**EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SAÚDE: COLETA E REUTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS RADIOGRÁFICAS NO CONTEXTO DA PANDEMIA DA COVID-19 PARA A PRODUÇÃO DE PROTETORES FACIAIS**

Shirley Cristina Martins da Silva1; Maria Carolina Carvalho Cruz2; André Cristiano Silva Melo3; Cássia Regina Rosa Venâncio4

1 Mestra em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade do Estado do Pará. shirleycmsilvaa@gmail.com.

2 Graduada em Enfermagem. Universidade do Estado do Pará.

3Doutor em Engenharia de Produção. Universidade do Estado do Pará.

4 Doutora em Química Analítica. Universidade do Estado do Pará.

**RESUMO**

Trata-se de um estudo que buscou, por meio da educação ambiental, a sensibilização da coletividade a respeito do descarte inadequado de radiografias como problemática ambiental e de saúde, para isso, objetivou a extração do íon da prata de películas radiográficas para a sua reutilização, para a produção de protetores faciais, para o combate a contaminação pela covid-19 em uma escola pública localizada em Belém/PA. A metodologiafoi desenvolvida em seis etapas, que consististiram primordialmente na coleta de radiografias doadas para limpeza e desinfecção em laboratório e posterior reutilização para a produção de protetores faciais, além da análise quantitativa e qualitativa do íon da prata obtido por meio das imagens radiográficas limpas, originando películas de raio-X limpas que puderam ser reaproveitadas para a produção de outro objeto. A partir disso, 600 protetores faciais foram produzidos com a reutilização de radiografias, além da obtenção da prata metálica proveniente do resíduo da limpeza das películas radiográficas. Também foi possível trabalhar a educação ambiental com os doadores das radiografias, durante as coletas, orientando a respeito do descarte adequado e riscos do descarte inadequado. Concluiu-se que o estudo proporcionou contrapartidas sociais, ao beneficiar a comunidade escolar com a doação de protetores faciais, também viabilizou contrapartidas ambientais e de saúde ao recolher e reutilizar radiografias, simultaneamente com a educação ambiental, além de ter configurado-se como um diferencial na formação superior das autoras ao apresentá-las ao trabalho multiprofissional e interdisciplinar ainda dentro do âmbito acadêmico.

**Palavras-chave:** Educação. Meio Ambiente e Sustentabilidade. Resíduos Especiais.

**Área de Interesse do Simpósio**: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

1. **INTRODUÇÃO**

A educação ambiental é uma importante ferramenta de influência nas ações do homem, conforme preconiza a Lei Federal Nº 9.795/99, a qual institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), a qual é caracterizada pelos processos os quais o indivíduo e a coletividade constroem conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (Brasil, 1999).

Nesse contexto, é possível vislumbrar que a conjuntura política do Brasil reconhece a importância da educação ambiental como um instrumento para a redução de potenciais ambientais e de saúde. Entretanto, o cenário nacional ainda mostra muitas problemáticas, mesmo com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, o Brasil ainda produziu cerca de 77,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos em 2022 (ABRELPE, 2023).

Diante disso, cogita-se a possibilidade de descarte inadequado de radiografias, provenientes do lixo doméstico, o que configura um problema ambiental e de saúde pública, pois conforme Freire e Grossi (2018), os materiais essenciais para formação da imagem radiográfica geram grandes quantidades de resíduos poluidores, como a prata, um metal pesado que pode causar diversas doenças, podendo até se tornar letal aos seres humanos (Reidler; Gunther, 2003, apud Passos e Castro, 2015).

Nessa perspectiva, reutilizar radiografias apresenta benefícios em mão dupla: preservando o meio ambiente de poluidores tóxicos e reutilizando o plástico acetato que é utilizado como superfície para formar a imagem radiográfica para produzir outro bem, previne-se também a possível contaminação de organismos vivos por elementos tóxicos, como a prata.

Esta pesquisa objetiva otimizar o processo de extração do íon da prata em películas radiográficas, a partir de produtos caseiros e de baixo custo, com vistas a produção de protetores faciais para o combate a contaminação pela covid-19 em alunos e profissionais de uma escola pública localizada em Belém/PA.

1. **METODOLOGIA**

A área da pesquisa está localizada no município de Belém no Estado do Pará. Considerando o cenário pandêmico iniciado em 2020, tornou-se necessário fazer adaptações ao longo de todo o percurso metodológico para que fosse possível realizar todas as etapas metodológicas.

A primeira etapa ocorreu simultaneamente com todas as demais etapas, foi caracterizada pela pesquisa bibliográfica contínua em bases de dados virtuais para compreensão dos diferentes processos de descontaminação e limpeza das películas radiográficas publicados na literatura científica, além da recuperação da prata encontrada nas soluções oriundas da limpeza.

Na segunda etapa, foi realizada uma campanha de divulgação nas mídias sociais por meio de um cartaz digital visando a coleta de exames de raios-X que não tivessem mais utilidade para fins de avaliação médica. O cartaz digital continha informações a respeito da existência da prata nas películas radiográficas e os riscos ambientais e de saúde pública envolvendo o descarte e armazenamento deste exame, além dos números telefônicos das responsáveis pela coleta, no qual os interessados poderiam entrar em contato para combinar uma data e local para realizar a doação, respeitando todos os protocolos sanitários para evitar a contaminação pelo coronavírus vigentes naquele momento.

A terceira etapa consistiu na limpeza e desinfecção das películas radiográficas, no laboratório de química do Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE) da UEPA, haja vista que para realizar este procedimento é necessário utilizar Equipamentos de Proteção Individual (EPI’s) e capela de exaustão. Foi realizado um método de imersão da película radiográfica dentro de uma basqueta com solução de água sanitária comercial (hipoclorito de sódio, NaClO) mais 200ml de água corrente, durante cerca de 10 minutos, ou até notar o desprendimento da gelatina que forma a imagem radiográfica na superfície da película e torná-la limpa e reutilizável (Kuya, 1993).

Consequentemente, a quarta etapa caracterizou-se pela montagem dos protetores faciais, onde as películas já limpas foram cortadas e furadas manualmente pelas responsáveis pelo estudo, para fazer o encaixe nos suportes plásticos, os quais foram produzidos no laboratório de impressão 3D da Rede de Incubadoras de Tecnologias (RITU) do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT) da UEPA. Nesta etapa, também foram cortados e selados os elásticos que são aderidos ao suporte plástico, os quais graduam a fixação do protetor na face, conforme a medida de quem for utilizar.

A quinta etapa foi direcionada para os testes de análise quantitativa e qualitativa do resíduo líquido da limpeza radiográfica. Para os testes qualitativos foram utilizadas as soluções de Cromato de Potássio (K2CrO4, 4,855 Molar), e a solução de Iodeto de Potássio (KI, 4,150 Molar). Em dois tubos de ensaio foram adicionados aproximadamente 5 ml da solução do resíduo de prata, mais as soluções de Iodeto de potássio e de cromato de potássio, respectivamente em tubos diferentes.

No primeiro tubo observou a formação de um precipitado de cor vermelha escuro, confirmando a formação do Cromato de Prata (Ag2CrO4), e no segundo tubo observou-se a formação de Iodeto de Prata (AgI), um precipitado de cor amarela. As reações obtidas nos testes qualitativos foram:

2 Ag+(aq) + CrO42-(aq) $\rightarrow $ Ag2CrO5(s)↓ (1)

 Ag+(aq) + I-(aq) $\rightarrow $AgI(s)↓ (2)

O preparo para o teste quantitativo consistiu no processo de secagem do resíduo e a preparação do lodo para a extração da prata. Os resíduos provenientes das limpezas foram colocados por um longo período em repouso para a decantação do sólido e a separação do sobrenadante, este último foi descartado posteriormente. O lodo sedimentado ao fundo contendo material orgânico e íon de prata foram colocados em estufa a aproximadamente 120 °C, por alguns dias até ser obtida uma massa densa e escura (lodo seco) contendo os resíduos de prata.

Foram utilizados dois procedimentos de extração da prata, denominados como método 1, postulado por Kuya (1993) e método 2, conforme Carvalho; Melo, C; Melo, A (2012).

O método 1 consistiu na adição de 1 colher de sopa de hidróxido de sódio e 2 colheres de sacarose. O lodo foi colocado em aquecimento por 30 minutos, adicionando água corrente para que fossem compensadas as perdas por evaporação. Ao final do processo, foi possível observar a formação de grânulos de prata cinza escuro, o qual foram lavados e secos em estufa.

O método 2 o lodo foi preparado colocando em estufa por cerca de 30 minutos secar. Em seguida, foi adicionado o bórax (Tetraborato de sódio, Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8H₂O) e o carbonato de sódio (Na2CO3).

Após a realização desses dois métodos, o processo de extração da prata foi realizado no Laboratório de Química – Ensino, da Universidade Federal do Pará (UFPA), por meio da parceria firmada entre o projeto e o Grupo de Espectrometria Analítica Aplicada (GEAAP) da supracitada universidade. O lodo previamente seco fora colocado em vários cadinhos de porcelana, devidamente identificados como método 1 e método 2, e aquecidos na mufla por cerca de 2h. O aquecimento garantiu um elevado grau de temperatura do metal, por volatilizar os possíveis resíduos existentes e atingir o ponto de fusão da prata, por volta de $≈$961 ºC. Após o resfriamento foi possível observar vários aglomerados de prata de cor cinza e de brilho metálico.

Na sexta e última etapa, foram entregues 600 protetores faciais, os quais foram objetivados na construção deste projeto, para Escola Estadual de Ensino Fundamental Vera Simplício, quantia capaz de suprir a necessidade de todos os integrantes do corpo escolar. Também foi elaborado o relatório final de pesquisa nesta etapa.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No decorrer da coleta de doações de radiografias, foi comum observar as reações surpresas dos doadores que entravam em contato ao tomarem conhecimento que os exames radiográficos analógicos possuem metal pesado em sua composição, representando assim riscos para a saúde e para o meio ambiente. Diante dessa realidade, ficou claro o quanto a escassez de conhecimentos na área de educação ambiental podem levar a problemáticas ambientais e de saúde.

Referente a isso, Paulo Freire conceituou e atribuiu importância à esta modalidade educativa em seus escritos da seguinte forma:

Educação Ambiental é um processo de formação e informação permanente no qual os indivíduos são orientados para o desenvolvimento da consciência crítica sobre as questões ambientais que leva a participação das comunidades na preservação do equilíbrio ambiental construindo valores sociais, habilidades, atitudes, competências, experiências e determinações voltadas para a conservação do meio ambiente (Freire, 1996. p. 26).

Diante do exposto, salienta-se que a PNEA regulamenta que a educação ambiental não seja implantada como disciplina específica de ensino, mas sim que incorpore os planos de ensino de forma interdisciplinar, em todos os diferentes níveis de escolaridade e modalidades de ensino.

Além disso, quanto aos riscos para a saúde, também foi possível observar que os doadores que armazenavam seus exames em casa, também desconheciam que a responsabilidade de destinação adequada das radiografias não é apenas de quem o recebe.

Para Passos e Castro (2015), os resíduos ligados a saúde como os das radiografias, a resolução 358/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece como sendo dever dos geradores de resíduos de serviço de saúde, o gerenciamento dos resíduos desde a geração até a disposição final, atendendo aos requisitos ambientais e de saúde pública (Brasil, 2005, apud Passos e Castro, 2015).

Nesse contexto, fica perceptível que a Resolução CONAMA supracitada pode estar sendo neglicenciada por muitos serviços de saúde, evidenciando assim o dever de uma fiscalização mais efetiva quanto aos resíduos gerados pelas instituições de saúde no Brasil.

Considerando o cenário pandêmico de transmissão do SARS-CoV-2 no período de execução deste estudo, cuja prevenção da doença consistia em evitar o contato direto, além de uma boa higienização das mãos e o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI’s), tornou-se emergente que toda a população tivesse acesso aos EPI’s, a fim de evitar o aumento do índice de transmissão (Saraiva *et al*., 2020).

Um dos EPI’s recomendados eram os protetores faciais, também chamados de *face shields*, embora já existissem e fossem utilizados antes da pandemia no manejo de outras doenças infecciosas, não era muito comum vê-los.

Lindslay et al (2014) analisou a eficiência dos protetores faciais por meio de simulações de tosse, para examinar a eficiência destes quando expostos à gotículas. Evidenciou-se que o uso do protetor facial reduziu a exposição inalatória à gotículas em 96%. A eficiência do protetor facial também foi examinado em conjunto com a máscara N95, mostrando eficácia de 97% de redução à inalação das gotículas, prolongando assim a vida útil da máscara, quando usada concomitantemente. Portanto, o uso dos protetores faciais não exclui a necessidade do uso da máscara N95, pois partículas menores que ficam suspensas no ar após a tosse podem fluir ao redor do protetor facial e serem inaladas.

Diante do exposto, e considerando que o objetivo de produção e entrega dos protetores faciais foi alcançado, corrobora-se a importância da sugestão deste trabalho: o estímulo ao uso do protetor facial proveniente da reutilização de películas radiográficas no ambiente escolar, considerando suas contrapartidas sociais e ambientais, além de oferecer maior proteção aos alunos.

Quanto a extração do íon da prata e sua análise quantitativa e qualitativa, foi possível realizar ambos conforme objetivado, otimizando o processo com recursos caseiros. Por meio dos testes qualitativos, foi possível observar a presença de íons de prata no resíduo radiográfico, ratificando assim a necessidade do tratamento e destino adequado a esse material.

Durante os testes quantitativos, foi possível extrair o íon da prata metálica por meio de dois métodos diferentes:

No Método 1, descrito por Kuya (1993), obtivemos como resultado a massa de material seco (lodo, m1) obtido de toda a limpeza das radiografias contendo íons de prata foi uma massa de m1 = 112,027g.

No método 2, descrito por Carvalho; Melo e Melo (2012) a massa de material seco (lodo, m2) foi uma massa de m2 = 107,985g.

Após o processo de calcinação a massa de prata metálica (mAg) obtida nos dois métodos de extração foram, respectivamente: Método 1, mAg = 6,4396 g, e do Método 2, mAg = 15,2145 g de prata metálica. De acordo com os resultados obtidos podemos concluir que o método 2 foi muito mais eficiente na extração da prata, do que o método 1, conforme evidenciado nas fotografias 1 e 2.

Figura 1 – Prata metálica resultante dos métodos 1 e 2.





Fonte: Autoria própria, 2021.

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste trabalho foi otimizar o processo de extração do íon da prata proveniente da limpeza de películas radiográficas, com vistas a produção de protetores faciais para alunos de uma escola pública de Belém/PA. Apesar de todas as modificações necessárias para a execução do percurso metodológico por conta do cenário de pandemia, foi possível alcançar a totalidade do objetivo proposto, estabelecendo parcerias que auxiliaram em diversas etapas, respeitando todos os protocolos para conter a proliferação do SARS-CoV-2.

O estudo apresentado contribuiu para a operacionalização daquilo que é preconizado na PNEA, além de demonstrar a sociedade uma iniciativa proveniente da UEPA que trouxe benefícios para além dos muros acadêmicos, em contrapartidas sociais, ambientais e de saúde.

Tal vivência configurou-se também como um diferencial na formação superior das acadêmicas responsáveis pelo estudo, ao apresentá-las ao modo de trabalho multiprofissional e interdisciplinar mesmo ainda dentro da academia.

**REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, 2019.

BRASIL, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, ano 1999, n. 79-E.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, ano 2010, n. 147.

FREIRE, G. T.; GROSSI, A. T. R. Gerenciamento do descarte de resíduos produzidos durante os exames radiográficos em odontologia. **Arquivo Brasileiro de Odontologia**. v.14. n.2. 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia - saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e terra, 1996.

KUYA, M. K. Recuperação de prata de radiografias: uma experiência usando recursos caseiros. **Química Nova**, v. 16, n. 5, p. 474-476, 1993.

LINDSLEY, W. G. et al. Efficacy of face shields against cough aerosol droplets from a cough simulator. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 11, n. 8, p. 509-518, 2014.

PASSOS, D. D. F.; CASTRO, R. C. de. **Análise Do Processo De Reciclagem De Radiografias E Seu Impacto Nas Questões De Saúde E Meio Ambiente**. Oswaldo Cruz. n.6, abril-junho, 2015.

SARAIVA, E. M. S. et al. Impacto da pandemia pelo Covid-19 na provisão de equipamentos de proteção individual. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43751-43762, 2020.