

## **Solução base para produtos farmacêuticos de nitrato de prata obtida a partir da reciclagem de chapas de radiografia**

**Audrey Giovanna Pinto, Luan da Silva Dias Rabelo, Naira Carolina Lucas Langue Ferreira, Mariana Cecchetto Figueiredo, Luciana Urbano dos Santos, José Lúcio Martins Machado, Ana Carolina Antunes Naime\***

UniAnchieta - Centro Universitário Padre Anchieta - Curso de Farmácia - Campus Prof. Pedro. C. Fornari - Av. Odila Azalim, 575 - Vila Jundiainópolis - Jundiá/SP<sup>1</sup>

\*Autor para Correspondência: Centro Universitário Padre Anchieta, Avenida Doutor Adoniro Ladeira, 94, Km 55,5, Rodovia Anhanguera, Jundiá, São Paulo, Brasil.

Todos os autores deste artigo declaram que não há conflito de interesses

Artigo Original

### **Resumo**

O presente projeto tem como objetivo expor a importância de se descartar as radiografias em local adequado, uma vez que este tipo de recurso de diagnóstico por imagem possui prata em sua composição, a qual é extremamente prejudicial ao meio ambiente, quando descartada indevidamente. Além disso, nosso principal propósito é mostrar que a prata reciclada a partir das chapas de raio x pode ser empregada em diversas áreas, como por exemplo na indústria farmacêutica. Para que a prata presente no material descartado possa ser empregada como insumo para a indústria em geral, faz-se necessário sua extração, explorando tal possibilidade mediante a extração hidrometalúrgica do metal, por meio do ataque às chapas por uma solução extratora de caráter alcalino, a qual suspende sais do metal que por meio de métodos físicos permitem sua separação e purificação, visando-se a obter a prata metálica. Com a prata metálica em mãos pode-se sintetizar nitrato de prata, sal de alto emprego como matéria de outros processos, como a incorporação da prata a fármacos, como no caso da sulfadiazina de prata, ou então na incorporação direta a outras formas farmacêuticas.

**Palavras- chave:** Radiografia. Reciclagem. Prata. Nitrato de Prata.

## Basic solution for silver nitrate pharmaceutical products obtained from the recycling of radiography plates

### Abstract

This project aims to expose the importance of disposing of radiographs in an appropriate place, since this type of diagnostic imaging resource has silver in its composition, which is extremely harmful to the environment, when improperly discarded. Furthermore, our main purpose is to show that recycled silver from x-ray plates can be used in several areas, such as the pharmaceutical industry. In order for the silver present in the discarded material to be used as an input for the industry in general, its extraction is necessary, we explore this possibility through the hydrometallurgical extraction of the metal through the attack of the plates by an extracting solution of alkaline nature, the which suspends metal salts that, through physical methods, allow its separation and purification, aiming to obtain metallic silver. With metallic silver in hand, it is possible to synthesize silver nitrate, a salt of high use as a material for other processes such as the incorporation of silver into pharmaceuticals, as in the case of silver sulfadiazine, or in the direct incorporation of other pharmaceutical forms.

**Keywords:** Radiography. Recycling. Silver. Silver nitrate.

### Introdução

Em 1895, num laboratório da Universidade de Wurzburg na Alemanha, através da luminosidade de uma placa de platino-cianeto de bário, originou-se uma das descobertas científicas que mais marcaram o século XX. Wilhelm Conrad Röntgen estudava os raios catódicos produzidos pelos “tubos de Crookes”. Pouco se sabe sobre sua pesquisa, exceto que após vários testes de diferentes tipos de materiais, entre o tubo e o ecrã fluorescente, para testar novos raios, acabou vendo os ossos da sua própria mão, claramente projetados sob o contorno da pele. <sup>[1]</sup>

Henri Becquerel, professor na Escola Politécnica de Paris, estudioso da radiação luminosa, desenvolveu um estudo sobre a relação entre a nova radiação e o fenômeno de fosforescência natural. Trabalhando com sais de urânio, verificou que expostos à luz solar, eles tinham a capacidade de impressionar uma chapa fotográfica coberta por papel opaco. Em fevereiro de 1896, percebeu que esta capacidade é independente da exposição à luz solar. Foi a descoberta da radioatividade natural. No Brasil, em 1897, José Carlos Ferreira Pires, foi o primeiro médico a instalar um aparelho de raio-x no interior do Brasil, em Minas Gerais, na cidade de Formiga. <sup>[8]</sup>

A radiografia foi uma descoberta de extrema importância para a medicina. Com ela é possível realizar um exame não invasivo para identificar alterações nos ossos e/ou nos órgãos de um ser vivo. Porém temos a vertente pouco conhecida pela população: as chapas de raio x, que

muitos guardam por anos em casa e depois acabam descartando em lixo comum, refere-se a um resíduo químico. Tendo isso em vista, delimitamos um cenário de grande importância, de caráter socioambiental, a reciclagem de chapas de radiografia.

De acordo com a Resolução nº 358/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os efluentes de processadores de imagem são considerados do grupo B, por apresentarem substâncias químicas que podem causar risco à saúde pública ou ao ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. O filme radiográfico é composto por plástico transparente, acetato de celulose que serve para dar suporte à emulsão. A parte principal do filme é a emulsão que consiste em uma mistura homogênea de gelatina e sais, que são os grãos de prata.<sup>[9]</sup>

Pensando em todas essas vertentes, esta pesquisa tem como objetivo informar a população sobre os riscos do descarte incorreto das radiografias, extrair óxido de prata de chapas de radiografia, fundir óxido de prata em prata metálica, sintetizar nitrato de prata com a prata reciclada e mostrar que a prata reciclada pode ser utilizada em diversas áreas, desde a indústria farmacêutica até seu uso como joia.

## **Método**

O desenvolvimento da solução a base de nitrato de prata, para produtos farmacêuticos, obtida a partir de chapas de radiografia foi realizado nas dependências do Centro Universitário Padre Anchieta (UNIANCHIETA). Inicialmente, foi feito um teste de bancada comparativo para determinar qual seria a solução extratora que desprenderia a maior quantidade de prata das chapas de radiografia. Encontramos na literatura duas possíveis soluções extradoras, sendo elas compostas por: Hidróxido de sódio(1mol/L) e Cloreto de sódio(1mol/L).

- **Teste de bancada**

O teste de bancada consiste em uma análise comparativa da massa de prata metálica extraída ao submeter 200g de chapas de raio-x em um litro de solução extratora, por meio do seguinte procedimento: Em um béquer, adicionar 200g de chapas de raio-x cortadas em quadrados de aproximadamente 5x5cm e aproximadamente 1L da solução extratora de hidróxido de sódio, submeter a mistura à agitação constante, em agitador mecânico com pás, por aproximadamente três horas, após, a mistura deve permanecer em repouso por 7 dias até ser agitada novamente por 1 hora. O mesmo procedimento deve ser realizado para a solução extratora de cloreto de sódio.

Após o período de agitação removeu-se as chapas de raio-x, já limpas, compostas apenas por acetato de celulose, reservando o material orgânico hidrolisado, proveniente da “gelatina” utilizada para fixar a prata na chapa, composta por proteínas de origem animal e com a prata,

agora sob a forma de óxido de prata, no caso da solução extratora de hidróxido de sódio e sob a forma de cloreto de prata na extração com cloreto de sódio, ambos dispersados nas soluções extratoras. Para separar as soluções extratoras dos compostos de interesses dispersos, utilizou-se de filtragem simples com o auxílio de papel de filtro quantitativo, de filtragem lenta.

Após concluída a filtração, inicia-se o processo de fundição dos sais de prata em prata metálica, inserindo os cadinhos com os papéis de filtro, contendo os precipitados em forno mufla a 1000°C por 4 horas, visando à queima e evaporação dos constituintes do papel de filtro e o material orgânico extraído das chapas, juntamente com a prata, e promover a conversão de óxido de prata em prata metálica, por meio de sua fusão. Findo o período necessário em forno mufla, os cadinhos devem ser transferidos para dessecador com sílica para esfriar.

A quantidade de prata metálica obtida com ambas as soluções extratoras deve ser mensurada em balança analítica para identificar qual apresenta o maior rendimento, e, assim, prosseguir com a extração do restante das chapas.

- **Extração e fundição da prata metálica**

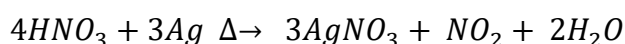
Com a solução extratora definida, deve ser iniciada a fase 1 do projeto, que consiste na obtenção da prata metálica a partir das chapas de radiografia.

Primeiramente, mensura-se a quantidade disponível de chapas de raio-x, depois deve-se cortá-las em quadrados de aproximadamente 5x5cm, em seguida, é preciso adicioná-las a um balde, com capacidade suficiente para acomodá-las, juntamente com a solução extratora de hidróxido de sódio, considerando a proporção de 1L de solução para cada 200g de chapas e submete-se à agitação, em um agitador magnético, por 4 horas. O próximo passo é submeter a mistura a repouso por 7 dias, sendo agitada diariamente por no mínimo 2 horas.

Finalizando o processo de extração, submete-se a mistura à filtração, a fim de separar a solução extratora do sobrenadante contendo óxido de prata. Os papéis de filtro com o material retido devem ser dobrados e acondicionados em cadinhos e submetidos a aquecimento na chama do bico de Bunsen, com o auxílio de um tripé e um triângulo de porcelana, para que os papéis sejam queimados antes de adentrar ao forno mufla. Os cadinhos previamente preparados serão submetidos ao processo de fundição em forno mufla e seu rendimento mensurado em balança analítica, após o resfriamento em dessecador com sílica.

- **Síntese do nitrato de prata**

A síntese do nitrato de prata consiste na simples reação entre a prata metálica e o ácido nítrico, catalisada por uma fonte de calor, como segue na equação química a seguir:



Primeiramente, mensura-se em um béquer de 250mL a quantidade de prata obtida no processo anterior e adiciona-se a quantidade necessária de ácido nítrico, respeitando a proporção

de 65mL de ácido nítrico para cada 62,5g de prata metálica, com o auxílio de uma proveta de 100mL. Após adicionar o ácido nítrico à prata metálica, cobre-se o béquer com um vidro de relógio e submete-se o sistema a aquecimento lento em chapa aquecedora, visando a acelerar o início da reação, agitando a mistura esporadicamente. Assim que iniciar a formação de bolhas indicando fervura e a formação de fumos alaranjados densos (dióxido de nitrogênio), deve-se desligar o aquecimento e tampar com o vidro de relógio novamente. Sendo necessário, pode-se auxiliar a dissolução da prata com a agitação ocasional com bastão de vidro. Quando toda a prata for dissolvida no ácido, aguarda-se a mistura esfriar com o béquer tampado com o vidro de relógio.

Após finalizar o processo de cristalização, submeter o béquer a resfriamento em banho de gelo, descartar o excesso de líquido que reste no béquer, quebrar os cristais com o auxílio de um bastão de vidro, transferi-los para uma cuba de vidro, lavar o béquer com água deionizada para se recuperar todo o conteúdo que possa ter permanecido nas paredes da vidraria e deixá-los secando no escuro.

Triturar os cristais secos em gral com pistilo de vidro, transferir para recipiente adequado e embrulhá-lo com papel alumínio. Determinar o rendimento com base na estequiometria da reação.

- **Preparo e padronização da solução de nitrato de prata 1M**

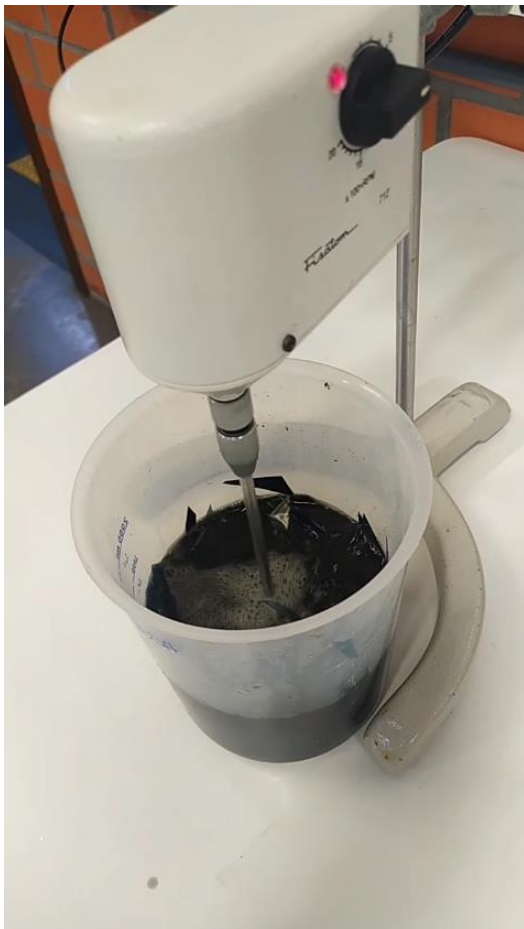
Para o preparo da solução, faz-se necessário pesar 17g de nitrato de prata em balança analítica, transferir para balão volumétrico de 100mL, completar com água e homogeneizar.

Visando a padronização da solução preparada, pesa-se 10g de cloreto de sódio P.A. seco em estufa a 110°C por 1 hora e esfriado em dessecador. Pesar 1,5g de cloreto de sódio P.A. previamente seco, transferir para Erlenmeyer, adicionar 250mL de água, adicionar 10mL de solução de cromato de potássio 5%, misturar com a solução de nitrato de prata até o aparecimento de cor castanha avermelhada e repetir em triplicata.

## **Resultados e Discussões**

- **Teste de bancada**

O teste de bancada consistiu em uma análise comparativa da massa de prata metálica extraída ao submeter 200g de chapas de raio-x em um litro de solução extratora, por meio do seguinte procedimento: Em um béquer adicionou-se 200g de chapas de raio-x cortadas em quadrados de aproximadamente 5x5cm e aproximadamente 1L da solução extratora de hidróxido de sódio, submeteu-se a mistura à agitação constante, em agitador mecânico com pás, por aproximadamente três horas, após, a mistura permaneceu em repouso por 7 dias até ser agitada novamente por 1 hora, conforme Figura 1. O mesmo procedimento foi realizado para a solução extratora de cloreto de sódio, conforme Figura 2.



**Figura 1.** Agitação da mistura de chapas de raio-x com solução extratora de hidróxido de sódio.



**Figura 2.** Agitação da mistura de chapas de raio-x com solução extratora de cloreto de sódio.

Após o período de agitação, as chapas de raio-x foram removidas, já limpas, compostas apenas por acetato de celulose, ficou com o material orgânico hidrolisado, proveniente da “gelatina” utilizada para fixar a prata na chapa, composta por proteínas de origem animal e com a prata, agora sob a forma de óxido de prata, no caso da solução extratora de hidróxido de sódio e sob a forma de cloreto de prata na extração com cloreto de sódio, ambos dispersados nas soluções extratoras. Para separar as soluções extratoras dos compostos de interesse dispersos, utilizou-se filtragem simples, com o auxílio de papel de filtro quantitativo de filtragem lenta, conforme Figuras 3 e 4.



**Figura 3.** Filtração simples da mistura com a solução extratora de hidróxido de sódio



**Figura 4.** Filtração simples da mistura com a solução extratora de cloreto de sódio

Verificou-se que a filtração simples das misturas não era viável, pois o procedimento demandou uma hora para filtrar cerca de 10mL das misturas. A opção foi, então, por utilizar um mecanismo de filtração à vácuo para concluir a separação das partículas dispersas e das soluções extratoras. O mecanismo de filtração à vácuo é composto por uma bomba de vácuo, uma mangueira, um kitassato, um funil de Buchner e papéis de filtro quantitativos de filtragem lenta. Ao submeter as misturas ao mecanismo previamente descrito, foi identificado que a técnica se mostrou muito mais eficiente que a filtração simples, levando 30 minutos para sua conclusão, conforme Figura 5. Porém um ponto crítico observado foi a rápida saturação dos papéis de filtro, sendo necessária a troca deste frequentemente, removendo e dobrando-os com muito cuidado para não perder nada do precipitado e acondicionando-os diretamente no seu respectivo cadinho.

Após concluída a filtração, foi iniciado o processo de fundição dos sais de prata em prata metálica, inserindo os cadinhos com os papéis de filtro contendo os precipitados em forno mufla a 1000°C, por 4 horas, conforme Figura 6, visando à queima e evaporação dos constituintes do papel de filtro e o material orgânico extraído das chapas, juntamente com a prata, e promover a conversão de óxido de prata em prata metálica, por meio de sua fusão. Findo o período necessário em forno mufla, os cadinhos foram transferidos para dessecador com sílica para esfriar.



**Figura 5.** Filtração à vácuo



**Figura 6.** Fundição da prata em forno mufla.

A prata obtida pode ser observada nas Figuras 7 e 8. A quantidade de prata metálica obtida com a solução extratora de hidróxido de sódio foi expressamente maior comparada com a solução extratora de cloreto de sódio, devido a esta conclusão, decidiu-se pelo prosseguimento da extração do restante das chapas com a solução de maior rendimento.



**Figura 7.** Prata metálica extraída pela solução extratora de hidróxido de sódio.



**Figura 8.** Prata metálica extraída pela solução extratora de cloreto de sódio.



### Extração e fundição da prata metálica

Com a solução extratora definida, foi iniciada a fase 1 do projeto, que consiste na obtenção da prata metálica a partir das chapas e radiografia.

Primeiramente, mensurou-se 3,5 kg de chapas de raio-x, depois foram cortadas em quadrados de aproximadamente 5x5cm e adicionadas em um balde de 20L de capacidade, com 15L da solução de hidróxido de sódio, a mistura foi submetida à agitação em agitador magnético por 4 horas, onde permaneceu por 7 dias, sendo agitada diariamente por no mínimo 2 horas, conforme Figura 9.



**Figura 9.** Extração de prata de chapas de raio-x por solução de hidróxido de sódio.

Finalizando o processo de extração, a mistura foi submetida à filtração à vácuo que, diferentemente do teste de bancada, se mostrou ineficaz, muito provavelmente devido a grande quantidade de material orgânico gelatinoso dispersado na solução. A fim de separar os materiais mais grossos e desprezíveis, a mistura foi submetida a uma dupla camada de peneiras, lavando o material retido em sua superfície com água destilada, com a finalidade de que apenas a solução extratora e o óxido de prata fossem transferidos ao recipiente de contenção, ilustrado pela figura 10. Com o objetivo de facilitar o processo de filtração à vácuo, que se faz ainda necessário por conta da natureza corrosiva da solução extratora, a mistura obtida após o processo de peneiragem, agora muito mais homogênea, foi submetida ao processo de decantação em funis de decantação, conforme figura 11, concentrando o material disperso no fundo do recipiente, que pode ser

colhido de forma muito mais fácil e eficiente, possibilitando que uma quantidade muito menor da mistura tenha que ser submetida à filtração à vácuo.



**Figura 10.** Processo de peneiragem da mistura.



**Figura 11.** Solução em processo de decantação.

A decantação do material particulado perdurou por duas semanas, tempo necessário para que houvesse a certeza de que todo óxido de prata fosse sedimentado, visto que a solução apresenta alta turbidez e dificulta a visualização de seu conteúdo. Os sedimentos dos funis de decantação foram coletados em um béquer, como mostra a Figura 12, e submetidos à filtração a vácuo, Figura 13, apresentando o mesmo comportamento da filtração realizada no teste de bancada. Os papéis de filtro com o material retido foram dobrados e acondicionados em cadinhos e submetidos a aquecimento na chama do bico de Bunsen, com o auxílio de um tripé e um triângulo de porcelana, para que os papéis fossem queimados antes de adentrar ao forno mufla, Figura 14. Os cadinhos, previamente, preparados foram para o processo de fundição em forno mufla, porém o resultado obtido foi diferente do encontrado no teste de bancada, o sedimento não sofreu fundição, permaneceu sob forma de pó. O procedimento foi repetido em outro forno mufla em tempo e temperatura adequados, mas novamente o mesmo ocorreu. Após discussão com a equipe, foi identificado que a possível causa para a falha no processo foi o tipo de chapa utilizada na extração, que foram de raio-x panorâmico, doados por uma clínica de odontologia. Ao comparar as chapas de raio-x convencional, foi identificado que elas apresentam aspecto e superfície opacas, já as chapas de raio-x panorâmico possuem uma camada adicional sobre a sua

superfície, característica que muito provavelmente impediu que a prata fosse desprendida e reagida com a solução extratora.

Para que a projeto pudesse continuar, foi realizada a compra *online* de prata 10g de prata reciclada a fim de se obter a solução a base de nitrato de prata.

- **Síntese do nitrato de prata**

Apesar da aquisição da prata metálica ter sido de apenas 10g, ao mensurá-la em balança analítica, foi obtido um total de 16,07g. De acordo com a relação de 65mL de ácido nítrico para cada 62,5g de prata metálica, foi utilizado 16,71mL de ácido nítrico para as 16,07g de prata.



**Figura 12.** Sedimento dos funis de decantação



**Figura 13.** Filtração à vácuo.

Ao adicionar o ácido nítrico sobre a prata metálica, ela perdeu seu brilho imediatamente e o ácido assumiu coloração amarelada, conforme a figura 14, que mostra a comparação do béquer contendo prata metálica antes e após a adição de ácido nítrico, respectivamente. A reação inicial não passou disso, então, o sistema foi submetido a aquecimento em chapa aquecedora, figura 15.



**Figura 14.** Comparação visual pré e pós exposição da prata metálica ao ácido nítrico.



**Figura 15.** Sistema submetido à aquecimento em chapa aquecedora.

Com a catálise por calor, a reação ocorreu conforme o esperado, toda a metodologia previamente detalhada foi executada conforme descrito. Foi obtido exatamente 27,29g de nitrato de prata, em forma de sal branco, após secagem em estufa, obteve-se um total de 25,49g de nitrato de prata seco.

Analisando a estequiometria da reação, temos que 4 mols de ácido nítrico reagem com 3 mols de prata metálica, formando 3 mols de nitrato de prata, 1 mol de gás dióxido de nitrogênio e 2 mols de água, conforme segue:  $4HNO_3 + 3Ag \xrightarrow{\Delta} 3AgNO_3 + NO_2 + 2H_2O$   
Obedecendo o coeficiente estequiométrico, esperava-se sintetizar 25,48g de nitrato de prata ao utilizar 16,07g de prata metálica, ao final do processo, foi obtido 25,49g, evidenciando um rendimento de 100,04%, conforme os cálculos a seguir:

- Cálculo da quantidade de mols de Ag em 16,07g do metal

$$1\text{mol de Ag} \text{ ---- } 107,87\text{g}$$

$$X\text{mol de Ag} \text{ --- } 16,07\text{g}$$

$$107,87x = 16,07$$

$$X = 16,07/107,87$$

$$X = 0,15 \text{ mol de Ag}$$

- Cálculo da quantidade de  $\text{AgNO}_3$  teoricamente sintetizada a partir de 0,15 mols de Ag

$$\begin{aligned}3 \text{ mols de Ag} & \text{ ---- } 3 \text{ mols de AgNO}_3 \\0,15 \text{ mols de Ag} & \text{ ---- } X \text{ mols de AgNO}_3 \\3x & = 3 * 0,15 \\3x & = 0,45 \\X & = 0,45/3 \\X & = 0,15 \text{ mols de AgNO}_3\end{aligned}$$

- Cálculo da quantidade em gramas de  $\text{AgNO}_3$  teoricamente formado a partir de 0,15 mols de  $\text{AgNO}_3$

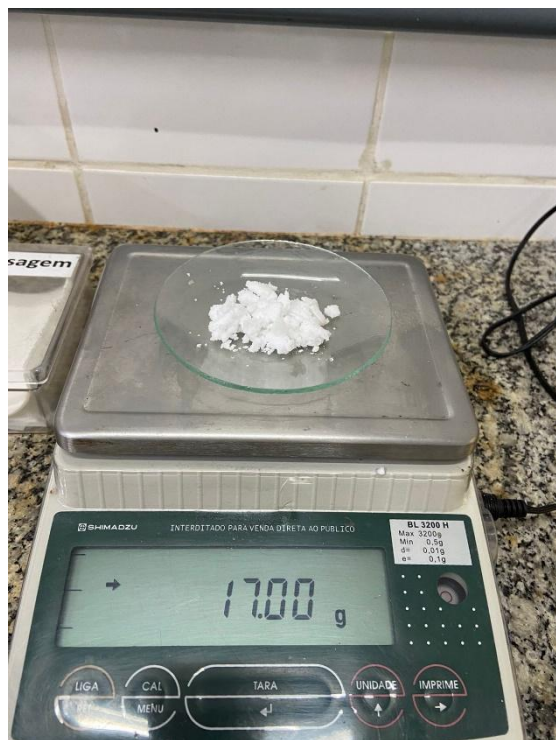
$$\begin{aligned}1 \text{ mol de AgNO}_3 & \text{ ---- } 169,87\text{g} \\0,15 \text{ mol de AgNO}_3 & \text{ ---- } x\text{g} \\X & = 0,15 * 169,87 \\X & = 25,48\text{g}\end{aligned}$$

- Cálculo do rendimento percentual

$$\begin{aligned}25,48\text{g de AgNO}_3 & \text{ ---- } 100\% \text{ de rendimento} \\25,49\text{g de AgNO}_3 & \text{ ---- } x\% \text{ de rendimento} \\25,48x & = 25,49 * 100 \\25,48x & = 2549 \\X & = 2549/25,48 \\X & = 100,04\% \text{ de rendimento.}\end{aligned}$$

- **Preparo e padronização da solução de nitrato de prata 1M**

Para o preparo da solução de nitrato de prata 1M, foi pesado 17g do sal de nitrato de prata previamente sintetizado e diluiu-se em um balão volumétrico de 100mL, conforme figura 16. Após o preparo da solução final, padronizou-se a solução por meio do método de mohr adaptado, conforme figura 17, obteve-se um fator de correção igual a 0,86, multiplicando pela concentração teórica, que é 1, temos a concentração real de 0,86mol/L, evidenciando que a pureza do composto formado é de 86%.



**Figura 16.** Pesagem do nitrato de prata para preparo da solução.



**Figura 17.** Padronização da solução de nitrato de prata 1M

## Conclusão

Concluiu-se neste estudo que informar a população sobre os riscos do descarte incorreto das radiografias pode, sim, trazer benefícios. Foi observado que com o correto manuseio das chapas de radiografias e seu encaminhamento aos centros médicos, como postos de saúde e hospitais, trazem impactos extremamente benéficos ao meio ambiente.

A prata obtida através da reciclagem das radiografias pode ser convertida em nitrato de prata, como demonstrado na metodologia citada acima (pág. 05 - 07), o nitrato pode ser utilizado para fazer hastes à base de nitrato de prata, que são utilizados para remover verrugas. Sendo assim, o nitrato de prata também pode ser incorporado à sulfadiazina, para fazer formas farmacêuticas a base de sulfadiazina de prata, os quais podem ser utilizados no tratamento de queimaduras, após aplicados na pele estes produtos formam uma película sobre a área aplicada que ajudarão na prevenção de infecções futuras e promoverão o tratamento adequado para a lesão.

Ao decorrer do processo de extração da prata das chapas de radiografias recicladas, foi constatado que o custo-benefício e a vasta mão de obra não são viáveis para a indústria farmacêutica, a reciclagem de chapas de radiografia traz benefícios ao meio ambiente, é benéfica por conter metais pesados, sendo o óxido de prata um deles, que pode poluir o solo e a água se descartado de forma incorreta, com o lixo comum. Para uso da indústria farmacêutica, analisou-se que com a chapa reciclada e processada é possível extrair prata metálica, a qual pode ser utilizada em diversos procedimentos e formas farmacêuticas, mas devido à alta mão de obra para

extrair e obter a prata através da reciclagem, compreendeu-se que realizar a compra da prata é mais vantajoso do que extrair por meio da reciclagem.

## Referências

1. Luzio, Diana Cardoso. Preparação de sprays poliméricos para o tratamento de lesões tópicas. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Química, Especialização em Biosistemas., Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: [https://eg.uc.pt/bitstream/10316/37919/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_final.pdf](https://eg.uc.pt/bitstream/10316/37919/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_final.pdf). Acesso em: 09 maio 2021.
2. Bolgiani, Alberto N.; Serra, Maria Cristina do Valle Freitas. Atualização no tratamento local das queimaduras. 2010. Disponível em: <http://rbqueimaduras.com.br/details/32/pt-BR>. Acesso em: 04 abr. 2021.
3. Ragonha, Alessandra Cristina Olhan; Ferreira, Enéas; Andrade, Denise de; Rossi, Lídia Aparecida. Avaliação microbiológica de coberturas com sulfadiazina de prata a 1%, utilizadas em queimaduras. 2005. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-11692005000400009&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692005000400009&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 04 abr. 2021.
4. Sperandio, I.; Potratz, R.A.; Sperandio, Í.C; Poubel, W.M. Recuperação de Prata Metálica de Chapas de Raio-X. 2015. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/recuperao-de-prata-metlica-de-chapas-de-raio-x-25538>. Acesso em: 04 abr. 2021
5. Faria, Claudio José Pinto de. Comparação Da Eficiência Do Hidróxido De Sódio, Hipoclorito De Sódio E Cloreto De Sódio Como Extratores De Prata Residual Oriunda De Chapas De Raio-X E Efluentes Gráficos. 2014. Disponível em: <http://repositorio.faema.edu.br:8000/xmlui/handle/123456789/356>. Acesso em: 05 maio 2021.
6. Dissolving Pure Silver To Make Silver Nitrate. Nilered, 2016. (07 min.), son., color. Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EruzAVv2Odc>. Acesso em: 05 maio 2021.
7. Síntese De Sulfadiazina E Sulfadiazina De Prata Em Escala Semi-Micro: Prática Experimental Em Síntese De Fármacos. Ribeirão Preto: Química Nova, v. 28, n. 4, 28 jul. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v28n4/25125.pdf>. Acesso em: 09 maio 2021.