



## Aplicações dos princípios da Química Verde na recuperação da Prata (Ag) em análises laboratoriais.

Beatriz de Barros Costa <sup>1</sup>  
 Fernanda Varoni da Silva  
 Gustavo Guimarães Nascimento  
 Kalyne Cícera Oliveira Mendes  
 Mayara Ferreira  
 Raiana Oliveira Braga da Cruz  
 Prof. Dr. Klauss Engelmann

### RESUMO

Na instituição ETEC irmã Agostina, são desenvolvidas na matéria de química quantitativa as aulas práticas elaboradas a partir da técnica de volumetria de Volhard, sendo essa a volumetria de precipitação chamada de argentimetria que se trata da determinação de íons metálicos, que consiste na adição de nitrato de prata em excesso em uma solução que contenha íons de cloretos a fim de que eles precipitem com a prata. Com tudo quando é empregado o uso das soluções de tiocianato de potássio ou tiocianato amônio, acaba por ser gerado um resíduo de laboratório chamado tiocianato de prata, que é uma solução extremamente tóxica para os seres humanos caso haja algum consumo e por conta de ser um material insolúvel é nocivo para o meio ambiente principalmente se encontrado em vias aquáticas. Como os resíduos são uma problemática ambiental na qual muitas das vezes é tratada com descaso pelas indústrias, que não procuram pela recuperação ou reutilização deles, acabam por optar pelo descarte inapropriado ou armazenamento em grande quantidade até que seja possível descartá-los. A fim de tratar esse resíduo baseando-se nos princípios da química verde tendo como objetivo a redução de substância perigosas, o projeto a seguir foi desenvolvido para que fosse possível proceder com a recuperação desses resíduos nas instituições de ensino com baixos custos. Para que fosse possível seguir com o tratamento do tiocianato de prata, tendo como espécie de interesse o nitrato de prata, o resíduo passou por diversos procedimentos, sendo eles a conversão do resíduo em cloreto de prata, logo transformando o cloreto de prata para óxido de prata, posteriormente em prata metálica e por fim em nitrato de prata. No final do projeto com os resultados obtidos, foi avaliado e observado se ele teve resultados satisfatórios e se seria viável a realização dos métodos discutidos, com base nos gastos calculados, teor de pureza e rendimento das substâncias.

**Palavras-chave:** Metal pesado. Tratamento. Química limpa.

### ABSTRACT

In the institution ETEC Sister Agostina, the quantitative chemistry subject develops practical classes based on the Volhard volumetry technique, which is the precipitation volumetry called argentimetry that is the determination of metal ions, which consists of adding excess silver nitrate in a solution that contains chloride ions so that they precipitate with the silver. However, when the use of potassium thiocyanate or ammonium thiocyanate solutions is employed, a laboratory waste called silver thiocyanate is generated, which is an extremely toxic solution for humans if consumed, and because it is an insoluble material it is harmful to the environment, especially if found in waterways. As the residues are an environmental problem that is often treated carelessly by the industries, which do not seek their recovery or reuse, they end up opting for inappropriate disposal or storage in massive quantities until it is possible to discard them. To treat this waste based on the principles of green chemistry aiming at the reduction of hazardous substances, the following project was developed so that it would be possible to proceed with the recovery of this waste in educational institutions at low cost. To be able to proceed with the treatment of silver thiocyanate, having silver nitrate as the species of interest, the waste went through several procedures, including the conversion of waste into silver chloride, then transforming silver chloride into silver oxide, then into metallic silver and finally into silver nitrate. At the end of the project with the results obtained, it was evaluated and observed whether it had satisfactory results and whether it would be feasible to carry out the methods discussed, based on the calculated costs, purity content and yield of the substances.

**Keywords:** Heavy Metal. Treatment. Clean Chemistry.

---

<sup>1</sup> Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina  
 Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil

Recebido em: 02/12/2022

Apresentado à banca em: 08/12/2022

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1. Química Verde

Criada em 1991, a Química verde, também conhecida como Química limpa visa o desenvolvimento de métodos factíveis e baratos, mas que também diminuem o impacto ao meio ambiente, causado por resíduos químicos gerados. O ideal é que a aplicação dos princípios da Química verde conduza à regulamentação e ao controle, fazendo com que não ajam correções desnecessárias. Para além dos benefícios ao meio ambiente, esta reflexão tem também um efeito económico ao reduzir os custos associados ao armazenamento e administração de resíduos, à poluição ambiental e ao pagamento de compensações. (PRADO, 2003)

*A aceleração do processo industrial faz com que a cada dia desapareçam 10 espécies de seres vivos e 50 espécies de vegetais. O equilíbrio físico-químico da Terra, construído sutilmente durante milhões e milhões de anos, pode romper-se devido à irresponsabilidade humana (Leonardo Boff, 2001),*

Citado em seu livro o “Princípio de Compaixão e Cuidado”, Boff traz uma reflexão sobre a responsabilidade do homem para com as questões ambientais.

A Química Verde contempla 12 princípios elementares. Podendo destacar entre eles a prevenção, quanto a geração de resíduos, a produção de compostos com pouca ou nenhuma toxicidade, o reaproveitamento e sínteses de baixo custo (LENARDÃO, 2003).

### RESÍDUOS LABORATORIAS

A gestão de resíduos químicos em Laboratórios de Ensino de Pesquisa no Brasil foi bastante discutida no final da década de 1990, o que a tornou um tema importante, inclusive nas instituições de ensino. (AFONSO, et. al. 2003).

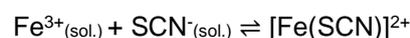
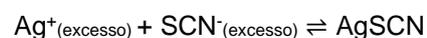
Em comparação as empresas, escolas e faculdades são consideradas responsáveis por uma parcela pequena de resíduos. Porém, esses resíduos são compostos por várias substâncias, muitas delas altamente tóxicas. Destacando a existência de centenas de instituições, que produzem resíduos laboratoriais, a falta de tratamento adequado pode afetar drasticamente o meio ambiente e a saúde humana. (LAUDEANO, et.al.)

### 1.2. Volumetria de Precipitação

A volumetria de precipitação é um método quantitativo clássico baseado em reações que

produzem substâncias de difícil solubilização, é eficiente na quantificação cloretos, brometos e iodetos presente em soluções aquosas. A partir de uma técnica adequada para a estimativa do ponto final, como as potencio métricas ou pelo uso de indicadores químicos.

O método de Volhard (método na qual temos o interesse de recuperar o  $\text{AgNO}_3$ ), utiliza uma quantidade de solução padrão de Nitrato de Prata, seguida pela precipitação do analito dissolvido ( $X^-$ ) em um meio extremamente ácido, subsequente é feita a titulação da prata com o tiocianato de potássio KSCN, uma solução salina. Essa prática gera AgSCN (Tiocianato de prata) como principal resíduo, o indicador utilizado é o  $\text{Fe}^{3+}$  que forma um complexo de cor vermelha ( $\text{FeSCN}^{2+}$ ) próximo ao ponto final (VIEIRA, et. al. 2017).



O Tiocianato de prata é um componente nocivo se ingerido, em contato com a pele, inalado (Toxicidade aguda, oral, dérmica, inalação), em relação ao meio aquático é muito tóxico, para fauna e flora com efeito duradouro, pois é um material insolúvel. (Silverthiocyanate, 2022).

### 1.3. Prata

Tendo o nome derivado da palavra em latim argentum, a Prata (Ag) é um metal de transição, presente na tabela periódica, que possui elevada condução elétrica e resistência a corrosão. Geralmente é encontrada agregada a minerais de cobre, zinco e ouro. Sendo mais rara de se achar em minerais onde a sua predominância é maior. Muito utilizada na fabricação de espelhos e moedas, em processos odontológicos como amalgama de prata, na produção de jóias e talheres e em fotografia, também é muito utilizada em dispositivos eletrônicos devido a sua alta condutibilidade (FEIO, 2018).

O reaproveitamento de metais é um bom exemplo quando se trata de recuperação de resíduos, principalmente quando trazem benefícios económicos e sociais. Um dos metais na qual há grande interesse em sua recuperação é a Prata, pois além de seu alto valor agregado ela é extremamente prejudicial ao meio ambiente, sobretudo para o meio aquático, onde em sua forma iônica, pode acarretar em um desequilíbrio osmorregulatório em peixes e crustáceos. Nos humanos sua ingestão pode causar manchas na pele, além de problemas nos rins e fígado devido a alteração do sistema circulatório (ADRIANA, et. al. 2014; PEDROSO, 2006).

## 2 METODOLOGIA

Neste item está descrito todos os reagentes, materiais e procedimentos utilizados para essa análise, Imagem 1 apresenta o fluxograma do método, sendo o método baseado no artigo de Ligia Cleia (2009).

### 2.1. MATERIAIS

As principais vidrarias, equipamentos e materiais utilizados, foram: Béqueres, Bagueta, Bureta, Erlenmeyer, Vidro relógio, Balões volumétricos, Tubos de ensaio, Proveta, Termômetro, Papel de filtro qualitativo, Chapa de aquecimento, Banho-maria, Centrifuga, Balança analítica, Bomba de filtração, Estufa e Capela. Os reagentes utilizados durante a análise estão representados na Tabela 1.

**Tabela 1:** reagentes utilizados durante o procedimento

Reagentes	Molaridade (mol.L <sup>-1</sup> )	Fórmula	Marca
<b>Cloreto de Sódio</b>	1 mol.L <sup>-1</sup>	NaCl	Lojasynth
<b>Hidróxido de Sódio</b>	1 mol.L <sup>-1</sup> 3 mol.L <sup>-1</sup>	NaOH	Labimport
<b>Ácido Nítrico</b>	8 mol.L <sup>-1</sup>	HNO <sub>3</sub>	Glasslab
<b>Dextrose</b>	-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Lojasynth
<b>Cromato de potássio</b>	-	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Biomedh

#### 2.1.1. Tratamento dos resíduos de AgSCN

Recolheu-se os resíduos de AgSCN que são gerados após as aulas acerca do método de Volhard onde realizou-se uma lavagem com água destilada, filtração e os resíduos foram mantidos em uma estufa a 100°C por 24 horas.

#### 2.1.2. Conversão dos precipitados de AgSCN em AgCl

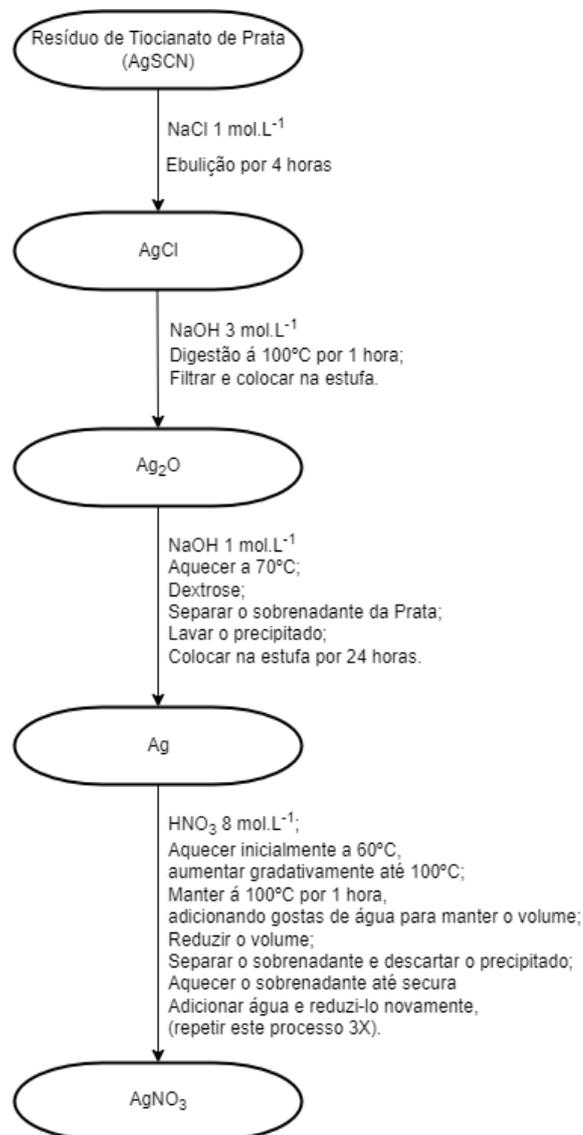
Sobre o precipitado filtrado e seco, adicionou-se 2mL da solução de Cloreto de Sódio (NaCl) 1 mol.L<sup>-1</sup> para cada 0,5g do resíduo. O sistema foi mantido num período de aproximadamente 4 horas em aquecimento com a temperatura aproximada de 70°C, com a reposição constante do volume utilizando-se água destilada. Ao fim do aquecimento obteve-se Cloreto de Prata (AgCl).

#### 2.1.3. Conversão de AgCl em Ag<sub>2</sub>O

Após a filtração e secagem do precipitado de AgCl, adicionou-se 12,5mL de Hidróxido de Sódio (NaOH) 3 mol. L<sup>-1</sup> para cada 0,5g de AgCl, mantendo-se por 1 hora em aquecimento com uma temperatura aproximada de 100°C, permanecendo sob agitação constante e com a reposição do

volume com NaOH 3 mol. L<sup>-1</sup>. Obteve-se Oxido de Prata (Ag<sub>2</sub>O).

**Imagem 1:** Fluxograma da metodologia.



#### 2.1.4. Conversão de Ag<sub>2</sub>O em Ag

Logo após a filtração e a secagem do Ag<sub>2</sub>O, adicionou-se uma quantidade suficiente de NaOH 1 mol. L<sup>-1</sup> para triplicar o volume do Ag<sub>2</sub>O, aquecendo-o a 70°C, adicionando-se 2 gramas de dextrose para cada 20mL de NaOH 1 mol. L<sup>-1</sup>, permanecendo sob agitação constante por um período mínimo de 30 minutos. Após o aquecimento lavou-se com água destilada gelada por várias vezes até apresentar um aspecto límpido, utilizando uma centrifuga para a realização da lavagem. Colocou-se na estufa para uma secagem de 24 horas a 100°C.

#### 2.1.5. Conversão do Ag em AgNO<sub>3</sub>

Adicionou-se à Ag seca, Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>) 8 mol. L<sup>-1</sup> em uma quantidade suficiente

para cobrir o precipitado, aquecendo-o em banho maria inicialmente em 60°C aumentando gradativamente a temperatura até 100°C, mantendo o volume com gotas de água destilada por 1 hora. Ao se observar a permanência de algum precipitado, ele era separado do sobrenadante. Já o sobrenadante deve ser aquecido a 100°C, a fim de reduzir o volume da solução. Após a redução do volume, a solução permaneceu em repouso para resfriar. Acrescentava-se água e novamente era colocado para aquecer a 80°C, repetindo-se este processo por 3 vezes para eliminar por completo todas as contaminações de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) absorvidas no nitrato de prata. Após a lavagem, coloca-se para secar por 24 horas a 50°C.

### 2.1.6. Titulação para definir a pureza do AgNO<sub>3</sub>

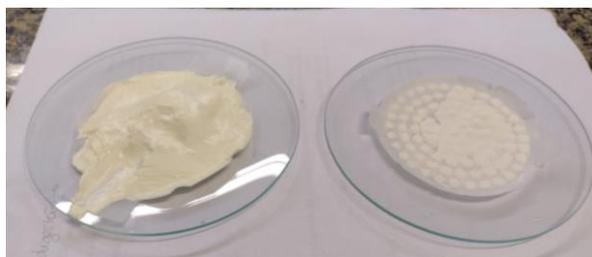
Com o intuito de verificar a pureza do AgNO<sub>3</sub>, deve-se pesar uma massa aproximada de 1g do AgNO<sub>3</sub> recuperado e realizar os cálculos necessários para que seja preparado uma solução de NaCl onde a molaridade da solução seja equivalente à do AgNO<sub>3</sub>. Tendo feito a realização dos cálculos prontos preparou-se 25mL da solução de NaCl, dissolveu-se a massa obtida de AgNO<sub>3</sub> com água destilada e transferiu-se para um balão de 100mL. O agente titulante é a solução de AgNO<sub>3</sub>, e o titulado a solução de NaCl, utilizando 3 gotas do indicador Cromato de potássio (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) a 5%. A titulação deve ser realizada de modo preciso, tomando-se cuidado com o ponto de viragem e a linha do menisco, realizando um mínimo de 4 titulações para se ter uma média mais precisa.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Tratamento dos resíduos de AgSCN

Foi feita a filtração e secagem dos resíduos Tiocianato de Prata (AgSCN), mostrado na Imagem 1, obtendo 6,6094g de AgSCN. No qual foi realizado uma análise em triplicata, onde as amostras têm como nome A, B e C, com massas diferentes como mostrado da Tabela 5.

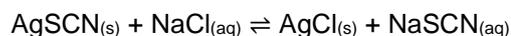
*Imagem 1: AgSCN filtrado e seco.*



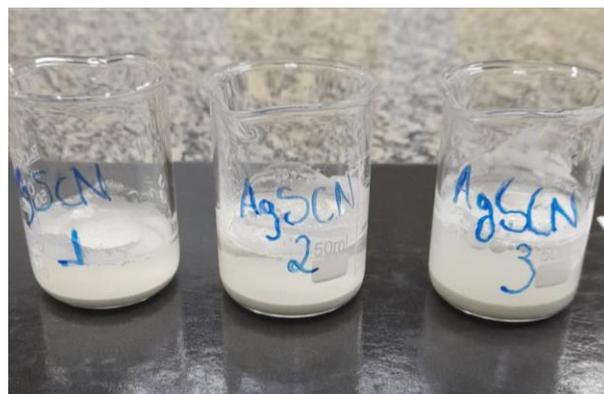
### 3.2. Conversão de AgSCN para AgCl.

Foi adicionado cerca de 2mL de Cloreto de Sódio (NaCl 1 mol.L<sup>-1</sup>) para cada 0,5g de AgSCN, de acordo com a quantidade de cada amostra Imagem 3, aquecendo-o por 4 horas, ocorrendo a conversão onde o AgSCN com a adição de NaCl

tem como produto o Cloreto de Prata (AgCl) e o Tiocianato de Sódio (NaSCN), com a filtragem para ter a retirada do NaSCN em estado líquido na reação, obteve-se o precipitado AgCl (Tabela 2).



*Imagem 2: NaCl 1 mol.L<sup>-1</sup> reagindo com o resíduo de AgSCN.*



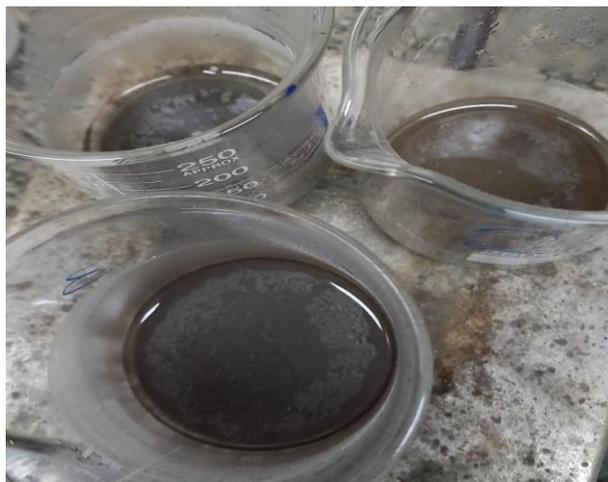
*Tabela 2: Massa obtida de AgCl, após conversão.*

Amostra	Massa em gramas de AgCl
A	0,9258
B	1,4528
C	1,9350

### 3.3. Conversão dos precipitados de AgCl em Ag<sub>2</sub>O

Foi adicionado cerca de 12,5mL de NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup> para 0,5g do precipitado, manteve-se em aquecimento por 1 hora (Imagem 3). A conversão feita com Hidróxido de Sódio (NaOH) tem como produto o Oxido de Sódio (Ag<sub>2</sub>O), NaCl e água, foi feita a filtração e lavagem com água destilada para a retirada da água e NaCl, após temos como obtenção Ag<sub>2</sub>O precipitado (Tabela 3).



**Imagem 3:** AgCl em aquecimento com NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup>.**Imagem 4:** Prata metálica após lavagem.**Tabela 3:** Massa obtida de Ag<sub>2</sub>O, após conversão.

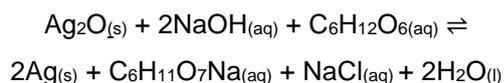
Amostra	Massa em gramas de Ag <sub>2</sub> O
A	0,4862
B	0,7858
C	1,2005

**Tabela 4:** Massa obtida de Ag, após conversão.

Amostra	Massa em grama da Prata Metálica
A	0,4441
B	0,7259
C	1,0861

### 3.4. Conversão de Ag<sub>2</sub>O em Ag.

Ao precipitado de Ag<sub>2</sub>O, adicionou-se 6ml de NaOH 1 mol.l<sup>-1</sup> em cada amostra, após foi adicionado Dextrose sendo 2g de dextrose para cada 20ml de NaOH 1 mol.l<sup>-1</sup>. Foi levado ao banho-maria para ser aquecido com maior controle de temperatura por aproximadamente 1 hora e 30 minutos. Foi lavado várias vezes com água destilada gelada para a retirada dos resíduos de Glucose de Sódio formada na reação, usou-se a centrífuga para maior precisão para retirada do sobrenadante conforme a (Imagem 5). Tendo como produto nesta conversão a Prata metálica (Ag) (Tabela 4), a C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>O<sub>7</sub>Na e água.



### 3.5. Conversão de Ag em AgNO<sub>3</sub>

A Prata Metálica seca adicionamos aproximadamente 2mL de HNO<sub>3</sub> 8 mol.L<sup>-1</sup> suficiente para cobrir a amostra, colocamos para aquecer em banho-maria a 60°C inicialmente, aumentamos a temperatura gradativamente até 100°C, adicionando água destilada para manter o volume por aproximadamente 1 hora.

Foi observado a aparição de um precipitado preto e gelatinoso, hipoteticamente pode ser um subproduto ainda restante do Tiocianato de Prata ou alguma substância que não tenha reagido nos processos, tendo sua aparição agora na conversão de Prata Metálica para Nitrato de Prata, para a continuação da metodologia separamos o sobrenadante do precipitado e o aquecemos até secura total obtendo o AgNO<sub>3</sub>, Imagem 5. Foi feita algumas lavagens após para limpeza de possíveis contaminações de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) que é um produto da conversão feita a partir do Acido Nítrico (HNO<sub>3</sub>).

**Imagem 5:** Nitrato de Prata.

Obeve-se no total 2,8190g de  $\text{AgNO}_3$ , descrito com detalhes na Tabela 2. Calculou-se o rendimento obtido a partir da Fórmula 2, calculando o valor teórico do Nitrato de Prata a partir da Fórmula 1, tendo os resultados mostrados na Tabela 2. Justificou-se os valores do rendimento, aos processos que, em razão do tempo disponível para a prática, onde adaptou-se algumas etapas fracionando o tempo de aquecimento. Outro fator determinante do rendimento, foi a perda de massa nas transferências de vidrarias, mesmo sendo feitas de forma quantitativa.

$$\text{Valor teórico}_{\text{AgNO}_3} = \frac{m_{\text{AgSCN}} \times \text{MM}_{\text{AgNO}_3}}{\text{MM}_{\text{AgSCN}}}$$

**Fórmula 1:** Cálculo do valor teórico de  $\text{AgNO}_3$ .

$$\text{Rendimento}_{\text{AgNO}_3} \text{ em } \% = \frac{m_{\text{AgNO}_3} \times 100}{\text{Valor teórico}_{\text{AgNO}_3}}$$

**Fórmula 2:** Cálculo do rendimento do  $\text{AgNO}_3$ .

**Tabela 5:** Resultados e massas iniciais e finais da análise.

Amostra	Massa de AgSCN (g)	Massa do $\text{AgNO}_3$ (g)	Massa Teórica de $\text{AgNO}_3$ (g)	Rendimento do $\text{AgNO}_3$ (%)
A	1,0080	0,6625	0,6900	96,01
B	1,5000	0,9399	1,4275	65,84
C	1,9974	1,2166	1,7000	71,56

### 3.6. Titulação para definir a pureza do $\text{AgNO}_3$

Para análise da pureza do  $\text{AgNO}_3$ , inicialmente foram aferidas as vidrarias a fim de determinar com exatidão o volume titulado, a partir da Fórmula 3 que demonstra o cálculo do fator de correção. Utilizou-se o método de MORH que consiste na formação de um precipitado, ao reagir o titulante com o titulado e no ponto final forma-se outro precipitado de coloração diferente, na presença de um indicador. Geralmente utilizada na determinação de cloretos, foi preparado em 25mL o Cloreto de Sódio ( $\text{NaCl}$ ), um padrão primário, a  $0,07173\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

A concentração foi preparada considerando que a cada 1mL teríamos 0,0007271 mols, tendo que estequiométricamente equivale 1:1, conforme a Fórmula 4, é possível descobrir a concentração do  $\text{AgNO}_3$ .

$$F(C) = \frac{V_{\text{Real}}}{V_{\text{Teórico}}} \times M_{\text{Teórico}}$$

**Fórmula 3:** Cálculo do Fator de Correção  $F(C)$

$$M_{\text{NaCl}} = M_{\text{AgNO}_3}$$

**Fórmula 4:** Equivalência estequiométrica do  $\text{NaCl}$  e  $\text{AgNO}_3$ .

Preparou-se 3 soluções com o volume de 100mL de  $\text{AgNO}_3$  a partir de suas respectivas massas. Posteriormente, foi feito os cálculos de concentração teórica (valores na Tabela 3), conforme mostra a Fórmula 5 e com isso foi possível prever o ponto de viragem, confirmando que a concentração do titulado era adequada para análise. Para identificação do ponto de viragem, adicionou-se 3 gotas de Cromato de Potássio PA, que ao ser consumido toda o  $\text{NaCl}$ , apresenta uma coloração avermelhada devido a formação de Cromato de prata, Imagem 7.

$$M_{(\text{AgNO}_3 \text{ teórico})} = \frac{n_{(\text{NaCl})}}{V_{(\text{AgNO}_3 \text{ em L})}}$$

**Fórmula 5:** Cálculo para previsão do ponto de viragem.

$$M_{(\text{AgNO}_3 \text{ real})} = \frac{n_{(\text{NaCl})}}{V_{(\text{AgNO}_3 \text{ em L})}}$$

**Fórmula 6:** Determinação de volume e concentração a partir do número de mols.

Após as titulações, utilizou-se novamente a Fórmula 6, para obter os resultados de concentração real, que estão indicados na Tabela 3. Com a concentração teórica e real, foi calculado o teor de pureza de cada uma das amostras, também já indicado na Tabela 3, através da Fórmula 7.

**Imagem 6:** Titulação do  $\text{AgNO}_3$ .



$$\% = \frac{M_{(\text{AgNO}_3 \text{ real})} \times 100}{M_{(\text{AgNO}_3 \text{ teórico})}}$$

**Fórmula 7:** Cálculo da Pureza do  $\text{AgNO}_3$ .

Indica-se na Tabela 3 o valor da concentração real e teor de pureza, calculada a partir da concentração média encontrada em cada solução. Na Tabela 3, está apresentada o erro relativo de todas as amostras., calculado a partir da Fórmula 8.

$$\text{Desvio padrão} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x^-)^2}{n - 1}}$$

**Fórmula 8:** Cálculo do Desvio padrão.

**Tabela 3:** Concentração, Pureza do  $\text{AgNO}_3$  e Desvio relativo.

Amostra	Concentração teórica do $\text{AgNO}_3$ ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	Concentração real do $\text{AgNO}_3$ ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	Teor de Pureza (%)	Desvio padrão (%)
A	0,0389	0,0335	86	0,0009
B	0,0551	0,0450	81	0,0001
C	0,0714	0,0649	90	0,00002

### 3.7. COMPARAÇÃO DE CUSTOS

A fim de comparar os gastos, foi calculado e relacionado com nossos valores os valores, quantidades e possível degradação do meio ambiente com os reagentes utilizados. Sendo assim, foi decidido o cálculo da energia gasta (Tabela 4) e na compra de reagentes proporcionalmente com o nosso uso (Tabela 5).

Comparando os gastos gerais que foram cálculos ao longo de toda a prática com valores obtidos em sites que vendem  $\text{AgNO}_3$ , pode-se observar que os gastos com reagentes e os gastos com energia possuem um valor de aproximadamente 6 vezes menor do que caso fosse comprado a mesma quantidade de massa recuperada de  $\text{AgNO}_3$ .

**Tabela 4:** Preço por kWh (sendo R\$9,795 para 100kWh).

Equipamento	$\Delta T$	kWh	Preço R\$
Chapa de aquecimento	5	2,75	$26.10^{-2}$
Banho-maria	9,5	5,50	$53.10^{-2}$
Estufa	96	0,27	$2.10^{-2}$
Bomba a Vácuo	1	0,00018	$17,63.10^{-6}$
Balança analítica	1	0,008	$78,36.10^{-5}$
Centrifuga	0,5	0,04	$39,18.10^{-4}$
<b>Total:</b>	-	-	$81.10^{-2}$

Fonte: GEHAKA (2022), GLASSLAB (2022), NOVATECNICA (2022) e PRISMATEC (2022).

**Tabela 5:** Preço dos reagentes proporcional com o nosso uso.

Reagente	Quantidade e utilizada	Preço R\$	Marca
Hidróxido de sódio (micro perolado)	16g	0,87	Labimport
Cloreto de Sódio	5,8444g	0,21	Lojasynth
Ácido Nítrico 65%	25,8mL	1,73	Glasslab
Dextrose	1,8g	0,12	Lojasynth
Cromato de Potássio	1,8mL	0,07	Biomedh
<b>Total:</b>	-	3,00	-

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo realizado a metodologia por completo, visando a redução de gastos e o tratamento de resíduos, pode se comprovar a eficácia do método na recuperação do  $\text{AgNO}_3$  a partir dos resíduos de  $\text{AgSCN}$ , onde após o processo de titulação, realizou-se os cálculos para a determinação da pureza do  $\text{AgNO}_3$ , obtendo-se um teor acima de 80% em cada amostra, sendo um valor consideravelmente satisfatório.

Sabendo que a mesma quantidade de  $\text{AgNO}_3$  que foi recuperado, com uma pureza semelhante a que obtivemos está num valor aproximado de R\$25,93, deve-se levar em consideração a realização do método com a finalidade de redução de custos dentro da instituição, já que levando em consideração a soma total de nossos gastos com reagentes e energia elétrica está em torno de R\$ 3,81, a escola teria em média um valor de economia aproximado de R\$ 22,12 para cada 2,81 gramas de  $\text{AgNO}_3$  recuperados.

Mediante o exposto, o grupo tem por conclusão que após uma análise profunda acerca das quantidades gastas dos reagentes e dos gastos de energia, o processo na recuperação do Nitrato de prata a partir de resíduos de Tiocianato de Prata, pode ser levado em consideração para ser aplicado dentro da instituição, por ter se obtido resultados satisfatórios quanto a massa e a pureza do  $\text{AgNO}_3$  recuperado ao término de todo o procedimento.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a todo o corpo docente da instituição ETEC Irmã Agostina pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho, em especial os professores da disciplina de DTCC, Thais Taciano e Fabio Rizzo de Aguiar que ajudou no desenvolvimento do TCC, a professora Elizabel Cristina Silva Osmundo, o professor Alexandre De Jesus Barros e a bibliotecária Adriana Machado Da Silva pela atenção e carinho quanto nossas procuras pela literatura, ao nosso orientador Klauss Engelmann que nos apoiou e acreditou no nosso trabalho com paciência. E pôr fim aos amigos e familiares por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

BOFF, L.: *Princípio de Compaixão e Cuidados*. Ed. Vozes: Petrópolis. 2001.

FEIO, Stefanie Cecília Passinho. Et al. **Panorama nacional da prata entre 2010 e 2014**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 09, Vol. 08, pp. 38-46 Setembro de 2018. ISSN:2448-0959

FISPIQ- Ficha de segurança de produtos químicos- **Pubchem, GLASSLAB –Inovação e compromisso**, Acessado em 29 de novembro, 2022. Disponível em:

[https://www.glasslab.com.br/equipamentos/centrifuga/centrifuga-analogica-12-tubos-de-15-ml-angulo-fixo-velocidade-4000rpm-80-2b?gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoUxuQN\\_dOq13xMrQ9xLh1RckbSYAqRgIIovzEISVO4iQKVu1OuRf2AsaAv3KEALw\\_wcB](https://www.glasslab.com.br/equipamentos/centrifuga/centrifuga-analogica-12-tubos-de-15-ml-angulo-fixo-velocidade-4000rpm-80-2b?gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoUxuQN_dOq13xMrQ9xLh1RckbSYAqRgIIovzEISVO4iQKVu1OuRf2AsaAv3KEALw_wcB)

LAUDEANO, Anna Carolina Galli, DAL BOSCO, Tatiana Cristina, PRATES, Kátia Valéria Marques **Proposta de gerenciamento de resíduos químicos para laboratórios de instituições de ensino médio e técnico**. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-008.pdf>

**Nova Técnica – Equipamento para laboratórios**, Acessado em 29 de novembro, 2022. Disponível: <https://novatecnica.com.br/>  
PRADO, Alexandre G. S. **Química verde, os desafios da química do novo milênio**. Química Nova [online]. 2003, v. 26, n. 5 [Acessado 27 Novembro 2022], pp. 738-744. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/S010040422003000500018>>.

ROSENBROCK Casas, Ligia Cleia, **Recuperação de prata e cromo dos resíduos gerados nos experimentos de titulações argentimétricas**, universidade federal de Santa Catarina centro de ciências físicas e matemáticas departamento de química, sc,2009).

SANTOS, Adriana Paula Batista, Fernandes, CLARISSA Grazianne Barbosa, SANTOS, Anne Gabriella Dia, SOUZA, Luiz Di **Recuperação de Prata e Cromo de resíduos líquidos provenientes de análises de cloreto pelo método de Mohr**. Revista Educação Ambiental, 2014 [ONLINE] n° 50 Acessado em 27 de novembro, 2022. Disponível em: <https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1930>

**Silverthiocyanate**. Acesso em 19 de novembro, 2022. Disponível em : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1701-93-5>

STEINBACH, Juliana Neves **Recuperação da prata de circuito flexível impresso** Dissertação de mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/212234>

Vieira, Bárbara Helena S. et al. SUBSTITUIÇÃO DO NITROBENZENO PELO ÓLEO DE SOJA COMO UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO MÉTODO DE VOLHARD EM ANÁLISE QUANTITATIVA. Química Nova [online]. 2017, v. 40, n. 9 [Acessado 14 Dezembro 2022], pp. 1130-1135. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170090>>.

ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170090>. PEDROSO, Mariana Saia. **Limiares e mecanismo de toxicidade aguda da prata no Copépode eurialino Acartia tonsa**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Animal Comparada)-Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/handle/1/196?show=ful>

|