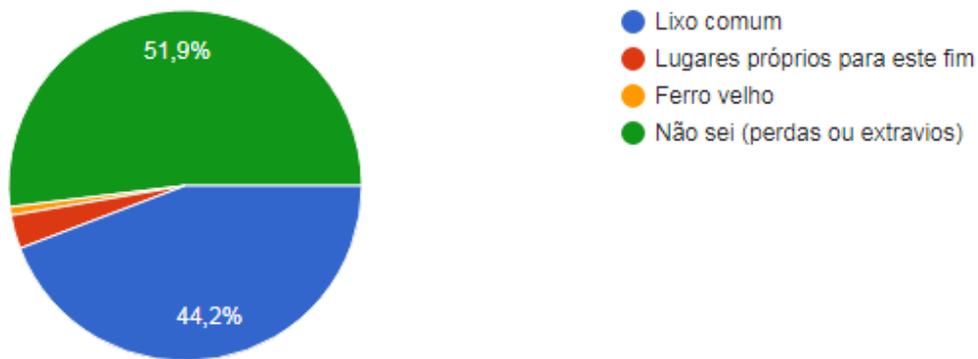
Figura 24 - Gráfico sobre a frequência de descarte de bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Quando se analisa a FIG. 25 obtemos dados a respeito das pessoas que realizam a troca ou descarte. Assim é possível visualizar que muitas pessoas acabam perdendo suas peças ao invés de descartá-las em locais adequados. Outras entretanto descartam em lixo comum, fator preocupante pois os metais presentes podem atingir solos e rios levando a contaminação desses.

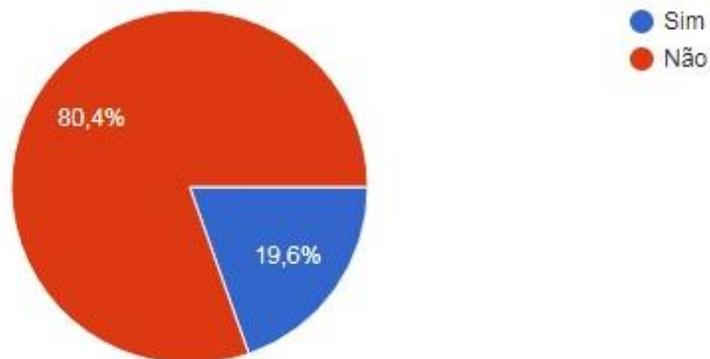
Figura 25 - Gráfico sobre o local de descarte das bijuterias.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Apesar de boa parte dos participantes descartarem em lixo comum, eles entendem que não é o local adequado para isto, conforme pode ser visualizado na FIG. 26.

Figura 26 - Gráfico sobre ser correto ou não descartar em lixo comum.

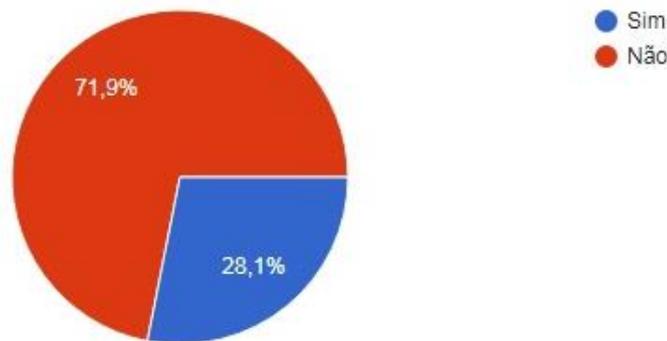


Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

As bijuterias contaminadas com cádmio ou chumbo podem ser facilmente absorvidas pelo solo contaminando-o, além de afetar diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (CAROCCI *et al.*, 2015). Fato também observado neste trabalho com os resultados do teste de ecotoxicidade.

Outro questionamento abordado se trata da logística reversa, trata-se de um sistema de logística no qual os resíduos gerados são entregues ao fabricante, para que esses reaproveitem ou façam o descarte adequado. O assunto foi abordado e gerou-se o gráfico presente na FIG. 27 (Página 38) no qual, mostrou que os investigados pouco conhecem sobre o assunto.

Figura 27 - Gráfico sobre as respostas dos colaboradores quando questionados a respeito do conhecimento da logística reversa.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como forma de propor soluções para o problema dos metais tóxicos em bijuterias, analisou-se métodos capazes de reduzir ou reutilizar os metais que contenham os contaminantes, além de informar sobre a possibilidade do descarte adequado. Revisando a literatura observa-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS Lei nº 12.305/2010) que dispõe sobre os resíduos e seu descarte. Um dos pontos abordados na Lei implica diretamente nos produtores de forma que fabriquem produtos capazes de reutilizar ou reciclar com o intuito de não prejudicar o meio ambiente. Quanto aos consumidores é válido o sistema de logística reversa no qual se restitui os resíduos gerados ao fabricante para que reaproveitem ou façam a destinação correta, sendo esta considerada obrigatória independentemente do tipo de produto conforme artigo 33 da mesma lei (BRASIL, 2016). Porém, para implementação de um sistema eficaz, o cliente deve conhecer sobre a aplicação da logística reversa (DANTAS, 2018).

Ao relacionarmos a política de logística reversa em bijuterias observa-se que o método pode ser empregado de forma a descartá-las em local propício. Segundo a matéria do site Equipe Ecycle (2013), é possível reciclar estes materiais ou encontrar postos que recolhem esses produtos. O Quadro 6 relaciona os postos existentes em Belo Horizonte de recolhimento de peças metálicas:

Quadro 6 - Postos de recolhimento de bijuterias em Belo Horizonte.

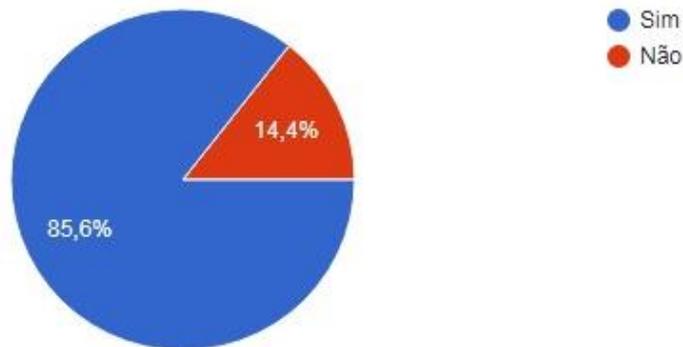
Nome	Localização
Cooperativa dos Catadores de Papel da Região Metropolitana de Belo Horizonte	Av. dos Andradas, 875
Comércio de Papel Novo Mundo	Av. do Contorno, 10812

Fonte: Ecycle, 2013.

Os postos descritos acima apesar de ter como foco o recolhimento de papel, recebem artigos metálicos como bijuterias entre outros tipos de materiais recicláveis.

Observa-se que os locais são de fácil acesso para os moradores da região. Para finalizar o questionário, perguntou-se sobre o conhecimento da problemática dos metais tóxicos e as respostas obtidas geraram o gráfico exposto na FIG. 28.

Figura 28 - Gráfico sobre o conhecimento acadêmico sobre metais tóxicos.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Por meio do gráfico observa-se que a grande maioria das pessoas que responderam o questionário possuem conhecimento das consequências que os metais tóxicos podem causar tanto ao meio ambiente quanto a saúde humana. Entretanto, aproximadamente 14% ainda desconhece a situação citada. Por se tratar de um ambiente acadêmico, procurou-se verificar dentro dos cursos ofertados no CEFET-MG localizados em Belo Horizonte (técnico e graduação) quais disciplinas abordam os metais, suas aplicações e toxicidade. O Quadro 7 estabelece sobre os cursos de graduação.

Quadro 7 - Levantamento sobre a abordagem de metais tóxicos na graduação do CEFET- MG.

Cursos de graduação	Presença de disciplinas
Administração	
Engenharia Ambiental	X
Engenharia de Computação	
Engenharia de Materiais	X
Engenharia de Produção Civil	
Engenharia Elétrica	
Engenharia Mecânica	X
Letras	
Engenharia de transportes	
Química Tecnológica	X

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Da graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária podemos destacar as disciplinas de Química Ambiental 1 e 2, que abordam os aspectos da toxicidade de metais para o meio ambiente (COSTA; MARQUES, 2013). O curso de Engenharia dos Materiais e Engenharia Mecânica apresentam também disciplinas químicas teóricas e laboratoriais que relatam sobre o uso, manuseio e toxicidade dos elementos. Em relação ao curso de Química Tecnológica destaca-se a disciplina de Segurança de Laboratórios Químicos que aborda riscos químicos e físicos de substâncias, FISPQ e limpeza. Assim podendo compreender como agir em situações emergenciais ou como se proteger de acidentes. A disciplina de Química Inorgânica Básica e Química Dos Elementos Metálicos destaca-se um ensino mais aprofundado dos metais em conjunto com os laboratórios correspondentes expondo estrutura, reatividade e ligação. Já no laboratório de Química Inorgânica aprende-se normas e procedimentos de segurança além de primeiros socorros em caso de acidentes. Também em Química Ambiental e Tecnologia em Química Ambiental são abordados conteúdos informativos e práticos sobre substâncias tóxicas, controle e tratamento. A matéria de Controle e Legislação Ambiental reforça conteúdos a respeito de poluição ambiental e classificação de resíduos. Em Corrosão e Tratamento De superfícies metálicas é possível compreender sobre limpeza, corrosão e métodos de proteção. A disciplina de higiene e segurança do trabalho é compreendido a medicina do trabalho bem como o uso adequado de EPI e EPC a fim de se proteger contra agentes nocivos (OKUMA, 2009). O Quadro 8 refere-se aos cursos técnicos ofertados em Belo Horizonte:

Quadro 8 - Levantamento sobre a abordagem de metais tóxicos nos cursos técnicos do CEFET- MG.

Cursos técnicos	Presença de disciplinas
Edificações	
Eletromecânica	
Eletrônica	
Eletrotécnica	
Equipamentos Biomédicos	
Estradas	
Hospedagem	
Informática	
Meio Ambiente	X
Mecânica	
Mecatrônica	
Química	X
Rede de Computadores	
Transportes e Trânsito	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dos cursos técnicos, o curso de Meio Ambiente possui as disciplinas de Química Ambiental 1, responsável por dissertar acerca dos metais tóxicos na água e Química Ambiental 2, que trata dos metais tóxicos no solo (LANA, 2016). O curso técnico em Química ofertado no CEFET-MG oferece as disciplinas de Química Inorgânica, Laboratório De Química Inorgânica e Introdução a Química Experimental. Os conteúdos expõem a criação de FISPQ e procedimento operacional padrão (POP) nos quais auxiliam no conhecimento, manipulação e aplicação de metais em geral (FERRY *et al.*, 2016).

Os cursos de Engenharia do CEFET-MG possuem em seus períodos iniciais da disciplina de Química Geral que permite uma abordagem geral de temas relacionados aos metais, e em virtude da possibilidade de realizar o curso técnico juntamente com o ensino médio, a disciplina de química é realizada. Dessa forma, destaca-se o ensinamento de química dos elementos no qual os alunos da graduação e do técnico aprendem sobre os elementos da tabela periódica, sua toxicidade, reações, manipulação e aplicabilidade.

Dessa forma e em suma verifica-se que o conhecimento adquirido nas disciplinas sobre metais e sua toxicidade possui alta assimilação tendo em vista a quantidade de pessoas que conhece sobre o assunto. Contudo ainda é necessário reafirmar sobre as consequências causadas pelos metais em todos os cursos pois estes elementos estão presentes em nosso cotidiano.

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que foi possível analisar e manipular as amostras obtidas utilizando os equipamentos descritos. Os resultados fornecidos pelo equipamento de raio x forneceram dados qualitativos quanto a composição das bijuterias, porém por se tratar de um equipamento que requer calibrações, seria necessário a repetição da análise em duas amostras.

Para determinação quantitativa das amostras, o método de preparo de amostra proposto foi eficiente tendo em vista a completa dissolução das amostras e o grau do reagente utilizado. A utilização do F AAS foi eficaz na determinação de cádmio e chumbo nas bijuterias, pois a utilização de padrões e técnicas analíticas garantem maior confiabilidade nas leituras. Dessa forma, obteve-se que três amostras alcançaram valores superiores ao estabelecido pela legislação em relação ao cádmio. Duas amostras revelaram valores superiores ao estabelecido para chumbo em relação a portaria do INMETRO.

Por meio da simulação do intemperismo natural foi possível entender o comportamento das amostras durante o período em que foram expostas em água, sendo também possível a utilização dessas no teste de ecotoxicidade. A utilização de *Alium cepa* como indicador obteve

resultados satisfatórios e esperados quando comparados com a literatura, avaliando assim os impactos ambientais quando amostras de água são contaminadas com metais tóxicos. Assim as amostras PP1, PD1 e PD afetaram o crescimento das raízes significativamente. PD1 apesar de não revelar presença de cádmio ou chumbo, pelo EDX manifestou presença de ferro e cério que afeta o crescimento das plantas. Entretanto, PD apresentou valores altos de chumbo quando comparados a legislação, o que infere sua interferência no crescimento das raízes.

A elaboração de um questionário como forma de coleta de dados foi categórica em sua função, pois possibilitou avaliar a população acadêmica do CEFET-MG quanto ao conhecimento sobre metais tóxicos e sua relação com as bijuterias. Concluiu-se que a comunidade acadêmica detém o conhecimento sobre a toxicidade dos metais e sua relação com as bijuterias (85,6%), porém não realiza o descarte adequado das bijuterias que adquirem. Sendo que 80,4% desconhecem sobre quais metais são usados na fabricação das bijuterias. Assim, a proposta de solução na forma de logística reversa foi interessante para o objeto de estudo.

## **7. PERSPECTIVAS FUTURAS**

Como perspectiva futura deseja-se a averiguação de mais lojas e mais amostras de bijuterias tendo como base a região central de Belo Horizonte. Dessa forma, realizando análises quantitativas em ambos os equipamentos para posterior comparação.

Também espera-se estudar a toxicidade utilizando ensaios laboratoriais com microscópios de forma a verificar as células e a mitose das cebolas após contato com as águas contaminados com metais tóxicos.

Com relação a aplicação do questionário, almeja-se aumentar a região de alcance dentro do CEFET-MG e também abrangendo outras universidades e a população em geral, bem como promover um plano de ações que contemple a conscientização da população em relação ao descarte de bijuterias, loja reversa e divulgação dos centros de coleta desses artefatos.

## **8. REFERÊNCIAS**

ALKMIM FILHO, J. F. Ocorrência de arsênio, cádmio e chumbo em tecidos de aves, suínos, bovinos de corte e equinos no Brasil. 2011. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Escola de Veterinária, **Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2011.

ALMEIDA, M. D.; DUTRA, E. S.; SENA, R. C.; ARAUJO, T. O. Determinação de Metais Pesados em Bijuterias: Controle de Qualidade ou Questão de Saúde Pública? In: reunião anual

da sociedade brasileira de química, 37. 2014, Natal. Resumo. **Sbq**, 2014. p. 1-1.

ALVES, T.S.. Determinação de metais pesados em bijuterias comercializadas na região metropolitana do Rio de Janeiro. 2016. 64 p. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Instituto de Química, **Universidade Federal Fluminense**, Niterói, 2016.

ALVES, L. M., PEREIRA, G.L.B.S., BASTOS, J.D.F., OLIVEIRA, M.E.S., SOUZA, J.R. Aplicação de questionários que levam à educação ambiental: praia de Ponta Negra, NATAL-RN. In: **Congresso brasileiro de gestão ambiental São Bernardo do Campo/SP**, 9., 2018, São Bernardo do Campo. Trabalhos. São Paulo: **Ibeas**, 2018. p. 1-6.

ASFORA, V. K. Fluorescência de Raio X por dispersão de energia aplicada à caracterização de tijolos de sítios históricos de Pernambuco. 2010. 105 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciências Nucleares, Departamento de Energia Nuclear, **Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2010.

ASTM F2923-11, Standard Specification for Consumer Product Safety for Children's Jewelry, ASTM International, **West Conshohocken**, PA, 2011, [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM F2999-19, Standard Consumer Safety Specification for Adult Jewelry, ASTM International, **West Conshohocken**, PA, 2019, [www.astm.org](http://www.astm.org).

ATSDR. The ATSDR 2019 Substance Priority List. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry**, 2019, EUA.

BAHIA FILHO, O., PRADA, P.R., MANEGHESSO, C., LANÇAS, F.M. Desvendando a medição nos ensaios químicos: 1. a curva analítica ou de calibração. **Scientia Chromatographica**, São Carlos, v. 3, n. 3, p. 251-261, 2011. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.4322/sc.2011.015>.

BERVIAN, L.M.; FLORIANI, D.E. Consumo de Produtos de Luxo e a Competição Intrasexual Feminina. **Teoria e Prática em Administração**, Santa Catarina, v. 18, n. 1, p.17-46, 30 jun. 2018. ANPAD. <http://dx.doi.org/10.21714/2238-104x2018v8i1-35587>.

BRASIL. Portaria Inmetro nº 043/2016. Proíbe comercialização de bijuterias e joias com teores elevados de cádmio e chumbo. **Diário Oficial da União**. Brasília, 22/1/2016.

BRANDÃO, M.H.T.; GONTIJO, B. Contact sensitivity to metals (chromium, cobalt and nickel) in childhood. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Belo Horizonte, v. 87, n. 2, p. 269-276, jan. 2012.

BROWN, T.L., LEMAY, H.E., BURSTEN, B.E., MURPHY, C.J., WOODWARD P.M., STOLTZFUS, M.W. **Química a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. 1229 p.

CAROCCI, A., CATALANO, A., LAURIA, G., SINICROPI, M.S., GENCHI, G. Lead Toxicity, Antioxidant Defense and Environment. *Reviews Of Environmental Contamination And Toxicology*, Bari. **Springer International Publishing** v. 235, p. 45-67, 16 dez. 2015.

CARVALHO, M. TAC determina que Limeira comece a tratar resíduos de empresas de joias. **G1**, 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2015/04/tac-determina-que-limeira-comece-tratar-residuos-de-empresas-de-joias.html>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

CASTILHO, T.A.S. Confeccionador de Bijuterias. Montes Claros: Instituto Federal de Minas Gerais, 2015. 67 p. *Apud*: GOLA, Eliana. **A joia: história e design**. São Paulo; Senac São Paulo, 2008.

CELI, R. Senso crítico: o que é e como desenvolver? 2020. **Stoodi**. Disponível em: <https://www.stoodi.com.br/blog/filosofia/como-eu-faco-para-desenvolver-meu-senso-critico/>. Acesso em: 20 out. 2020.

CISCATO, C.A. M., CHEMELLO, E., PEREIRA, L.F. **Química 1**. São Paulo: Moderna, 2016. 384 p.

COELHO, E.J.R. Respostas fisiológicas e citogenéticas em raízes de *allium cepa* l. expostas às amostras de água e sedimento de três represas ao longo da bacia do rio Santa Maria da Vitória (ES, Brasil). 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia Vegeta, **Universidade Federal do Espírito Santo**, Vitória, 2017.

COL, J.A. Avaliação rápida, direta e sem geração de resíduos de amostras da vida cotidiana por fluorescência de raios X por dispersão em energia. 2013. 183 p. Tese (doutorado) - **Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química**, Campinas, SP. Disponível em:

<<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/248804>>. Acesso em: 15 out. 2020.

COSTA, E. R. H.; MARQUES, G. F.. Projeto pedagógico para implantação do curso de engenharia ambiental e sanitária no CEFET-MG. Belo Horizonte: **Cefet-Mg**, 2013. 234 p.

COSTA, C.R., OLIVI, P., BOTTA, C.M.R., ESPINDOLA, E.L.G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008. **FapUNIFESP** (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422008000700038>.

CUNHA, V.S. Determinação de cádmio e chumbo em bijuterias: painel setorial - teor de cádmio e chumbo em bijuterias e jóias. Rio de Janeiro: **Inmetro**, 2014. 37 slides, color.

DANTAS, L.M. Percepção sobre logística reversa da comunidade acadêmica da ufrn. 2018. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, Natal, 2018.

ECODEBATE, Redação (org.). Um veneno chamado cádmio. 2009. Elaborada por **EcoDebate**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2009/08/21/um-veneno-chamado-cadmio/>. Acesso em: 16 de maio de 2020.

EQUIPE ECYCLE (São Paulo) (org.). Joias e bijuterias podem causar problemas de saúde. 2013. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1704-joias-e-bijuterias-podem-causar-problemas-de-saude.html>. Acesso em: 22 out. 2020.

ESPINOZA-QUIÑONES, F.R., SZYMANSKI, N., PALÁCIO, S.M., MÓDENES, A.N., RIZZUTTO, M.A., SILVA JR, F.G., OLIVEIRA, A.P., ORO, A.C.P., MARTIN, N. Inhibition effect on the *Allium cepa* L. Root Growth When Using Hexavalent Chromium-Doped River Waters. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 82, p. 767–771, 2009.

FANTÁSTICO (Rio de Janeiro) (org.). Laudo alerta para alta concentração de substância tóxica em bijuterias. 2013. Elaborada por **G1**. Disponível em: <http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2013/11/laudo-alerta-para-alta-concentracao-de-substancia-toxica-em-bijuterias.html>. Acesso em: 02 nov. 2020.

FERREIRA, T.P. Análise de Cádmio e Chumbo em bijuterias por espectrometria de absorção

atômica por chama (FAAS) e voltametria de pulso diferencial (VPD). 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, **Universidade Federal de Juiz de Fora**, Juiz de Fora, 2016.

FERREIRA, M.I. NONOHAY, J.S., SILVA, L.B. Bioensaios com cebola (*Allium cepa*) na avaliação de citotoxicidade e mutagenicidade de compostos e poluentes ambientais. In: **MOSTRA CIENTÍFICA**, 6., 2016, Rio Grande do Sul. Resumo [...]. Porto Alegre: Sistema de Gerenciamento de Eventos, 2017. p. 1-1.

FERRY, A., BRACARENSE. A.A.P., ZACCHI, C., BORGES, G., PAULA, I. ALVARENGA. J. SOARES, L., MARQUES, M., VIEIRA, M., PIRES, N. Projeto pedagógico para reestruturação do curso técnico em química. Belo Horizonte: **Cefet-Mg**, 2016. 264 p.

GARCIA, J. B. P.. Avaliação de chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e cádmio (Cd) no sedimento de margem da represa de Guarapiranga, uma questão de saúde pública. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Saúde, **Universidade Santo Amaro**, São Paulo, 2017.

GERHARDT, T.E. Unidade 4 – Estrutura do projeto de pesquisa. In: GERHARDT, Tatiana Engel; RAMOS, Ieda Cristina Alves; RIQUINHO, Deise Lisboa; SANTOS, Daniel Labernarde dos. Metodologia da pesquisa. **Sergipe: Ead**, 2008. p. 65-88.

GIOVANNI, B. Água mineral x água de torneira x água de poço artesiano: qual a diferença? 2018. Disponível em: <https://www.blogdobg.com.br/agua-mineral-x-agua-de-torneira-x-agua-de-poco-artesiano-qual-a-diferenca/>. Acesso em: 19 out. 2020.

GOLA, E. A jóia: história e design. São Paulo; Senac São Paulo, 2008. *Apud* CASTILHO, Tarliene Aparecida Santos. Confeccionador de Bijuterias. Montes Claros: **Instituto Federal de Minas Gerais**, 2015. 67 p.

GUERRA, D.F., SILVEIRA, A.M. Epidemia de intoxicação por chumbo em empresa de fundição secundária. **Rev Med**, Belo Horizonte, v. 2, n. 20, p. 24-30, 2010.

HADDAD, M. Acidentes nucleares e seus impactos no meio ambiente. 2019. **Blog Biologia Total**. Disponível em: <https://blog.biologiatotal.com.br/acidentes-nucleares-e-seus-impactos-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 03 nov. 2020.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 899 p.

JUCOSKI, G.O., CAMBRAIA, J., RIBEIRO, C., OLIVEIRA, J.A. Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em *Eugenia uniflora*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 720-728, dez. 2016.

KRUG, F. J., NÓBREGA, J.A., OLIVEIRA, P.V. Espectrometria de Absorção Atômica: Parte 1. **Fundamentos e atomização com chama**. [s.l.], São Paulo, 2004.

LANA, L.C.O. Projeto pedagógico para reestruturação do curso técnico em meio ambiente. Belo Horizonte: **Cefet-Mg**, 2016. 323 p.

NACIF, M.C.V. Luxo e fantasia: bijuteria de alta costura e a herança de Coco Chanel. **Seminário Novo Luxo – Comportamento/ Comunicação**, ECO/UFRJ, Niterói, 10 p., dez. 2004.

NOGUEIROL, R.C. Elementos tóxicos. São Paulo: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012. 62 slides, color.

OLIVEIRA, A.S. Chumbo e cádmio em unhas das mãos como biomarcadores de exposição subcrônica na biomonitorização de pré-escolares. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2019.

OKUMA, A. A. Projeto político-pedagógico do curso de química tecnológica. Belo Horizonte: Cefet-Mg, 2009. 146 p.

PALÁCIO, S. M., CUNHA, M.B., ESPINOZA-QUINÔNES, F.R., NOGUEIRA, D.A. Toxicidade de Metais em Soluções Aquosas: Um Bioensaio para Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, Paraná, v. 25, n. 2, p. 79-83, maio 2013.

PAIS, A.R., DINA, L.B., ALVES, E.R., REZENDE, H.C., SILVA, L.A., ALVES, V.A. 2018. Determinação de cádmio em bijuterias oriundas da china. **Química Nova**, [s.l.], p.1218-1225.

PEREIRA, C.E.G. Estudo das principais doenças causadas a cromadores no setor de galvanoplastia no Brasil. 2017. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Londrina, 2017.

RĂDULESCU, A., LUNDGREN, S. A pharmacokinetic model of lead absorption and calcium competitive dynamics. **Scientific Reports**, New York 9, Nº 14225, s.p. 02 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50654-7>.

RÁPIDO NO AR, Banho de joias clandestino é localizado no Nova Suíça em Limeira. Limeira, 27 de setembro de 2018. **Polícia**. Disponível em: <https://rapidonoar.com.br/banho-de-joias-clandestino-e-localizado-no-nova-suica-em-limeira/>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

ROCHA, T.M. Determinação das concentrações dos metais cádmio, chumbo e mercúrio na área do lixão desativado de Buriticupu, MA. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública e Meio Ambiente, **Fundação Oswaldo Cruz**, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2016.

SANCHEZ, J.R. A atividade orientadora de ensino como alternativa metodológica para a abordagem de metais pesados na disciplina de química analítica qualitativa. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2014.

SANTOS, M.S., YAMANAKA, H.T., PACHECO, C.E.M. Bijuterias. (Série P + L). São Paulo: **CETESB**, 2005. 54 p.

SANTOS, M.C.B., KEDE, M.L.F.M., MOREIRA, J.C., MAVROPOULOS, E., ROSSI, A.M., BERTOLINO, L.C., PÉREZ, D.V., SANTELLI, R.E. BIELSCHOWSKY, C., SOARES, R. Evaluation of the Toxicity and Geochemical Behavior of Lead in Contaminated Soils of Santo Amaro da Purificação (BA) after Phosphorus Attenuation. *Revista Virtual de Química*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 5, p. 2135-2150, 30 out. 2017. **Sociedade Brasileira de Química (SBQ)**. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170127>.

SANTOS, S.O., AMARAL, S.A., SOARES, A.L., BARBOSA, S.D. Methodology of trace metals analysis in reference, generic and similar medicines: a comparison. *Brazilian Journal Of Health Review*, Recife, v. 2, n. 5, p. 3985-3993, 12 set. 2019. **Brazilian Journal of Health Review**. <http://dx.doi.org/10.34119/bjhrv2n5-008>.

SILVA, M. V. F., PEREIRA, M.C., CODARO, E.N., ACCIARI, H.A. Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 293-296, fev. 2015.

SKOOG, D.A., HOLLER, F.J., NIEMAN, T.A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 1056 p.

SUNDIE, J. M., KENRICK, D.T., GRISKEVICIUS, V.T., JOSHUA, M., VOHS, K.D., BEAL, D.J. Peacocks, Porsches, and Thorstein Veblen: conspicuous consumption as a sexual signaling system. **Journal of personality and social psychology**, 100(4), 664, 2011.

TEIXEIRA, F.T.V., SILVEIRA, G.A.T., PIMENTEL, D.M. Acidente com céσιο-137 completa 30 anos. **Vozes dos Vales**, Vale do Jequitinhonha, v. 6, n. 11, p. 1-19, maio 2017.

VARIAN Australia Pty. Analytical Methods. Mulgrave Victoria, Australia: **Varian**, 1989.

ZANIRATO, S.H., ROTONDARO, T. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 30, n. 88, p.77-92, dez. 2016. **FapUNIFESP** (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142016.30880007>.

## 9. APÊNDICE A

- Bijuterias prateadas loja 1

A1: Bijuterias prateadas da loja 1.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias douradas loja 1

A2: Bijuterias douradas da loja 1.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

- Bijuterias prateadas loja 2

A3: Bijuterias prateadas loja 2.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias douradas loja 2

A4: Bijuterias douradas loja 2.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias prateadas loja 3

A5: Bijuterias prateadas loja 3.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias douradas loja 3

A6: Bijuterias douradas loja 3.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias prateadas loja 4

A7: Bijuterias prateadas loja 4.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias douradas loja 4

A8: Bijuterias douradas loja 4.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias prateadas loja 5

A9: Bijuterias prateadas loja 5.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

- Bijuterias douradas loja 5

A10: Bijuterias douradas loja 5.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

## 10. APÊNDICE B

Perguntas presentes no questionário:

Seção 1:

- Endereço de e-mail
- Qual seu sexo?
- Qual sua atuação no CEFET-MG?
- Caso seja estudante do CEFET-MG, qual seu curso?

Seção 2

- Você utiliza bijuterias?
- Em caso positivo, com qual frequência?
- Utiliza bijuterias de qual coloração?
- Quais tipos de utensílios?
- Você conhece os metais que são utilizados na fabricação das suas bijuterias?
- Entre os constituintes das bijuterias, você acha que é possível encontrar algum metal tóxico?
- Já teve ou tem alergia a alguma bijuteria?
- Se você já apresentou alguma alergia, conte-nos como foi
- Geralmente onde você compra suas bijuterias?
- Com que frequência você troca ou descarta suas bijuterias?
- Onde você descarta suas bijuterias?
- Já ouviu falar acerca da logística reversa?
- Você acha que é correto descartar as bijuterias no lixo doméstico?
- Você já ouviu falar acerca da problemática dos metais tóxicos/metais pesados?