



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**CLAUDIO JOSÉ PINTO DE FARIA**

**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**

ARIQUEMES – RO

2014

**Claudio José Pinto de Faria**

**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**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Farmácia da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Farmácia.

Professora Orientadora: Ms. Filomena M<sup>a</sup> Minetto Brondani.

ARIQUEMES-RO  
2014

**Claudio José Pinto de Faria**

**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**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Farmácia da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do grau de bacharel em Farmácia.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Orientadora Ms. Filomena M<sup>a</sup> Minetto Brondani  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

---

Profa. Ms. Bruna Racoski  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

---

Profa. Ms. Vera Lúcia M. G. Geron  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Ariquemes, 24 de Novembro de 2014.

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre me apoiaram, a minha namorada que sempre me deu força para continuar, e a minha família que eu amo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela minha existência.

A Professora Orientadora, Ms. Filomena Maria Minetto Brondani pela dedicação, ajuda e paciência.

A minha família pela motivação e incentivos.

Ao minha namorada, pela ajuda e força nas horas difíceis.

Ao meu irmão que sempre torceu, para que eu estivesse me formando.

A todos que estiveram presente nesses anos de lutas e conquistas.

Aos meus amigos que sempre estiveram presentes comigo nesses cinco anos, lutando e buscado sempre vitórias.

A todos, que de algum modo colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

A faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA e todo seu corpo docente por me proporcionar a oportunidade de estar me formando.

Obrigado!

“A poluição do planeta é apenas um reflexo externo de uma poluição interior psíquica gerada por milhões de indivíduos inconscientes, sem a menor responsabilidade pelos espaços que trazem dentro de si.”

Eckhart Tolle

## RESUMO

A prata é um metal nobre de cor branca brilhante de densidade de  $10,5\text{g/cm}^3$ , maleável, dúctil, bastante utilizada na indústria de material fotográfico, radiográfico, eletroeletrônica, na cunhagem de moedas em joalheria entre outros. Essa expressiva utilização implica no descarte deste metal ao meio ambiente, preocupação que se justifica pelo potencial tóxico da prata quando descartada sem critérios, o que representa risco para organismos aquáticos e terrestres, pois a geração de resíduos e seu posterior abandono no meio ambiente podem originar sérios problemas ambientais, favorecendo a incorporação de agentes contaminantes na cadeia trófica, interagindo em processos físico-químicos naturais, dando lugar à sua dispersão e, portanto, ao aumento do problema. Este trabalho de pesquisa teve como objetivo principal verificar a eficiência dos extratores de prata residual cloreto de sódio - NaCl, hidróxido de sódio-NaOH e hipoclorito de sódio -NaClO em resíduos de chapas de raio-x e reveladores de fofolitos, obtendo-se os seguintes resultados: recuperação de prata residual em fixador fofolito com NaCl = 0,895g, com NaOH = 0,835g e com NaClO 1,33g e em relação a resíduos sólidos de chapas de raio-x os resultados foram de 0,255g para NaCl, 0,103g para NaOH e 0,00g para o NaClO.

**Palavras-chave:** Chapa de Raio-x. Prata Residual. Fixador de Fofolitos. Meio Ambiente.

## ABSTRACT

Silver is a bright white precious metal, density of 10.5g / cm<sup>3</sup>, malleable, ductile, widely used in photographic, radiographic, electronics industry, coinage, jewelry among others. This significant use implies in its disposal on the environment, concern is justified by silver potential toxicity when discarded without criteria, which poses a risk to aquatic and terrestrial organisms, because the waste generation and its subsequent abandonment on the environment can lead serious environmental problems, favoring the contaminants incorporation in the food chain, interacting in natural physicochemical processes, giving rise to dispersion and increasing the problem. This research aimed to verify the efficiency of extracting residual silver sodium chloride - NaCl, sodium hydroxide, NaOH and sodium hypochlorite -NaClO in x-ray plates waste and photoliths, obtaining the following results: recovery of residual silver in photolithography fixer with NaCl = 0,895g, NaOH = 1,33g 0,835g and in relation to x-ray plates solid waste results were with NaClO = 0,255g, NaOH = 0.103 g and NaClO = 0,00g.

**Keywords:** X-ray plate. Residual silver. Photolithography fixer. Environment.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Chapas cortadas.....	19
<b>Figura 2</b> – Filtração de AgCl e AgOH.....	20
<b>Figura 3</b> – Filtrado acomodado em cadinho de porcelana.....	20
<b>Figura 4</b> – Mufla.....	21
<b>Figura 5</b> – Soluções contendo amostra em repouso.....	22

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISAO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E CARACTERÍSTICAS DO METAL PRATA	12
2.2 IMPORTÂNCIA ECONOMICA DA PRATA ( <i>Argentum</i> ).....	12
2.3 A PRATA E SUA IMPLICAÇÃO NA SAÚDE E MEIO AMBIENTE.....	13
2.4 RECUPERAÇÃO DE PRATA RESIDUAL .....	15
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	17
3.1 OBJETIVO GERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	18
4.1 REMOÇÃO DA PRATA CONTIDA EM CHAPAS DE RAIIO-X.....	18
4.2 REMOÇÃO DA PRATA CONTIDA EM FIXADOR FOTOLITOS GRÁFICOS.	20
4.3 TITULAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	21
<b>4.3.1. Titulação da Solução Obtida a Partir de Chapa de Raio-X</b> .....	21
<b>4.3.2. Titulação da Solução de Fixador de Fitolitos</b> .....	22
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1 DADOS DE RECUPERAÇÃO DE METAL CONTENDO PRATA OBTIDA DE FIXADOR DE FOTOLITOS COM DIFERENTES EXTRATORES.....	23
5.2 DADOS DE RECUPERAÇÃO DE METAL CONTENDO PRATA OBTIDO DE CHAPAS DE RAIIO-X COM DIFERENTES EXTRATORES.....	23
5.3 DADOS OBTIDOS NA TITULAÇÃO DAS AMOSTRAS DE CHAPAS DE RAIO-X E FIXADOR DE FOTOLITOS PELO MÉTODO DE VOLHARD.....	24
5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	24
<b>CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27
<b>ANEXOS</b> .....	34

## INTODUÇÃO

A prata (*Argentum*) é representada pelo símbolo químico Ag, tem número atômico 47, é considerada um metal nobre, tendo por características ser branco, brilhante, denso (densidade  $10,5\text{g/cm}^3$ ), maleável e dúctil, utilizado em numerosas ligas preciosas. (BENDASSOLLI et al., 2003). Relatos históricos constam que os primeiros metais a serem manipulados e utilizados pelo homem foram aqueles que podiam ser encontrados na natureza como elemento puro, a prata foi um deles. Acredita-se que a prata tenha sido metal de número três a ser encontrado e manipulado pelo homem, sendo que o ouro e o cobre antecederam sua descoberta. (KING, 1994).

Pesquisas indicam que os utensílios de prata mais antigos são datados de 5000 a.C. oriundos da Índia. Objetos desse metal também foram encontrados 3500 a.C. nos túmulos da província de Ur na Índia. Há também referência à prata na Bíblia, em Gênesis 44:2: “E o meu copo, o copo de prata (...)”, escrita essa que se trata de uma descoberta sobre a época das civilizações egípcias 3000 antes de cristo (a.C.). (MAAR, 1999).

A prática de extração natural da prata é feita através da mineração com métodos de abertura de buracos e trituração dos minérios. Ao contrário do ouro, a prata está presente em várias ocorrências naturais de minerais. A maior abundância é representada pelo sulfeto de prata -  $\text{Ag}_2\text{S}$  (Argentite), além da ocorrência de depósitos de prata nativa (não combinada). Afirma ainda que pelo fato de uma grande maioria dos minérios conterem prata destaca-se as de maior importância a combinação de três metais chumbo, cobre e zinco ou cada um individualmente. (SHAIKHADEH, 2004).

Dentre as aplicações, a prata é muito utilizada na indústria de material fotográfico, radiográfico, eletroeletrônica, na cunhagem de moedas e em joalherias. É usada, ainda, em soldas, principalmente junto com cobre, zinco e cádmio, na indústria farmacêutica, na fabricação de tanques de evaporação, tubos e serpentinas. Tem largo uso juntamente com mercúrio na produção de espelhos. (BENDASSOLLI et al., 2003).

Como qualquer outro resíduo, os originados pelo descarte inadequado do metal prata e seu abandono no meio ambiente, podem gerar sérios problemas

ambientais, favorecendo a incorporação de agentes contaminantes na cadeia trófica, interagindo em processos físico-químicos naturais, dando lugar à sua dispersão e, portanto, ao aumento do problema. Embora a natureza seja capaz de renovar-se em seu curso natural, o acúmulo de resíduos gerados pela ação do homem, particularmente de substâncias químicas, caso ultrapassem os limites de reciclagem natural do ambiente haverá um desequilíbrio nos sistemas biológicos. (SCHNEIDER et al., 2004). Produtos químicos tóxicos e resíduos lançados no solo, mar e em rios, riachos, lagos e lagoas causam danos irreversíveis à vida da fauna e flora, atingindo, mais cedo ou mais tarde, o ser humano. (COIMBRA, 2002).

A produção de resíduos sólidos é fator de preocupação ao meio ambiente, a demanda de geração desses resíduos aumenta diariamente e, dentre os resíduos produzidos, estão os resíduos sólidos gerados no âmbito da saúde e gráficos, os quais possuem significativa concentração de prata residual. Nesta perspectiva, Ariquemes possui vários hospitais, e centros de diagnóstico, consultórios odontológicos, centros de radiologia, máquinas para revelação de filmes gráficos (fotolitos) e estúdios de revelação fotográfica, ao quais produzem como resíduos chapas de raio-x, no âmbito da saúde e água residual no processo de revelação de filmes gráficos e fotográficos, o que justifica a elaboração desta proposta de recuperação de prata residual, com o intuito de minimizar os efeitos do descarte destes materiais em aterros sanitários, tendo em vista que estes ocasionam a contaminação de solos e lençóis freáticos, dentre outros fatores.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E CARACTERÍSTICAS DO METAL PRATA (*Argentum*)

O brilho característico do metal deu origem ao nome, a palavra prata tanto em grego (*argyros*) quanto em latim (*argentum*) significa brilhante. O símbolo químico atribuído à prata (*Ag*) é devido ao seu nome em latim (*Argentum*). Por volta de 1000 anos antes de Cristo (a.C) a mineração da prata na Grécia foi responsável pela grande riqueza ateniense e com a exploração dessas minas até o período romano. No início da exploração, a prata era mais cara que o ouro, na relação de 13:1 e durante o período romano de 18:1. (MAAR, 2008).

Em 1492, com o descobrimento de terras no Novo Mundo, ocorreu a abertura de grandes minas de prata no México, Bolívia e Peru, o que ocasionou um aumento significativo na produção mundial de prata. Com a descoberta da grandiosa mina de prata em Potosi, na Bolívia pelos colonizadores espanhóis, houve um aumento da migração para o local, estabelecendo a partir desta, novas rotas, novas instituições, geração de impostos, novas cidades e conseqüente aumento da população nesta região. No decorrer do período áureo da produção argentífera em Potosi, séculos XVI-XVII, ela se tornou a mais populosa de todo o mundo. (DEVEZA, 2006).

### 2.2 IMPORTÂNCIAS ECONOMICAS DA PRATA (*Argentum*)

Apenas 1/3 das reservas mundiais de prata estão relacionadas a depósitos onde a prata ocorre como produto principal. Os 2/3 de recursos de prata são associados como subproduto de minérios de ouro, de cobre, chumbo e zinco. As reservas mundiais de prata lavráveis atingiram em 2012 um total de 540.000 toneladas de metal contido, representando um aumento na produção de 2,3 % frente ao ano de 2011 em virtude da descoberta de novos locais de extração. As reservas brasileiras de minério contendo prata lavráveis somaram 3.910 toneladas (t) de metal contido, alcançando patamar mundial de 0,7%, distribuídas principalmente entre os estados do Pará, que representou a quase totalidade dessas reservas,

Goiás, Minas Gerais e Bahia. A produção mundial de minério concentrado de prata, como substância principal ou subproduto de metais básicos e ouro, atingiu em 2012 um total de 24.478 t, quantidade 4 % superior ao apresentado no ano anterior. As principais empresas produtoras mundiais são as KGHM Polska (Polônia), a BHP Billiton Plc (Austrália), e a Fresnillo Plc. (México). Segundo o The Silver Institute, houve em 2012 um excesso de produção frente ao consumo mundial de prata na quantidade de 6.037 toneladas. (BRASIL, 2013).

A produção brasileira de prata, contida em cobre, ouro, chumbo e zinco, alcançou em 2012 um total estimado de 20.145 kg, distribuída nos estados do Pará, com 41,7% do total, em Minas Gerais, com 30,9%, na Bahia, com 24,7%, em Goiás, com 2,3%, e no Pará, com 0,4%, as produtoras foram às empresas Vale/Salobo Metais, no Pará; Mineração Caraíba, Mineração Fazenda Brasileiro e Jacobina Mineração, na Bahia; Rio Paracatu Mineração, Anglogold Ashanti Brasil Mineração, em Minas Gerais; Anglogold Ashanti e Mineração Serra Grande S/A , em Goiás; e Mineração Tabiporã Ltda , no Paraná. A produção brasileira de prata refinada em 2012 foi estimada em 36,4 t, oriunda do metal contido e fundidos metalúrgicos nacionais e importados. A prata secundária, obtida a partir de sucatas, foi de 35.500 kg para 2012. (BRASIL, 2013).

### 2.3 A PRATA E SUA IMPLICAÇÃO NA SAÚDE E MEIO AMBIENTE

A prata é bastante empregada em indústrias de fotografia e imagem, bem como em eletroeletrônicos de um modo geral e seus resíduos podem representar risco para organismos aquáticos e terrestres. (PURCELL, 1998). O descarte inadequado de resíduos de prata gera preocupação em relação à poluição ambiental, por possuir alto potencial tóxico. (BENDASSOLLI, 2003).

A alta concentração de prata é prejudicial para os seres humanos e pode ser tóxico a vários organismos. (GOSHIMA, 1994). É assimilada pelo corpo através da ingestão, inalação, utilização de equipamentos de serviços médicos e também por contato direto com a pele. Dificilmente consegue-se identificar a quantidade de prata que é absorvida ou retida pela circulação do trato gastrointestinal, pulmão ou absorção através da pele, no entanto na urina e fezes, estas quantidades poderão ser identificadas. (WAN et al., 1991; WILLIAMS e GARDNER, 1995).

Em grandes quantidades no ambiente, os resíduos de prata em sua forma iônica causam toxicidade, por tal motivo, órgãos oficiais regulam o descarte deste metal. (GROSSEL et al., 2002). Normas estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), pela Resolução nº 357 de 2005, estabelece o limite máximo de prata em efluente líquido de 0,1 mg/L. (BRASIL, 2005).

A maior parte da prata encontrada no solo e nas águas de superfície se origina da lixiviação natural, este metal em concentrações elevadas é normalmente associado com atividades antropogênicas, como a indústria de processamento fotográfico e as minerações (WOOD et al., 1999).

A poluição dos rios, lagos, áreas costeiras e baías, tem resultado em degradação ambiental devido ao descarte de volumes crescentes de resíduos industriais, agrícolas e domésticos. O que leva a necessidade de adoção de políticas governamentais. (FREITAS, 2004).

O descarte de resíduos de prata pode gerar prejuízo financeiro, uma vez que este possui valor agregado significativo. Deve-se ainda mencionar que a prata é um dos exemplos de metais com risco de escassez. (FELLENBERG, 1980; SKINNER, 1991). No entanto, pouco tem sido feito para minimizar os impactos ambientais causados pelos filmes, soluções reveladoras, fixadores radiográficos e água residual. (GRIGOLETTO, 2011). Por outro lado, o tratamento adequado das soluções reveladoras e fixadoras pode gerar insumos, metal e o próprio revelador, o que fortalece a economia com a possibilidade de reutilização. (FERNANDES, 2005; GOSHIMA, 1994).

Liporini (2012) afirma que a reciclagem de resíduos radiográficos oriundos de hospitais e clínicas assim como da indústria fotográfica podem tornar-se um grande empreendimento, com possibilidade de retorno financeiro, a partir da construção de uma usina de extração de prata de radiografias e filmes fotográficos. Pois a geração de resíduos que são encaminhadas para aterros sanitários ou lixões causam danos à saúde e meio ambiente e a reciclagem de um material que comumente tem como destino o lixo tem um grande significado não só de recuperar material, mas sim fazer com que haja uma melhor sintonia entre homem e meio-ambiente.

O lixo e resíduos gerados pelo homem são inevitáveis, mas diminuir os efeitos negativos do lixo no meio ambiente é fundamental. Na reciclagem de filme radiográfico poderá ser feito além do reaproveitamento da prata, o aproveitamento do plástico que poderão ser transformados em caixas e embalagens poderá

beneficiar microempresas de embalagens que oferecem um produto reciclado de qualidade e a preços acessíveis. Assim, um simples exame radiológico que poderia ser jogado no lixo ou ser guardado por anos é um exemplo de material 100% reaproveitado. (LIPORINI 2012).

## 2.4 RECUPERAÇÃO DE PRATA RESIDUAL

Existem várias técnicas que podem ser utilizadas para a recuperação de prata a partir de resíduos, dentre elas destacam-se a eletrólise, o deslocamento metálico (cimentação) e também algumas que empregam precipitação química. Além das citadas, existem tecnologias complementares, como a de troca iônica, muito utilizada para tratar soluções que resultam da água de lavagem de chapas de raio-x e fotolitos, filmes utilizados em impressão gráfica. (EASTMAN KODAK COMPANY, 2000).

A titulometria de precipitação de Volhard é um método efetivo e muito utilizado em processos industriais, pois é um processo simples e de baixo custo operacional. Na precipitação, o produto dosado reage com íons metálicos dissolvidos e estes são transformados em um precipitado insolúvel. O precipitado pode ser separado da água através da filtração ou sedimentação e a água tratada pode ser descartada ou reutilizada. (KU e JUNG, 2001; FU et al., 2011).

O processo eletrolítico criado por William Nicholson é uma opção animadora para a legislação ambiental. Esta opção possibilita estender a capacidade de tratamento dos sistemas físico-químicos comuns, pois utilizam os mesmos fundamentos básicos de floculação-coagulação e adicionalmente disponibiliza elementos que fortalecem o método pela produção de oxigênio e hidrogênio nas reações de eletrólise, formando um fluxo crescente de microbolhas que interagem com todo efluente interno presente no reator eletrolítico, sendo fortemente submetido às reações de redução e oxidação, facilitando a flotação e a floculação da carga poluidora existente, fazendo com que a eficiência do processo de tratamento seja aumentada. (SILVA, 2002).

A troca iônica foi observada pela primeira vez por Way e Thompson, em 1850, que consiste na transferência de íons específicos, desde uma solução aquosa pouco concentrada para outra (mais concentrada), por meio de uma resina que é capaz de

trocar seus íons fracamente ligados por outros. É muito semelhante à extração por solvente, é realizada a com o objetivo de atingir a separação. É capaz de extrair da solução aquosa apenas o íon do metal de valor, a troca iônica é sempre levada em consideração quando o objetivo de separação é importante. O enriquecimento de soluções diluídas é possível através deste processo. (Heck, 2007).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Discorrer sobre as implicações em termos de saúde e meio ambientes provocadas pela presença de prata residual e apontar as vantagens em reciclar os resíduos contendo prata, financeiro e ambientalmente.

#### **3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Comparar a 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 utilizados na revelação de fotolitos utilizando o método de Volhard.

## 4 METODOLOGIA

A Trata-se de uma pesquisa aplicada, na medida em que objetivou quantificar a prata presente em chapa de raio-x e em fixador de fotonúcleos utilizados em impressão gráfica.

As chapas de raio-x foram recolhidas em hospital particular e o fixador do processo de revelação de fotonúcleos em gráfica, ambos na cidade de Ariquemes-RO.

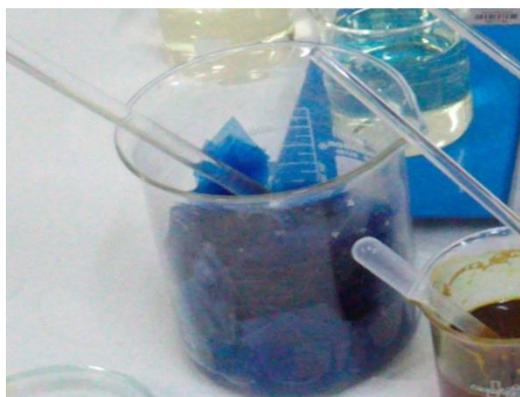
O material contendo prata residual foi encaminhado para o laboratório de Química da FAEMA para a realização das análises.

As análises foram realizadas através do método de Volhard com adaptações, conforme os subitens a seguir.

### 4.1 REMOÇÃO DA PRATA CONTIDA EM CHAPAS DE RAIOS-X

Para a quantificação da prata contida em chapas de raio-x foram utilizadas três soluções diferentes, como mostra a sequência, a saber:

- As chapas de raio-x foram cortadas em quadrados de aproximadamente 1x1cm, pesadas em três porções de 200g e colocadas em béqueres (1000 mL) diferentes. Conforme mostra figura 01.



**Figura 01.** Chapas cortas

- Em cada béquer foi colocada solução diferente, hipoclorito de sódio  $\text{NaClO}$  (2,0%), hidróxido de sódio  $\text{NaOH}$  ( 1 mol/L ) e cloreto de sódio  $\text{NaCl}$  ( 1

mol/L ) respectivamente, até alcançar a marca de 800mL, colocado no agitador por 90 minutos e deixado em repouso por 24 horas.

- Cada solução obtida passou por um processo de filtração simples, para qual foi utilizado funil de vidro e papel filtro para separação, como mostra a Figura 02. No caso da solução contendo hidróxido de sódio (NaOH) precipita o hidróxido de prata (AgOH) e as demais o cloreto de prata (AgCl).



**Figura 02.** Filtração da AgCl e AgOH

- Na sequência o papel filtro contendo precipitado foi retirado do funil e acomodado em cadinhos de porcelana, os quais foram pesados em balança analítica marca GEHAKA, modelo AG-200 e enumerados com lápis para identificação, como mostra a Figura 03.



**Figura 03.** Filtrado acomodado em cadinho de porcelana

- Para finalizar o processo de extração da prata, as amostras foram levadas à mufla, marca Quimis, modelo Q-318M25T a temperatura de 1000°C por 120 minutos, conforme figura 04.



**Figura 04.** Mufla

- Na sequência foram resfriadas em um dessecador contendo sílica. Por fim, pesou-se a amostra e o teor de metal foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$\% (m/v) = \frac{100 \times N}{P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

N = massa de cinzas (g)

P = massa inicial da amostra (g)

#### 4.2 REMOÇÃO DA PRATA CONTIDA EM FIXADOR DE FOTOLITOS GRÁFICOS

Para a quantificação da prata contida em fixador de fotolitos gráficos foram utilizadas três soluções diferentes, como mostra a sequência, a saber:

- Colocou-se em três béqueres de 600 mL uma amostra de 200 mL de solução reveladora de fixador de fotolitos gráficos, no béquer 01 foi adicionado 200 mL de hipoclorito de sódio a 2%, no béquer 02 foi acrescentado 200 mL de hidróxido de sódio a 1 mol/L e no béquer 03 200 mL de cloreto de sódio a 1 mol/L. Na sequência as soluções foram agitadas durante 1 hora e em seguida deixadas em repouso por 24 horas, conforme Figura 05.



**Figura 05.** Soluções contendo amostra em repouso

- O precipitado obtido no processo de decantação foi filtrado por método simples, conforme mostra Figura 02.
- O papel filtro contendo precipitado foi retirado do funil e acomodado em cadinhos de porcelana, os quais foram pesados em balança analítica marca GEHAKA, modelo AG-200 e enumerados com lápis para identificação.
- Para finalizar o processo de extração da prata, as amostras foram levadas à mufla, marca Quimis, modelo Q-318M25T a temperatura de 1000°C por 120 minutos, conforme Figura 04.
- Na sequência foram resfriadas em um dessecador contendo sílica. Por fim, pesou-se a amostra e o teor de metal foi calculado de acordo com a Equação 1. E as demais etapas foram realizadas de modo análogo ao primeira ao primeiro caso.
- Os cálculos para quantificar a prata residual contida nas amostras foram feitos utilizando regra de três, sendo que a titulação feita a partir de resíduos de chapa de raio-x indicou a presença de 0,453g para cada 100mL de amostra e para a amostra de fixador de fotolitos obteve-se 0,474g para cada 100mL da amostra.

### 4.3 TITULAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a titulação das amostras utilizou-se o método de Volhard com modificações, conforme a sequências apontadas a seguir..

#### 4.3.1. Titulação da solução obtida a partir de chapa de raio-x

- Foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL uma alíquota (05 mL) da amostra 01 contendo prata a ser analisada. Adicionou-se 1 mL de uma solução saturada (~ 40 m/v) de sulfato férrico amoniacal.
- O meio foi acidificado com 5 mL de ácido nítrico 6 mol/L e foi titulado com solução de tiocianato de potássio padrão 0,1 mol/L.
- O volume de tiocianato de potássio gasto na primeira amostra foi de 2,1 mL.

#### **4.3.2. Titulação da solução de fixador de fotolitos**

- Foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL uma alíquota (05 mL) da amostra 01 contendo prata a ser analisada. Adicionou-se 1 mL de uma solução saturada (~ 40 m/v) de sulfato férrico amoniacal.
- O meio foi acidificado com 5 mL de ácido nítrico 6 mol/L e foi titulado com solução de tiocianato de potássio padrão 0,1 mol/L.
- O volume de tiocianato de potássio gasto na primeira amostra foi de 2,2 mL.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DADOS DE RECUPERAÇÃO DE METAL CONTENDO PRATA OBTIDO DE CHAPAS DE RAIIO-X COM DIFERENTES EXTRATORES

Os resultados contidos na tabela 02 foram obtidos a partir de 200g de amostra de chapas de raio-x com extratores diferentes. NaCl, NaOH e NaClO, respectivamente.

Amostra Utilizada	Solução Extratora	Massa da amostra	Metal obtido contendo Ag	g/100g
Chapas de Raio-x	NaCl	200g	1,02g	0,510
Chapas de Raio-x	NaOH	200g	0,41g	0,205
Chapas de Raio-x	NaClO	200g	0,00g	0,00

**Tabela 01** – Resultados obtidos para chapas de raio-x após utilização do método de Volhard e purificação em mufla.

Em relação à recuperação de metal contendo prata a partir resíduos sólidos de chapa de raio-x os resultados foram de 0,51g para NaCl, 0,205 para NaOH e 0,00g para o NaClO respectivamente, destacando-se o NaCl como a melhor opção para a extração de Ag contida nas chapas de raio-x, sendo esse 58,80% mais eficiente que o NaOH e em relação ao NaClO não foi possível estabelecer comparação por não ter extraído metal da amostra.

### 5.2 DADOS DE RECUPERAÇÃO DE METAL CONTENDO PRATA OBTIDA DE FIXADOR DE FOTOLITOS COM DIFERENTES EXTRATORES

Os resultados contidos na tabela 01 foram obtidos a partir de 100 mL de amostra de fixador de fotolito com extratores diferentes. NaCl, NaOH e NaClO, respectivamente.

Amostra Utilizada	Solução Extratora	Volume da amostra	Metal obtido contendo Ag	g/100mL
Fixador de Fotolito	NaCl	200mL	1,79g	0,895
Fixador de Fotolito	NaOH	200mL	1,67g	0,835
Fixador de Fotolito	NaClO	200mL	2,66g	1,330

**Tabela 02** – Resultados obtidos para o fixador de fotolitos gráfico após utilização do método de Volhard com adaptação e purificação em mufla.

Os resultados obtidos na recuperação de metal contendo prata residual em fixador de fotolito na presença de NaCl, NaOH e NaClO foram de 0,895, 0,835 e 1,330g respectivamente, o que evidenciou o NaClO como a melhor opção para a extração de metal contendo prata em resíduos de fixador de fotolitos. Em termos quantitativos, vale salientar que o NaClO foi 37,21% mais eficiente que o NaOH e 32,70% mais eficiente em relação ao NaCl.

### 5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao comparar os resultados obtidos a partir da titulação, que foi de 0,474g de prata por 100 mL de solução, com os extratores NaCl de 0,895g por 100 mL, NaOH de 0,835g e NaClO de 1,330g por 100 mL de amostra, observou-se que a titulação apontou valores menores que os recuperados com os extratores a partir de resíduos de fixador de fotolitos. Diferença esta que poderá estar relacionada ao tempo de armazenamento da amostra, formação de precipitado de prata e ou erros na titulação.

No que se refere aos dados quantificados por titulação da amostra de chapa de raio-x obteve-se 0,453 g de prata por 100 mL da amostra, sendo que o extrator NaCl recuperou 56,29% de prata em relação aos dados da titulação, o NaOH 22,73% e o NaClO 0%.

Resultados obtidos por Bortoletto et al., (2004) para recuperação de prata, utilizando como agentes precipitantes NaOH, NaCl e Carvão ativado, demonstraram que o NaOH como agente precipitante forneceu baixa remoção de prata, houve o aparecimento de substância indesejada além do aumento do pH da solução no decorrer do processo. A solução de NaOH apresentou resultados de precipitação quando sua concentração foi alterada para 1.5 mol/L, removendo somente 10,3% da prata presente no fixador, quando sua concentração foi aumentada para 1,8 mol/L promoveu um aumento significativo de 40,1% na remoção da prata, porém, o pH do meio elevou-se para 13,0. Neste mesmo estudo foi observado que o carvão de coco de babaçu demonstrou maior afinidade com o tiosulfato de prata, adsorvendo em torno de 0,42mg Ag g<sup>-1</sup> de carvão. Os carvões da casca de coco e 119 (tipo de carvão) apresentaram capacidade de adsorção praticamente igual. (BORTOLETTO et al., (2004).

Silva et al (2011) obtiveram um rendimento de 13,95% utilizando o NaClO e 12,39% utilizando o NaCl como agentes precipitantes, mas, considerou como um processo inviável, pois seu rendimento é baixo comparado ao de recuperação de prata de banho eletrolítico, por exemplo.

## CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos foi possível concluir que no processo de recuperação de prata a partir de chapas de raio-x e fixador de fotolitos gráfico com os extratores NaCl, NaOH e NaClO, o NaClO foi a melhor opção para a extração de metal contendo prata em fixador de fotolitos, sendo este 37,21% mais eficiente que o NaOH e 32,70% mais eficiente em relação ao NaCl. Em relação à recuperação deste metal a partir de chapa de raio-x os resultados apontaram o NaCl como a melhor opção para a extração de prata contida nas chapas de raio-x, sendo esse 58,80% mais eficiente que o NaOH e em relação ao NaClO não foi possível estabelecer comparação por não ter extraído metal da amostra, o que sugere a realização de novos testes com este extrator. Vale salientar que os testes realizados apontaram ser viável recuperar prata residual oriunda de chapas de raio-x e de fixador de fotolitos, o que poderá contribuir para minimizar a contaminação ambiental gerada por descarte inadequado destes materiais.

## REFERÊNCIAS

BENDASSOLLI J. A.; TAVARES G. A.; IGNOTO R. F.; ROSSETI A. L. R. M.. **Procedimentos Para Recuperação de Ag de Resíduos Líquidos e Sólidos**, *Quim. Nova*, Vol. 26, No. 4, 578-581, 2003. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000400023](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000400023) >. Acesso em: 08 abril 2013.

BORTOLETTO, E.C. et al. Caracterização da geração e da qualidade do efluente líquido do laboratório de raio-x da clínica odontológica do Hospital Universitário de Maringá (HUM). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**, 2004. Florianópolis. Anais... Florianópolis: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável (ICTR), 2004. p. 2634-2644. Disponível em: < [http://scholar.google.com.br/scholar?q=Caracteriza%C3%A7%C3%A3o+da+gera%C3%A7%C3%A3o+e+da+qualidade+do+efluente+l%C3%ADquido+do+laborat%C3%B3rio+de+raio-x+da+cl%C3%ADnica+odontol%C3%B3gica+do+Hospital+Universit%C3%A1rio+de+Maring%C3%A1+%28HUM%29.&btnG=&hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5](http://scholar.google.com.br/scholar?q=Caracteriza%C3%A7%C3%A3o+da+gera%C3%A7%C3%A3o+e+da+qualidade+do+efluente+l%C3%ADquido+do+laborat%C3%B3rio+de+raio-x+da+cl%C3%ADnica+odontol%C3%B3gica+do+Hospital+Universit%C3%A1rio+de+Maring%C3%A1+%28HUM%29.&btnG=&hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5) >. Acesso em: 08 abril 2013.

BORTOLETTO, E.C. et al. Utilização de carvão ativado impregnado com iodo na remoção de prata da água residual gerada no processamento de radiografias odontológicas. In: **ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO**, 6., 2006, Maringá. **Anais...** Maringá: Departamento de Engenharia Química, 2006. Disponível em: < <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/83/50> >. Acesso em: 08 abril 2013.

BRASIL, Departamento Nacional Produção Mineral – DNPM. **Sumário Mineral ISSN 0101-2053, 2013**. Vol. 33, Pág 102-103. Brasília, 2013. Disponível em: < [https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra\\_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=9000](https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=9000) >. Acesso em: 20 nov. 2014.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005**, Publicada no Dou Nº 053, De 18/03/2005, Págs. 58-63. Brasília, 2005. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2014.

COIMBRA, José de Ávila Aguiar. **O outro lado do meio ambiente**. Campinas, SP: Millennium, 2002. Disponível em: < <http://www.sbectur.org.br/revbea/index.php/revbea/article/viewFile/2021/1038> >. Acesso em: 05 ago. 2014.

DAMASCENO, C. D. **Disponibilidade, suprimento e demanda de minérios para metalurgia**. Série Estudos e Documentos. CED-69, CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia, pág. 81. São Paulo (SP), 2006. Disponível em: < [http://www.cetem.gov.br/publicacao/series\\_sed/sed-69.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sed/sed-69.pdf) >. Acesso em: 26 set. 2014.

DEVEZA, F.; **O caminho da prata de Potosi até Sevilha (séculos XVI e XVII)**, *Revista Navigator*, 4, p. 1-10, 2006. Disponível em: < [http://www.revistanavigator.com.br/navig4/art/N4\\_art6.pdf](http://www.revistanavigator.com.br/navig4/art/N4_art6.pdf) >. Acesso em: 21 set. 2014.

EASTMAN KODAK COMPANY. **Chemical Recovery Produces. Processing KODAK Motion Picture Films**, Module 5, 2000. Disponível em: < <http://www.kodak.com/go/motion>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

FELLENBERG, G., **Introdução aos problemas da poluição ambiental**, EDUSP: São Paulo, 1980. Disponível em: < [http://becn.ufabc.edu.br/guias/estrutura\\_materia/resumo/ES\\_H2\\_N\\_03.pdf](http://becn.ufabc.edu.br/guias/estrutura_materia/resumo/ES_H2_N_03.pdf) >. Acesso em: 08 abr. 2013.

FERNANDES, G.S., et al. **Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia**. *Radiol. Brasil.*, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 355-358, 2005. Disponível em: <

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-39842005000500009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842005000500009)  
>. Acesso em: 15 ago. 2014.

FITERMAN, I. R., **Balanço Mineral Brasileiro 2011** – Disponível em < <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/prata.pdf> >.  
Acesso em: 23 de maio de 2014.

FREITAS, A, Rosa J.E., Souza I.F. **Radiologia odontológica**. 6. ed. São Paulo: Artes Médicas; 2004. Disponível em < [http://vdisk.univille.edu.br/community/depto\\_odontologia/get/ODONTOLOGIA/RSBO/RSBO\\_v9\\_n3\\_julho-setembro2012/v9n3a05.pdf](http://vdisk.univille.edu.br/community/depto_odontologia/get/ODONTOLOGIA/RSBO/RSBO_v9_n3_julho-setembro2012/v9n3a05.pdf) >. Acesso em: 08 de out. de 2014.

FU, F., QI, W., 2011, **Removal os heavy metal ions from wastewaters**: A review, Journal of Environmental Management, v. 92, p. 407-418. Disponível em < [http://scholar.google.com.br/scholar?q=Removal+of+heavy+metal+ions+from+waste+waters&hl=pt-BR&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart&sa=X&ei=Q6J3VInTL9bZsAT5p4D4Cw&ved=0CB0QgQMwAA](http://scholar.google.com.br/scholar?q=Removal+of+heavy+metal+ions+from+waste+waters&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ei=Q6J3VInTL9bZsAT5p4D4Cw&ved=0CB0QgQMwAA) >. Acesso em: 23 de out. de 2014.

GOSHIMA, T, Hori K, Yamamoto A. **Recovery of silver from radiographic fixer**. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**. 1994; 77(6):684-8. Disponível em < [http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5&as\\_vis=1&q=Recovery+Of+silver+from+radiographic+fixer](http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&as_vis=1&q=Recovery+Of+silver+from+radiographic+fixer) >. Acesso em: 06 de jul. de 2014.

GRIGOLETTO, J.C, Segura-MuñozSI, Barbosa-Junior F, Sanches SM, Takayanagui AM. **Silver discharged in effluents from image-processing services: a risk to human and environmental health**. Biol Trace Elem Res. 2011; 144(1-3):316-26. Disponível em < <http://link.springer.com/article/10.1007/s12011-011-9096-8#page-1> >. Acesso em: 06 de jul. de 2014.

GROSSEL, M.; Nielsen, C.; Bianchini, A. **Sodium turnover rate determines sensitivity to acute copper and silver exposure in freshwater animals**. Comparative Biochemistry and Physiology 133C: 287-303, 2002. Disponível em < <http://scholar.google.com.br/scholar?lookup=0&q=Sodium+turnover+rate+determines>

+sensitivity+to+acute+copper+and+silver+exposure+in+freshwater+animals&hl=pt-BR&as\_sdt=0,5&as\_vis=1 >. Acesso em: 10 de jul. de 2014.

HECK, Nestor C. **ENG06631- Metalurgia Extrativa dos Metais Não-Ferrosos I-A**. UFRGS/DEMET, RS, 2007. Disponível em < <http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06631/Trocalonica.pdf> >. Acesso em: 29 de out. de 2014.

KING, R. B.; *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*. New York, United States: John Wiley and Sons Ltd., 1994. Disponível em < [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000100003&script=sci_arttext) >. Acesso em: 21 de set. de 2014.

KU, Y., JUNG, I.L. **Photocatalytic reduction of Cr(VI) in aqueous solutions by UV irradiation with the presence of titanium dioxide**. Water Res. 35, 135-142, 2001. Disponível em < [http://www.researchgate.net/publication/12074498\\_Photocatalytic\\_reduction\\_of\\_Cr%28VI%29\\_in\\_aqueous\\_solutions\\_by\\_UV\\_irradiation\\_with\\_the\\_presence\\_of\\_titanium\\_dioxide](http://www.researchgate.net/publication/12074498_Photocatalytic_reduction_of_Cr%28VI%29_in_aqueous_solutions_by_UV_irradiation_with_the_presence_of_titanium_dioxide) >. Acesso em: 22 de set. de 2014.

LIPORINI A. Q., MION C. F., CAVALHEIRO M. C. H.T., **Tratamento Químico e Reciclagem de Chapas de Raio-X**, Anais - 4o Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC – Jahu, 2012. Disponível em < [http://www.rimaeditora.com.br/26\\_Anais.pdf](http://www.rimaeditora.com.br/26_Anais.pdf) >. Acesso em: 29 de maio de 2014.

MAAR, J. H. **História da Química - Primeira Parte - Dos primórdios a Lavoisier**. Florianópolis, Brasil: Editora Conceito Editorial, 2008. Disponível em < [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000100003&script=sci_arttext) >. Acesso em: 21 de set. de 2014.

MAAR, J. H. **Pequena História da Química**. Florianópolis, Brasil: Editora Papa-livro, 1999. Disponível em < [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000100003&script=sci_arttext) >. Acesso em: 21 de set. de 2014.

MACIEL, Vanessa Cristina; LIU, Andrea Santos; CARDOSO, Patrícia Goulart da Rosa. TRATAMENTO DO RESÍDUO DE PRATA DE FIXADOR RADIOGRÁFICO DENTAL. In: IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 9, 5, 2005, **Anais**. São José dos Campos – SP Universidade do Vale do Paraíso, p. 471 – 474, São Paulo, 2005. Disponível em <<http://biblioteca.univap.br/dados/INIC/cd/inic/IC4%20anais/IC4-47.pdf>>. Acesso em: 18 de set. de 2014.

PURCELL, T. W.; Peters, J. J.. Environ. **Toxicol.** Chem. V. 17, p. 539, 1998. Disponível em <[https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/artigo\\_janaina\\_bampi.pdf](https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/artigo_janaina_bampi.pdf)>. Acesso em: 08 de out. de 2014.

SCHNEIDER, V.E.; REGO, R.C.E.; CALDART, V.; ORLANDIN, S.M. - **Manual de gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde**. São Paulo (SP), Editora EDUCS, 2ª Edição. 319p, 2004. Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual\\_gerenciamento\\_residuos.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual_gerenciamento_residuos.pdf)>. Acesso em: 30 de out. de 2014.

SHAIKHZADEH, Badi M. **Prata, ouro e platina**. 2004. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Materiais elétricos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/BadiShaikhzadeh.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2014.

SILVA, C. M. et al. Recuperação da prata contida em chapas de raio X. In: IX Simpósio de Base Experimental das Ciências Naturais da Universidade Federal do ABC, 9, 2011, **Anais**. São Paulo: Universidade Federal do ABC, 2011, p. 1-2. Disponível em: <[http://becn.ufabc.edu.br/guias/estrutura\\_materia/resumo/ES\\_H2\\_N\\_03.pdf](http://becn.ufabc.edu.br/guias/estrutura_materia/resumo/ES_H2_N_03.pdf)>. Acesso em: 08 abril 2013.

SILVA, J. F. C. **Tratamento de Águas Residuárias e Efluentes Sanitários sob a abordagem Eletroquímica**, Niterói: Dissertação de Mestrado – UFF, 2002. Disponível em: < [http://www.bdttd.ndc.uff.br/tde\\_arquivos/14/TDE-2007-07-17T160039Z-917/Publico/RESUMO%20JoseCirne.pdf](http://www.bdttd.ndc.uff.br/tde_arquivos/14/TDE-2007-07-17T160039Z-917/Publico/RESUMO%20JoseCirne.pdf) >. Acesso em: 18 fev. 2014.

SKINNER, B. J.; **Recursos minerais da Terra, Edgard Blucher**: São Paulo, 1991. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000400023](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000400023) >. Acesso em: 08 abril 2013.

Wan, A. T.; Conyers, R. A. J.; Coombs, C. J.; Masterton, J. P.; **Determination of silver in blood, urine, and tissues of volunteers and burn patients**, Clinical Chemistry, v. 37, n. 10, p. 1683–1687, 1991. Disponível em: < <http://www.unicentro.br/posgraduacao/mestrado/farmacia/dissertacoes/turma2-unicentro/hanan1.pdf> >. Acesso em: 02 out. 2014.

WILLIAMS, N.; GARDNER, I.; **Absence of symptoms in silver refiners with raised blood silver levels**, Occupational Medicine, v.45, n.4, p.205–208, 1995. Disponível em: < <http://www.unicentro.br/posgraduacao/mestrado/farmacia/dissertacoes/turma2-unicentro/hanan1.pdf> >. Acesso em: 02 out. 2014.

WOOD, C.M.; Playle, R.C; Hogstrand, C. 1999. **Physiology and modeling of mechanisms of silver uptake and toxicity in fish**. Environmental Toxicology and Chemistry 18: 71-83. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620180110/full> >. Acesso em: 28 out. 2014.