



ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA BILLINGS: UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS E MARCHA ANALÍTICA

Emanuely Gomes Nakaya
Emily Beatriz Melo Amorim
Giullya Hosana Gonçalves Dantas
Julia Pereira de Souza
Laysla da Silva Salamão
Maria Clara de Souza Marques
Orientadora: Thais Taciano dos Santos
Coorientador: Dr. Alexandre de Jesus Barros

RESUMO

Este presente artigo tem a finalidade de apresentar um estudo de caso, realizado com o intuito de averiguar a qualidade da água da Represa Billings, que é um dos principais reservatórios de água da região metropolitana, mas enfrenta sérios problemas de poluição devido ao bombeamento de águas contaminadas dos rios Tietê e Pinheiros, efluentes industriais e ocupações humanas. Por estes motivos foram realizadas análises através de avaliações de aspectos físico-químicos e marcha analítica, partindo da coleta de amostras que foram realizadas em três ocasiões distintas, com intervalo de um mês entre cada coleta e meticulosamente no mesmo ponto geográfico.

Dentre as análises realizada estão medições de potencial hidrogênionico (pH), densidade, turbidez, teste de Cloro e Oxigênio dissolvido. Os resultados foram apontados, discutidos e logo comparados com a Resolução CONAMA N°357 de 2005 que estabelece padrões de qualidade específicos para cada corpo d'água.

Para a determinação de metais presentes nas amostras decorreu ensaios de marcha analítica em duplicata para cada lote, porém o método foi determinado como ineficaz, pois não apresentou resultados e não ocorreu a identificação de nenhum metal. Este resultado entra em controvérsia com estudos realizados anteriormente por Oliveira (2012) e Rocha (1984), o que desperta a hipótese de que existem meios que interferem na identificação destes íons como a sua baixa concentração e plantas fitorremediadoras.

Palavras-chave: Qualidade da Água. Represa Billings. Testes Físico-Químicos. Marcha Analítica. CONAMA.

ABSTRACT

This article aims to present a case study conducted to investigate the water quality of the Billings Reservoir, one of the main water reservoirs in the metropolitan region, but facing serious pollution problems due to the pumping of contaminated water from the Tietê and Pinheiros rivers, industrial effluents, and human settlements. For these reasons, analyses were carried out through evaluations of physico-chemical aspects and analytical procedures, starting with the collection of samples taken on three different occasions, with one-month intervals between each collection, and meticulously at the same geographic point.

The analyses performed included measurements of hydrogen potential (pH), density, turbidity, chlorine test, and dissolved oxygen. The results were indicated, discussed, and then compared with CONAMA Resolution No. 357 of 2005, which establishes specific quality standards for each water body.

To determine the metals present in the samples, analytical procedure tests were conducted in duplicate for each batch. However, the method was deemed ineffective as it did not yield results and no metals were identified. This result is controversial compared to previous studies by Oliveira (2012) and Rocha (1984), which raises the hypothesis that there are factors interfering with the identification of these ions, such as their low concentration and phytoremediator plants.

Keywords: Water Quality. Billings Reservoir. Physico-Chemical Tests. Analytical Procedures. CONAMA.

¹ Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina
Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil
* juliapereiraa@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As represas são grandes reservatórios de água que tem a finalidade de abastecer a população, seja com água ou até mesmo com energia elétrica, além de minimizar os efeitos de chuvas intensas e inundações, restando parte da água e de forma controlada liberando esse volume.

A cidade de São Paulo é abastecida através de oito sistemas: Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê, Rio Grande, Ribeirão da Estiva, Alto Cotia, Baixo Cotia e Rio Claro, que são formados por diversas represas, sendo a Represa Billings e a Represa Guarapiranga as mais importantes para o abastecimento de água da região metropolitana, em vista da sua proximidade da capital devido a sua grande concentração populacional e as suas áreas de lazer (ALVES, 2010).

A Represa Billings é o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo, grande parte do seu território fica localizada em Rio Grande da Serra, mas se estende e abrange parcialmente os municípios de São Bernardo do Campo, Diadema, Ribeirão Pires, Santo André e São Paulo. A bacia hidrográfica da Billings é dividida em braços, sub-regiões e sub-bacias. A represa está dividida em 8 unidades de braços: braço do Rio Grande, Braço do Rio Pequeno, Braço do Capivari, Braço do Rio Pedra Branca, Braço do Taquacetuba, Braço do Bororé, Braço do Cocaia e Braço do Alvarenga. As sub-regiões são subdivisões dos braços da represa, tendo o total de 11 sub-regiões: Corpo central, Alvarenga, Bororé, Rio Grande, Rio Pequeno e Taquacetuba, as sub-regiões estão subdivididas em unidades menores, as 153 sub-bacias (CAPOBIANCO, 2002).

Na década de 1940, para aumentar a vazão e a geração de energia, realizaram obras para desviar parte das águas do Rio Tietê para a Represa Billings, na qual foi bem sucedida e serviu também para controle de enchentes e o afastamento de esgotos, porém, com o crescimento populacional gradativo, houve um aumento na geração de resíduos, efluentes e esgotos que não eram tratados e nem coletados, com isso, intensificou a poluição do Rio Tietê e seus afluentes e conseqüentemente a qualidade da água da Represa Billings (REPRESA BILLINGS, 2021).

Atualmente, a qualidade da água está bastante comprometida devido aos anos de bombeamento das águas dos Rios Tietê e Pinheiros, efluentes industriais e a ocupação humana em torno da sua bacia hidrográfica. Em diferentes pontos da represa, a água sofre com eutrofizações, a presença de microrganismos patogênicos e a contaminação por algas tóxicas e metais pesados como cádmio, cobre, chumbo, zinco e mercúrio (CAPOBIANCO, 2002; ROCHA, 1985). O Biosistema da Represa Billings está continuamente exteriorizado a uma grande escala de substâncias químicas estranhas ao organismo humano que geram grandes passivos, entretanto existem pessoas que utilizam a represa para consumo próprio e para geração de renda (CARDOSO, 2014).

As atividades de pesca no Brasil assim como a agricultura tem grande força e uma grande

concentração de praticantes, porém a pesca e o cultivo de alimentos contaminados podem causar grandes danos a saúde humana. A presença de metais pesados em um corpo d'água podem afetar os seres que ali habitam, podem ser tóxicos ao organismo ou podem ser bio acumulativos. Segundo um estudo realizado por Oliveira (2012), dentre as principais espécies de peixe utilizados para consumo que ainda fazem parte da vida marinha da represa Billings, todos estavam contaminados e os níveis de metais pesados presentes não acomodam o limite e as normas estipuladas pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

O CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), criado pela Lei 6.938/81 que tem a finalidade de estabelecer normas, critérios e padrões de qualidade que devem ser seguidos pelas empresas a nível nacional para a gestão ambiental, além de avaliar a execução da política e normas ambientais do Brasil, estabelecendo sistemas de indicadores (PORTARIA DO CONAMA, 2023).

A Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 dispõe a classificação de corpos d'água, águas doces, salobras e salgada, estabelece parâmetros, condições e padrões específicos a fim de garantir a qualidade da água e preservar a vida aquática, além disso, estabelece condições e padrões para o descarte de efluentes visando controlar os lançamentos de poluentes (BRASIL, 2005).

A possibilidade de que a água da represa Billings esteja contaminada por metais pesados é motivo de grande preocupação, uma vez que esses contaminantes podem exceder os limites físico-químicos permitidos. Alguns metais pesados são essenciais para o organismo e o metabolismo humano, entretanto tornam-se tóxicos a saúde humana em grandes quantidades, podendo se espalhar pelo organismo atingindo vários órgãos causando problemas respiratórios, doenças renais crônicas e até mesmo câncer (DE PAULA, 2006).

Com base nessas problemáticas, será realizado um estudo de caso investigativo com o intuito de averiguar e analisar a qualidade da água, seguindo as diretrizes nacionais. Esse estudo avaliará a presença de metais pesados poluentes, bem como a qualidade físico-química da água da represa, com a hipótese de que pode haver irregularidades nas condições estabelecidas pelo CONAMA, portanto o objetivo deste trabalho é recolher amostras de água da represa Billings e, averiguar sua qualidade de acordo com os métodos mencionados, comparando os resultados obtidos com a qualidade padrão prevista pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente.

2. METODOLOGIA

Nesta seção, encontram-se descritos os equipamentos, materiais, reagentes e os procedimentos que foram utilizados para a realização deste trabalho.

2.1. MATERIAIS

Para o desenvolvimento do trabalho os

equipamentos utilizados foram: centrífuga, balança analítica, turbidímetro, estufa de secagem, ph-metro, picnômetros, geladeira, banho-maria, chapa de aquecimento, bomba a vácuo, béqueres, provetas, espátulas, pinças de madeira, pinças de metal, termômetro, funil simples, funil de Büncher, funil de Büncher com placa porosa, papel de filtro, papel tornassol, tubos de ensaio, pipetas Pasteur, bico de Bunsen.

Na tabela 1, serão descritos os reagentes utilizados, juntamente com suas fórmulas moleculares.

Tabela 1: Reagentes com suas respectivas fórmulas moleculares.

| Reagentes | Fórmula molecular |
|--------------------------|---|
| Acetato de Sódio | H ₃ CCOONa |
| Ácido Acético | CH ₃ COOH |
| Ácido Clorídrico | HCl |
| Ácido Nítrico | HNO ₃ |
| Água Régia | - |
| Bismutato de Sódio | NaBiO ₃ |
| Carbonato de Amônio | (NH ₄) ₂ CO ₃ |
| Cloreto de Amônio | NH ₄ Cl |
| Cloreto de Estanho II | SnCl ₂ |
| Cromato de Potássio | K ₂ CrO ₄ |
| Dimetilglioxima (DMG) | C ₄ H ₈ N ₂ O ₂ |
| Estanito de Potássio | K ₂ [Sn(OH) ₄] |
| Ferrocianeto de Potássio | K ₄ [Fe(CN) ₆] |
| Fluoreto de Sódio | NaF |
| Glicerina | C ₃ H ₈ O ₃ |
| Hidróxido de Amônio | NH ₄ OH |
| Hidróxido de Potássio | KOH |
| Hidróxido de Sódio | NaOH |
| Nitrato de Amônio | NH ₄ NO ₃ |
| Nitrato de Bário | Ba(NO ₃) ₂ |
| Oxalato de Amônio | (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ |
| Peróxido de Hidrogenio | H ₂ O ₂ |
| Sulfato de Amônio | (NH ₄) ₂ SO ₄ |
| Sulfeto de Amônio | (NH ₄) ₂ S |
| Tiocianato de Amônio | NH ₄ SCN |
| Tioacetamida | C ₂ H ₅ NS |

2.2. MÉTODOS

2.3. Coleta da Água

Para a realização das análises da água da Represa Billings, procedeu-se à coleta das amostras em três ocasiões distintas, com intervalo de um mês entre cada coleta. Estas amostras foram então agrupadas em lotes identificados como lote 1, lote 2

e lote 3.

A coleta foi meticulosamente conduzida no mesmo ponto geográfico em todos os lotes distintos, localizado nas proximidades da Estrada do Alvarenga, a uma distância aproximada de 50 metros do término da Rua Francesco Borosini.

A amostra de água foi coletada no local mencionado utilizando uma garrafa PET de um litro, posteriormente transportada para a unidade de ensino e armazenada em uma geladeira durante o período de análise.

2.4. Testes Físicos-Químicos

2.4.1. Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico, ou pH, foi medido utilizando um pH-metro, modelo PG1800 fabricado pela Gehaka. As análises foram realizadas em triplicata nos três lotes, utilizando para calibração do equipamento soluções tampões de pH 4,01 e 7,01, em conjunto foi realizado a análise da temperatura, uma vez que este fator tem um efeito direto sobre o pH.

Antes da análise, o equipamento foi devidamente calibrado e a membrana de vidro foi lavada com água destilada antes e depois de cada medição.

2.4.2. Densidade

A densidade da amostra foi determinada por meio do método do picnômetro, o qual envolve a relação entre massa e volume.

Foram empregados picnômetros de dois volumes distintos, 25 mL e 50 mL, técnica a qual foi conduzida em triplicata para cada amostra em ambos os volumes.

Para realizar a determinação da densidade, os volumes dos picnômetros foram preenchidos com água, que possui densidade igual a 1 g/cm³, e então foi realizada a pesagem. Essa técnica foi empregada para aferir o volume do equipamento. Os mesmos procedimentos utilizados para a aferição foram aplicados à amostra.

Para calcular a densidade, é necessário determinar a massa da amostra, obtida pela diferença entre a massa do picnômetro com a amostra e a massa do picnômetro vazio.

$$m_{amostra} = m_{picnometro+amostra} - m_{picnometro} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Em seguida, realiza-se uma relação entre a massa (m) e o volume (V) para identificar a densidade (d).

$$d = \frac{m}{V}$$

(Fórmula 2)

2.4.3. Turbidez

A turbidez, que indica a presença de materiais orgânicos e inorgânicos não dissolvidos, foram medidas em triplicata utilizando um turbidímetro fabricado por 'Ms TecnoPON Equipamentos Especiais' de modelo TB-1000. Antes das análises, o equipamento foi devidamente calibrado conforme

as especificações do fabricante e do modelo, utilizando soluções referenciais de turbidez 8 NTU e 80 NTU.

2.4.4. Teste Oxigênio Dissolvido

O teste visou medir o teor de oxigênio na água, sendo expresso em ppm (partes por milhão), com uma escala de 0,0 ppm a 11,0 ppm. Os testes foram realizados em triplicata nos três lotes, utilizando o kit Labcon Test.

O kit contém um frasco com tampa e três reagentes. Para realizar o teste, coletou-se um volume da amostra e adicionou-se ao frasco. Foram adicionadas 4 gotas do primeiro reagente, composto por sulfato manganoso e água destilada, e o frasco foi agitado. Em seguida, foram adicionadas 4 gotas do segundo reagente, composto por hidróxido de sódio, iodeto de potássio e água destilada, e o frasco foi novamente agitado. Por fim, adicionaram-se 4 gotas do terceiro reagente, composto por ácido sulfúrico e água destilada, e o frasco foi agitado. Após 5 minutos, a cor resultante foi comparada com a escala de cores.

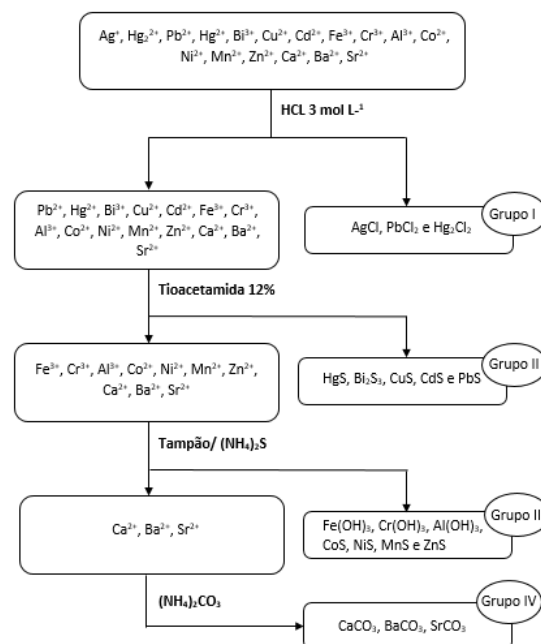
2.4.5. Teste de Cloro

O teste de cloro mede os níveis de cloro na água, expressos em miligramas por litro (mg/L), com uma escala de 0,5 mg/L a 5,0 mg/L. Valores de 0,5 mg/L indicam uma concentração baixa de cloro, enquanto 5,0 mg/L representam uma concentração alta. Os testes foram realizados em triplicata nos três lotes, utilizando o kit da Bio Análise.

O kit contém uma célula comparadora com escala de cores e um reagente, composto por uma solução de dicloridrato de orto-tolidina a 0,05%. Para realizar o teste, coletou-se um pequeno volume da amostra e adicionou-se à célula comparadora. Em seguida, foram adicionadas 4 gotas do reagente, a célula comparadora foi tampada e agitada, e a cor resultante foi comparada com a escala de cores.

2.5. Marcha Analítica

Figura 1: Fluxograma da Marcha Analítica com os seus respectivos grupos e cátions pertencentes



Fonte: Adaptado de VOGEL, 1981

2.5.1. Preparo da Amostra

Para realizar a etapa da marcha analítica em nossa metodologia de análises, foi necessário que a amostra passasse por processos distintos dos testes físico-químicos, visto que alguns fatores poderiam influenciar os resultados obtidos. Dessa forma, foi realizada a filtração e a concentração da amostra para que pudéssemos obter melhores resultados durante a análise e confirmação de metais presentes nas amostras.

2.5.2. Filtração

Durante as análises da amostra de água coletada, tornou-se imprescindível realizar filtrações para aprimorar as condições físicas da amostra para as análises subsequentes. Dessa forma, foram realizados diferentes tipos de filtração.

2.5.2.1. Filtração Simples

A filtração simples, método utilizado para a filtração do lote 1, foi realizada utilizando um funil de vidro e um papel filtro dobrado no modelo plissado, permitindo a separação fluida das impurezas sólidas.

2.5.2.2. Filtração a Vácuo

O método de filtração utilizando a bomba a vácuo é vantajoso, pois emprega a pressão para a sucção da parte líquida da amostra, extraíndo, assim, as impurezas sólidas. Para realizar essa filtração, foi necessário utilizar dois tipos diferentes de elementos filtrantes para as amostras dos lotes 1, 2 e 3.

Para a filtração da amostra do lote 1, utilizou-se a lã de vidro acoplada a um funil de Büchner. Já para a filtração das amostras dos lotes 2 e 3, foi necessário empregar um funil de Büchner com placa porosa.

2.5.3. Concentração da Amostra

Devido as restrições do método da marcha analítica para identificar os metais em pequenas concentrações, foi realizado a redução da amostra em banho-maria a 80°C por tempo indeterminado, visto que o objetivo do método foi

umentar a concentração e diminuir o volume da água, que inicialmente era de um volume aproximado de 500 ml e reduziu para uma quantidade de aproximadamente 10 ml.

2.5.4. Separação dos Grupos

Com 2ml da amostra foi realizado a separação dos grupos adicionando o reagente precipitante de seu respectivo grupo, o precipitado foi separado e armazenado para posterior identificação dos cátions.

2.5.5. Grupo I

No grupo I que foi armazenado, foi adicionado 15 gotas de água destilada, agitou-se o tubo para descompactar o precipitado do fundo e foi aquecido no bico de Bunsen durante 2 minutos. Após o aquecimento, o tubo foi colocado na centrífuga durante 30 segundos e o sobrenadante foi separado e guardado. O procedimento foi repetido com o precipitado, e o sobrenadante foi juntado com o sobrenadante guardado anteriormente.

No sobrenadante foi adicionado 1 gota da solução de ácido acético 3 mol L⁻¹ e 1 gota de K₂CrO₄ 0,5 mol L⁻¹. Esperou-se a formação de um precipitado amarelo para a confirmação da presença de íons Pb²⁺.

O precipitado poderia conter AgCl e Hg₂Cl₂, então, o mesmo foi alcalinizado com 8 gotas de NH₄OH 6 mol L⁻¹, agitou-se o tubo e foi levado para a centrífuga. Obteve-se um novo precipitado e um novo sobrenadante, o precipitado poderia conter Hg⁰, Hg₂O e HgNH₂Cl portanto espera-se que a princípio apresente uma coloração cinza e em seguida uma coloração preta, assim confirma-se a presença de íons Hg₂²⁺. O sobrenadante poderia conter [Ag(NH₃)₂]⁺, portanto foi adicionado gota a gota de HNO₃ 3 mol L⁻¹ em meio a agitação do tubo até que o meio se torna-se ácido, foi feita a verificação através do papel tonassol, espera-se a formação de um precipitado branco para confirmar a presença de íons Ag⁺.

2.5.6. Grupo II

No grupo II que foi armazenado, foi adicionado 8 gotas de HNO₃ 3 mol L⁻¹ e foi levado para o aquecimento em bico de Bunsen durante 2 minutos com agitação. Logo após o aquecimento foi adicionado 5 gotas de água destilada e o tubo foi levado para a centrífuga, e logo depois o sobrenadante foi separado e guardado. O procedimento foi repetido com o precipitado e o sobrenadante foi separado e juntado com o sobrenadante guardado anteriormente.

No precipitado, poderia conter HgS, Hg(NO₃)₂.2HgS e S, então foram adicionados 8 gotas da solução de Água Régia e foi aquecido em banho com água fervente até a completa dissolução do precipitado. O tubo foi centrifugado para remover qualquer resíduo de enxofre e logo após, foi resfriado e adicionado 6 gotas de SnCl₂ 0,5 mol L⁻¹, espera-se a formação de um precipitado branco que confirmará a presença de Hg²⁺.

No sobrenadante, realizamos o aquecimento em bico de Bunsen até que o volume ficasse em torno de 8 gotas, após o tubo esfriar, foi adicionado

gota a gota de NH₄OH 6 mol L⁻¹ sob agitação até a solução ficar alcalina, caracterizada pelo aparecimento de uma coloração azul e o turvamento da solução, confirmamos com o papel tornassol e adicionamos mais 10 gotas em excesso e o tubo foi levado à centrífuga, e o sobrenadante obtido foi separado e guardado.

Com o precipitado obtido, foi realizado a lavagem adicionando 5 gotas de NH₄OH 6 mol L⁻¹ e 5 gotas de água destilada, o tubo foi agitado para descompactar o precipitado do fundo e levado para a centrífuga, e o sobrenadante foi transferido para o sobrenadante guardado anteriormente. Foi feita mais uma lavagem com 8 gotas de água destilada, o tubo foi levado à centrífuga e após a centrifugação, o sobrenadante foi retirado e descartado.

Com o precipitado lavado, foi adicionado 10 gotas de KOH 6 mol L⁻¹ e agitou-se o tubo que foi levado para o banho maria durante 5 minutos, depois do aquecimento, o tubo foi levado à centrífuga e o sobrenadante e o precipitado obtidos foram separados e guardados. O procedimento anterior foi repetido com o precipitado, e o sobrenadante foi separado e juntado com o sobrenadante guardado anteriormente.

Com a possibilidade de obter Bi(OH)₃ no precipitado, foi realizado uma lavagem com 5 gotas de água destilada e o tubo foi levado para a centrífuga, logo após, o sobrenadante foi retirado e descartado. Depois da lavagem, foi adicionado 3 gotas de Estanto de Potássio, esperou-se que a coloração do precipitado passasse de branco para preto, assim teríamos a confirmação de Bi³⁺.

O sobrenadante poderia conter a presença de [Pb(OH)₄]²⁻, com a adição gota a gota de HNO₃ 6 mol L⁻¹ acidificamos o meio até a formação de um precipitado gelatinoso. Em seguida, adicionou-se gota a gota de ácido acético 3 mol L⁻¹ até que o precipitado estivesse totalmente dissolvido, depois foi adicionado 1 gota de K₂CrO₄ 0,5 mol L⁻¹, esperou-se a formação de um precipitado amarelo, indicando a presença de Pb²⁺.

Com o sobrenadante obtido após a adição de NH₄OH 6 mol L⁻¹ e armazenado anteriormente, o mesmo poderia conter a presença de [Cu(NH₃)₄]²⁺ e [Cd(NH₃)₄]²⁺, com isso foi realizado o aquecimento do tubo no bico de Bunsen até a redução do volume em torno de 8 gotas. Após o aquecimento, o meio foi acidificado com 3 gotas de ácido acético 3 mol L⁻¹, observado pelo descoloramento da solução de azul escuro para azul claro. Foi adicionado 1 gota de Glicerina e gota a gota de KOH 6 mol L⁻¹ até que a solução voltasse a sua coloração azul escura, em seguida, foi adicionado de 15 a 20 gotas em excesso até o turvamento da solução. Esperou-se a formação de um precipitado branco que confirmará a presença de Cd(OH)₂. O tubo foi centrifugado e o sobrenadante foi separado e armazenado.

Com o precipitado que contém Cd(OH)₂, foi realizado a lavagem três vezes com 20 gotas de água destilada e 1 gota de Glicerina, após a centrifugação o sobrenadante foi descartado. Após a lavagem, o precipitado foi dissolvido adicionando gota a gota de ácido acético 3 mol L⁻¹ e logo em seguida foram adicionados 5 gotas de Tioacetamida 12%, o tubo foi levado para

aquecimento em banho maria durante 10 minutos. Esperou-se a formação de um precipitado com coloração amarelo/bege, que confirmaria a presença de Cd^{2+} .

Com o precipitado armazenado anteriormente, caso a solução apresentasse uma coloração azul poderia ser um indicativo da presença de Cu^{2+} , para a confirmação do mesmo, o meio foi acidificado com gota a gota de ácido acético 3 mol L^{-1} caracterizado pela mudança de coloração da solução, mudando de azul escuro para um azul claro, logo em seguida, foi adicionado de 1 a 2 gotas de $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 0,2 mol L^{-1} . Esperou-se a formação de um precipitado marrom avermelhado, que indicaria a presença de Cu^{2+} .

2.5.7. Grupo III

No grupo III que foi armazenado anteriormente, foi adicionado 10 gotas de HNO_3 65%, o tubo foi levado ao bico de Bunsen até que o precipitado foi totalmente dissolvido e a solução atingiu a quase secura. Após o aquecimento, foi adicionado 10 gotas de água destilada e o tubo foi levado para a centrífuga e o sobrenadante foi separado e armazenado.

Com o precipitado obtido, foi realizado a lavagem adicionando 3 gotas de HNO_3 65% e o tubo foi levado para aquecimento no bico de Bunsen até que o precipitado foi dissolvido e a solução atingiu a quase secura. Após o aquecimento, foi adicionado 5 gotas de água destilada, levou-se o tubo à centrífuga e o sobrenadante foi separado e juntado ao sobrenadante armazenado anteriormente.

Com o sobrenadante armazenado anteriormente, a solução foi levada para aquecimento no bico de Bunsen até que o volume foi reduzido à 10 gotas. Após o aquecimento, o meio foi acidificado com a adição de NH_4OH 6 mol L^{-1} , ocorre a formação de um precipitado, com isso, foi adicionado 1 gota de NH_4OH 3 mol L^{-1} e verificado se a precipitação foi completa. O sobrenadante foi separado e armazenado.

Com o precipitado obtido, foi realizado a lavagem adicionando 8 gotas de água destilada, o tubo foi agitado e centrifugado, o sobrenadante foi retirado e juntado ao sobrenadante armazenado anteriormente. O procedimento foi repetido mais duas vezes e o sobrenadante foi descartado. Após a lavagem, foi adicionado 10 gotas de KOH 6 mol L^{-1} e 10 gotas de H_2O_2 10V e foi levado para aquecimento no banho-maria onde permaneceu durante 5 minutos. Após o aquecimento, o tubo foi levado à centrífuga e o sobrenadante foi separado. O precipitado foi lavado com 8 gotas de água destilada e levado à centrífuga, o sobrenadante foi separado e transferido para o sobrenadante separado anteriormente.

Ao precipitado resultante, foi adicionado 40 gotas de HCl 6 mol L^{-1} , foi levado ao banho maria até que o precipitado estivesse totalmente solubilizado, após o aquecimento, o tubo foi deixado para resfriar e logo em seguida foi adicionado 1 gota de NH_4SCN 0,5 mol L^{-1} . Esperou-se a aparição de uma coloração avermelhada para a confirmação da presença de Fe^{3+} .

O sobrenadante separado anteriormente, foi dividido em duas soluções, no primeiro tubo foi

adicionado gota a gota de HCl 3 mol L^{-1} até ocorrer a formação de um precipitado branco e floculoso, confirmando a presença de Al^{3+} . No segundo tubo, foi adicionado $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 0,5 mol L^{-1} , esperou-se a formação de um precipitado amarelo indicando a presença de Cr^{3+} .

Com o sobrenadante que foi obtido na adição de NH_4OH 6 mol L^{-1} e armazenado, foi adicionado 15 gotas de $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ conc. e levado ao banho-maria para o aquecimento onde permaneceu durante 5 minutos. Após o aquecimento, foi realizado a centrifugação do tubo e o sobrenadante foi separado e descartado. Com o precipitado que foi obtido, adicionou-se 10 gotas de HCl 3 mol L^{-1} e 5 gotas de água destilada, o tubo foi agitado e levado para aquecimento no bico de Bunsen durante 3 minutos, depois o tubo foi resfriado e centrifugado. O tubo foi centrifugado e o sobrenadante foi separado e armazenado.

No precipitado obtido, foi adicionado 6 gotas de HNO_3 6 mol L^{-1} , o tubo foi levado para aquecimento no bico de Bunsen até que o precipitado estivesse totalmente dissolvido e até que a solução fosse concentrada e estivesse em torno de 2 gotas. Em seguida, foi adicionado 10 gotas de água destilada, o tubo foi agitado e separado em duas soluções. No primeiro tubo, foi adicionado 15 gotas de NaF 1,0 mol L^{-1} e gota a gota de NH_4SCN 0,5 mol L^{-1} pelas paredes do tubo, até que esperou-se a aparição de uma coloração azul esverdeada na junção das duas soluções, para a confirmação de Co^{2+} . No segundo tubo, o meio foi alcalinizado com 5 gotas de NH_4OH 3 mol L^{-1} , confirmamos com papel tornassol, após isso, foi adicionado 15 gotas de NaF 1,0 mol L^{-1} e 5 gotas de DMG 1%, esperou-se a formação de um precipitado com a coloração avermelhada para a confirmação de Ni^{2+} .

Ao precipitado separado e armazenado anteriormente, o meio foi alcalinizado adicionado 15 gotas de NaOH 6 mol L^{-1} , confirmamos com o papel tornassol, depois foi adicionado 10 gotas de H_2O_2 10V e o tubo foi levado para o aquecimento em banho maria durante 10 minutos. Após, o tubo foi para a centrífuga e o sobrenadante foi separado e armazenado.

O precipitado obtido, foi adicionado 20 gotas de HNO_3 6 mol L^{-1} e levado para o o aquecimento em bico de Bunsen até a completa dissolução do precipitado. Após o aquecimento, foi adicionado uma ponta de espátula de NaBiO_2 e esperou-se a aparição de uma coloração violeta no sobrenadante, assim, indicando a presença de Mn^{2+} .

No sobrenadante separado e armazenado anteriormente, o meio foi acidificado com HNO_3 6 mol L^{-1} , confirmamos com papel tornassol, depois foi adicionado 5 gotas de Tioacetamida 12% e o tubo foi levado para aquecimento no banho-maria durante 5 minutos. Após o aquecimento, esperou-se a formação de um precipitado branco, confirmando assim a presença de Zn^{2+} .

2.5.8. Grupo IV

No grupo IV que foi armazenado, foi adicionado a menor quantidade possível de HAc 3 mol L^{-1} que dissolveu todo o precipitado, depois, a solução foi tamponada utilizando o NaAc 1 mol L^{-1}

com a mesma quantidade de gotas utilizada para a dissolução do precipitado. Após, foi adicionado 5 gotas de $K_2Cr_2O_7$ $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e o tubo foi centrifugado e o sobrenadante foi separado e armazenado. O precipitado resultante apresentou uma coloração amarela, confirmando a presença de Ba^{2+} .

Com o sobrenadante guardado anteriormente, a solução foi alcalinizada com 5 gotas de NH_4OH 3 mol L^{-1} , caracterizada pela mudança de coloração de laranja para amarelo, em seguida, foram adicionadas 5 gotas de $(NH_4)_2CO_3$ 2 mol L^{-1} , o tudo foi levado para centrifugar e o sobrenadante foi descartado.

Com o precipitado obtido, foi realizado quatro lavagens com 8 gotas de água destilada, o tubo foi levado para centrifugar e o sobrenadante foi descartado. O precipitado foi dissolvido com a menor quantidade possível de HAc 3 mol L^{-1} , o tubo foi levado para aquecimento no bico de Bunsen até a ebulição da solução, logo em seguida, foram adicionadas 10 gotas $(NH_4)_2SO_4$ 1 mol L^{-1} e o tubo foi centrifugado novamente. Foi realizado a verificação se a precipitação foi quantitativa e o sobrenadante foi separado. Ao precipitado esperou-se a formação de um precipitado branco, confirmando a presença de Sr^{2+} .

No sobrenadante, foi adicionado 15 gotas de $(NH_4)_2C_2O_4$ $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ e foi aquecido no banho maria depois 5 minutos. Depois esperou-se a formação de um precipitado branco ou o turvamento da solução, indicando a presença de Ca^{2+} .

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Coleta da água

A coleta da amostra do lote 1 foi realizada no dia 21 de fevereiro de 2024, utilizando uma garrafa PET de um litro, foi coletado aproximadamente 800 mL. Para realizar as análises as amostras foram separadas em duas partes, para testes físico-químicos foram separados cerca de 300 mL, já para a marcha analítica foi separado e concentrado 500 mL.



Figura 1: Coleta da água do lote 1



Figura 2: Aparência da água do lote 1

A coleta da amostra do lote 2 foi realizada no dia 20 de março de 2024 utilizando uma garrafa PET de um litro, foi coletado aproximadamente 700 mL. Para realizar as análises a amostra foi separada em duas partes, para testes físico-químicos foram separados cerca de 200 mL, já para a marcha analítica foi separado e concentrado 500 mL.



Figura 3: Aparência da água do lote 2

A coleta da amostra do lote 3 foi realizada no dia 21 de abril de 2024 utilizando uma garrafa PET de um litro, foi coletado aproximadamente 800 mL. Para realizar as análises as amostras foram separadas em duas partes, para testes físico-químicos foram separados cerca de 300 mL, já para a marcha analítica foi separado e concentrado 500 mL.



Figura 4: Coleta da água do lote 3

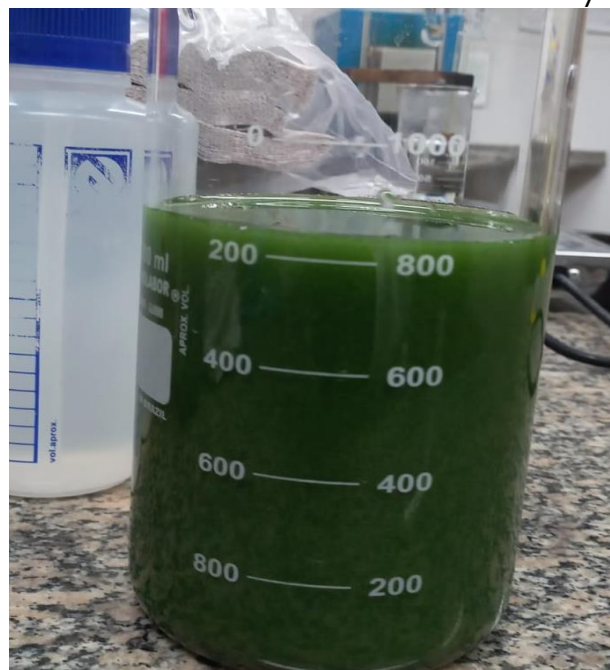


Figura 5: Aparência da água do lote 3

3.2. Testes Físicos-Químicos

3.2.1. Potencial Hidrogeniônico

A média e o desvio padrão das medidas de pH dos três lotes analisados estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Média e desvio padrão das medidas do potencial hidrogeniônico dos três lotes.

| PH | Média | Desvio Padrão |
|--------|-------|---------------|
| Lote 1 | 5,70 | 0,57 |
| Lote 2 | 6,42 | 0,26 |
| Lote 3 | 6,52 | 0,07 |

Fonte: do próprio autor.

Observa-se uma variação na média e nos desvios dos valores de pH entre os diferentes lotes, indicando possíveis diferenças nas condições ou na composição química das amostras de água analisadas.

Podemos observar que o lote 1 apresentou a média mais baixa, enquanto o Lote 3 apresentou a média mais alta. Esta variação nos valores de pH pode ser atribuída a diversos fatores, como a presença de diferentes tipos de efluentes e resíduos nas amostras de água, bem como possíveis variações nos métodos de coleta e armazenamento das amostras.

3.2.2. Densidade

Os resultados das medições da densidade realizadas através dos picnômetros de 25ml e 50ml para os três lotes estão apresentadas nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Média e desvio padrão das medidas de densidade realizadas no picnômetro de 25ml dos três lotes.

| Picnômetro 25ml | Média | Desvio Padrão |
|-----------------|-------|---------------|
|-----------------|-------|---------------|

| | | |
|--------|--------|--------|
| Lote 1 | 1,0951 | 0,0248 |
| Lote 2 | 1,0549 | 0,0330 |
| Lote 3 | 1,0592 | 0,0322 |

Fonte: do próprio autor.

Tabela 4: Média e desvio padrão das medidas de densidade realizadas no picnômetro de 50ml dos três lotes.

| Picnômetro 50ml | Média | Desvio Padrão |
|-----------------|--------|---------------|
| Lote 1 | 1,0292 | 0,0104 |
| Lote 2 | 1,0264 | 0,0006 |
| Lote 3 | 1,0309 | 0,0122 |

Fonte: do próprio autor.

Observou-se nos picnômetros de 25ml que o lote 1 teve a maior densidade média com um desvio padrão menor demonstrando uma variação relativamente baixa em relação as outras medições. O lote 2 apresentou a menor densidade média com um desvio padrão maior demonstrando uma variação maior em relação as medidas realizadas. Já o lote 3 apresentou uma densidade maior que o lote 2, assim como, um desvio padrão com uma maior variabilidade, mas que é menor em relação ao lote 2.

Nos picnômetros de 50ml, observou-se, que as densidades médias foram menores em comparação com as medidas com os picnômetros de 25ml.

O lote 1 novamente teve a maior densidade média se comparada com a medida do lote 1 do picnômetro de 25ml, e um desvio padrão demonstrando uma consistência maior em relação as medidas com os picnômetros de 25ml. O lote 2 apresentou uma densidade média menor e com um desvio padrão extremamente baixo, indicando alta precisão nas medições. Já no lote 3, apresentou a densidade média mais alta e um desvio padrão com uma variabilidade menor em relação ao picnômetro de 25ml.

A densidade da água pode ser influenciada por vários fatores, incluindo a temperatura, a presença de solutos dissolvidos e as condições de pressão durante a medição. A diferença observada entre os lotes pode indicar variações nas concentrações de substâncias dissolvidas nas amostras de água, o que poderia estar relacionado a diferenças na origem das amostras ou nas condições ambientais durante a coleta.

3.2.3. Turbidez

A turbidez é indicada pela dispersão da luz emitida pelo equipamento, uma vez que as moléculas presentes na água têm a capacidade de absorver e refletir os feixes aplicados na amostra. O índice de turbidez é representado pela unidade de medida NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez), e quanto maior o valor apresentado, mais turva está a amostra.

A média e o desvio padrão das medidas de turbidez dos três lotes analisados estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Média e desvio padrão das medidas da turbidez dos três lotes.

| Turbidez | Média | Desvio Padrão |
|----------|---------|---------------|
| Lote 1 | 80,00 | 0,00 |
| Lote 2 | 80,00 | 0,00 |
| Lote 3 | 2076,33 | 3,05 |

Fonte: do próprio autor.

O resultado aponta que o lote 1 e o lote 2 tiveram a mesma média e conseqüentemente o mesmo desvio padrão, indicando que não houve variabilidade dentro desses lotes. O lote 3 teve uma média e um desvio padrão significativamente maior, indicando uma turbidez elevada e uma variação nas medidas.

A disparidade entre os lotes 1 e 2 em relação ao lote 3 levanta questões importantes sobre os possíveis fatores que poderiam ter contribuído para essa diferença.

3.2.4. Teste de Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é a quantidade de oxigênio presente na água, essencial para a vida aquática de peixes, algas e micro-organismos. Fatores como temperatura, salinidade e altitude podem interferir na concentração de oxigênio. Quanto menor esses parâmetros, menor será a concentração de oxigênio disponível na água.

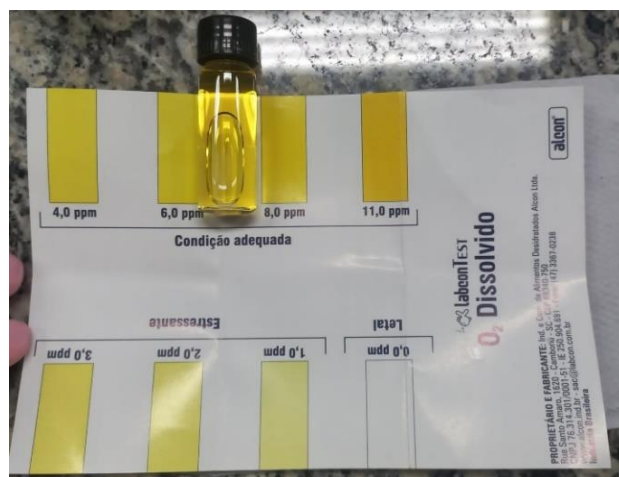


Figura 6: Teste de oxigênio dissolvido do lote 1.

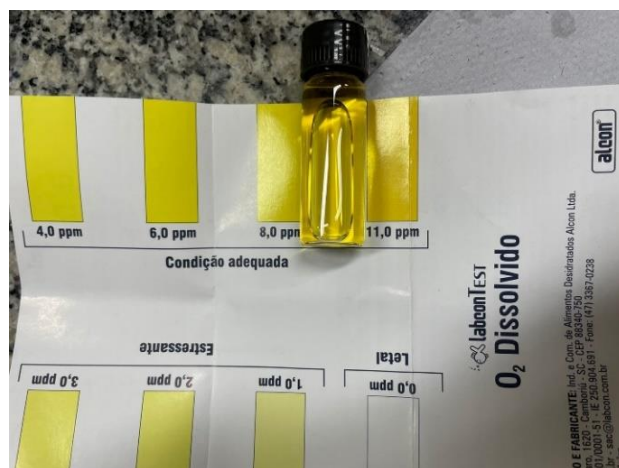


Figura 7: Teste de oxigênio dissolvido do lote 2.

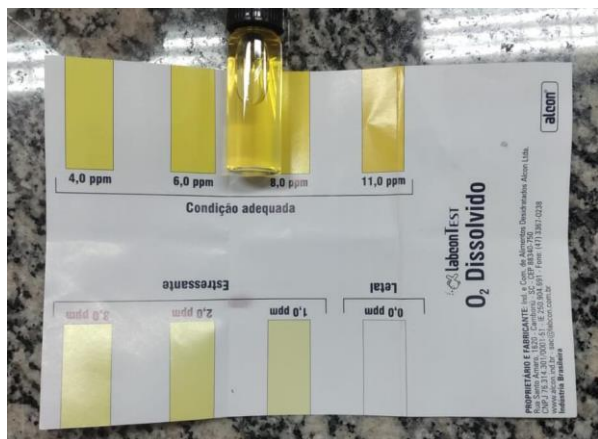


Figura 8: Teste de oxigênio dissolvido do lote 3.

O teste de oxigênio dissolvido foi realizado em triplicata nos três lotes, resultando no lote 1 uma concentração entre 6,0 ppm e 8,0 ppm. No lote 2, a concentração de oxigênio dissolvido ficou entre 8,0 ppm e 11,0 ppm. No lote 3, a concentração resultante foi entre 6,0 ppm e 8,0 ppm. De acordo com os resultados, as amostras dos três lotes estão em condições adequadas para a vida marinha, visto que, é indicado que os índices sejam o mais próximo de 11,0 ppm que indica condição adequada, enquanto 0,0 ppm indica uma quantidade letal.

3.2.5. Teste de Cloro

O cloro atua como desinfetante, eliminando bactérias e micro-organismos patogênicos presentes na água, podendo também eliminar vírus.

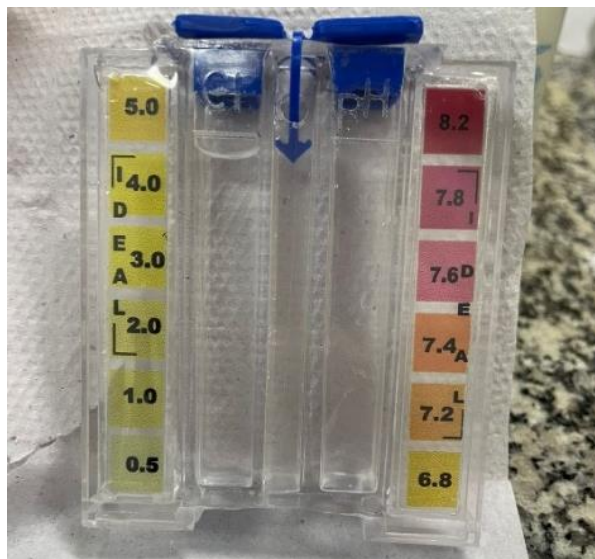


Figura 9: Teste de cloro do lote 1.



Figura 10: Teste de cloro do lote 2.

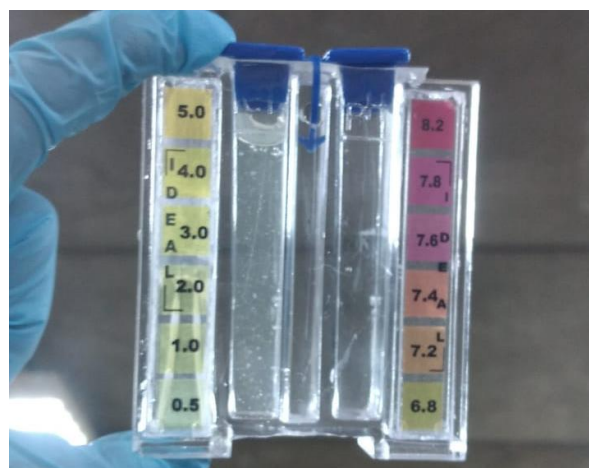


Figura 11: Teste de cloro do lote 3.

O teste de cloro foi realizado em triplicata nos três lotes, foi possível observar que há uma quantidade menor do que 0,5 ppm em todas as amostras, indicando que esta concentração atende aos parâmetros da resolução CONAMA 357, onde é exigido que a quantidade limite seja de até 4,0 mg/L.

Os resultados das análises podem indicar um maior risco de proliferação de microrganismos patogênicos, que são contaminantes que apresentam extremo perigo à saúde humana.

3.3. Marcha Analítica

3.3.1. Filtração

Para realizar a etapa da marcha analítica em nossos testes, foi de extrema necessidade proceder à filtração da amostra, uma vez que havia uma grande quantidade de materiais indesejados que, além de interferir na coloração da amostra, poderiam ser confundidos com precipitados necessários para a confirmação dos metais presentes no meio. Por

esse motivo, foi indispensável realizar a filtração para evitar quaisquer interferências nos resultados durante os testes.

Inicialmente, foi realizada uma filtração simples na amostra do lote 1. No entanto, não obtivemos resultados eficazes, pois a presença de pequenos corpos de fundo influenciava na identificação de precipitados nas etapas da marcha analítica. Diante desse obstáculo, tivemos que recorrer a outros métodos. A principal alternativa para obter uma maior eficácia na filtração foi utilizar a filtração a vácuo e substituir o papel filtro por lâ de vidro. Com isso, obtivemos sucesso na filtração do lote 1. Contudo, durante os testes, observou-se que não seria viável utilizarmos a lâ de vidro, visto que este material é de alto custo e não estava disponível em grandes quantidades para nossas análises.

Para realizar a filtração da amostra do lote 2, foi necessário encontrar outro método de filtração. Dessa forma, utilizou-se um funil de Büchner com placa porosa, que apresentou um excelente resultado. Além de eliminar grandes impurezas, o método também mostrou-se eficaz na eliminação de partículas microscópicas presentes na amostra, melhorando até mesmo a sua coloração, o que favoreceu a análise de metais.

No entanto não foi possível realizar a filtração da mesma maneira no lote 3, pois apesar da eficácia do método as impurezas eram muito densas e viscosas o que impediu a passagem da amostra pela placa porosa do funil. Por isso foi necessário realizar uma etapa antes da filtração, como orientado, adicionou-se água sanitária à amostra para que houvesse a decantação das impurezas, permitindo assim a filtração eficaz utilizando o funil de Büchner com placa porosa.



Figura 12: Filtração simples.



Figura 13: Filtração com a lâ de vidro.



Figura 14: Filtração a vácuo com funil de Büchner com placa porosa

3.3.2. Concentração da amostra

A amostra do lote 1 cujo foi separado 500mL, foi colocada em banho-maria e concentrada até obter um volume de 11ml.

A amostra do lote 2 a qual foi reservada 500mL, foi concentrada em banho-maria até obter

um volume de 4,28ml.

A amostra do lote 3 foi separado 500mL e situada em banho-maria para concentração até obter um volume de 10,5 ml.



Figura 15: amostra concentrando em banho-maria

3.3.3. Grupo I

Foi realizado a identificação do grupo I em duplicata nos três lotes, obtemos precipitado na etapa de separação de grupos, no entanto os íons Ag^+ , Pb^{2+} e Hg_2^{2+} pertencentes ao grupo I não foram encontrados.

3.3.4. Grupo II

Foi realizado a identificação do grupo II em duplicata nos três lotes, obtemos precipitado na etapa de separação de grupos, no entanto os íons Hg^{2+} , Bi^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} e Cu^{2+} pertencentes ao grupo II não foram encontrados.

3.3.5. Grupo III

Foi realizado a identificação do grupo III em duplicata nos três lotes, obtemos precipitado na etapa de separação de grupos, no entanto os íons Fe^{3+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} pertencentes ao grupo III não foram encontrados.

3.3.6. Grupo IV

Foi realizado a identificação do grupo IV em duplicata nos três lotes, obtemos precipitado na etapa de separação de grupos, no entanto os íons Ba^{2+} , Sr^{2+} e Ca^{2+} pertencentes ao grupo IV não foram encontrados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da marcha analítica não se mostraram efetivos, mesmo havendo a precipitação dos grupos de cátions, não ocorreu a identificação de metais, surgindo a hipótese de haver impurezas imperceptíveis nas amostras no momento após a filtração, em consequência, ao adicionar reagentes precipitantes durante a marcha analítica, as impurezas, antes imperceptíveis, tornaram-se visíveis. Contudo, comparado aos estudos de Oliveira (2012) e Rocha (1984) realizado na Represa Billings, no qual, foram encontrados peixes contaminados, amostras de água contaminadas e metais pesados como cádmio, cobre, chumbo, cromo, mercúrio e zinco, concluímos que o método analítico não foi eficaz e obtivemos possíveis interferências de fatores como plantas fitoremediadoras, a presença de diferentes tipos de efluentes e resíduos em relação aos lotes

e a concentração de metais presentes na amostra, que podem ter influenciado os resultados.

Os testes de cloro nas amostras dos três lotes indicaram uma concentração inferior a 0,05 ppm. De acordo com a resolução CONAMA 357, a concentração de cloro residual livre deve ser de até 4,0 mg/L para águas destinadas ao abastecimento humano após o tratamento. Os valores encontrados nas amostras estão dentro desse limite, porém a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde exige que toda água destinada ao abastecimento público tenha, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre, para que não cause danos à saúde humana. Com isso podemos concluir que a quantidade de cloro residual livre não ultrapassa os limites estabelecidos pelo CONAMA, mas não atende os padrões do Ministério da Saúde, podendo assim causar problemas patológicos aos seres que consumirem a água da represa.

Os testes de oxigênio dissolvido indicaram a variação entre 6,0 ppm e 11,0 ppm nos diferentes lotes. A Resolução CONAMA 357 exige um mínimo de 5 mg/L de oxigênio dissolvido em águas doces de Classe 2 para garantir a vida aquática. Os resultados obtidos indicam que os níveis de oxigênio dissolvido estão adequados para a manutenção da vida marinha, especialmente considerando que valores próximos a 11,0 ppm são ideais.

Nos testes físicos-químicos, os valores de densidade não foram detalhados no contexto dos parâmetros da Resolução CONAMA 357, o PH deve estar entre 6,0 e 9,0, portanto os resultados das análises dos três lotes estão de acordo com parâmetros estabelecidos, já a turbidez não deve ultrapassar 100 NTU, o lote 3, indicou uma turbidez elevada e uma variação maior em relação as medidas dos outros lotes, indicando possíveis diferenças nas condições ambientais durante a coleta da amostra. Portanto, os resultados das análises indicam que a qualidade da água da Represa Billings, em geral, está em conformidade com alguns dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, Classe 2.

Para perspectivas futuras, recomenda-se o uso do espectrofotômetro de absorção atômica para a determinação quantitativa de metais pesados. Sugere-se também, a realização da coleta da amostra em diferentes pontos geográficos e em diferentes profundidades da represa, para assim obter resultados de análises físico-químicas que possam complementar as análises já realizadas.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar a nossa imensa gratidão à excelentíssima orientadora Thais Taciano dos Santos, que nos auxiliou fielmente com conselhos indispensáveis e seu extraordinário conhecimento que foi de extrema importância para as nossas pesquisas e análises, além disso ressaltamos o carinho, dedicação e paciência conosco durante todo o período de estudo. Por fim, permanecemos lisonjeadas pelo privilégio de sua mentoria, que foi de suma importância, tanto para nossos conhecimentos acadêmicos quanto para elevar toda sabedoria que agregará à vida pessoal.

Agradecemos também o coorientador Dr.

Alexandre de Jesus Barros que foi fundamental para a conclusão de nossas análises, seu trabalho formidável nos proporcionou conhecimentos indispensáveis, seremos eternamente gratas por ter compartilhado conosco boas risadas e inesquecíveis momentos de aprendizado.

Não poderíamos deixar de prestar uma homenagem ao professor de desenvolvimento de trabalho de conclusão de curso, Dr. Fábio Rizzo Aguiar, que foi sempre prestativo com nosso trabalho, facilitando os caminhos, ajudando em análises e sendo um inigualável companheiro de laboratório.

Por fim agradecemos aos exelentes docentes, dedicados funcionários, admiráveis colegas e a auspiciosa Escola Técnica Estadual Irmã Agostina, que estiveram ao nosso lado por todo momento, prestando todo o apoio necessário para que pudéssemos continuar em nossos caminhos com excelência e dignidade.

APÊNDICES

Para complementar este artigo e aprimorar a compreensão dos métodos utilizados, elaboramos um documento adicional. Isso permitiu manter o artigo conciso, enquanto o método de separação dos grupos de cátions, etapa que antecede a marcha analítica, completo e detalhado foi disponibilizado como apêndice.

REFERÊNCIAS

ALVES, Beatriz Truffi et al. Billings. São Paulo: SMA/CEA, 2010.

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.

CAPOBIANCO, João Paulo Ribeiro; WHATELY, Marussia. Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo: relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. Instituto Socioambiental, 2002.

CARDOSO-SILVA, Sheila et al. Compartmentalização e qualidade da água: o caso da Represa Billings. Bioikos–Título não-corrente, v. 28, n. 1, 2014.

DE PAULA, Márcio. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. Tchê Química, v. 3, n. 6, p. 37-44, 2006.

OLIVEIRA, Talita Aparecida de. Metais presentes nas águas e em tecidos de peixes da represa Billings: uma avaliação temporal. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Portaria do CONAMA Nº 710/2023 - PORTARIA GM/MMA Nº 710, DE 15 DE SETEMBRO DE 2023 - "Regimento Interno do CONAMA" - Data da legislação: 15/09/2023

REPRESA BILLINGS. Monitoramento contínuo da qualidade da água. GEOTEC Hídrica. 21 DE OUTUBRO DE 2021.

ROCHA, Aristides Almeida. A ecologia, os aspectos sanitários e de saúde pública da represa Billings na região metropolitana de São Paulo: uma contribuição à sua recuperação. 1984.

ROCHA, Aristides Almeida; PEREIRA, Denise Navas; PÁDUA, Helcias Bernardo de. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). Revista de Saúde Pública, v. 19, p. 401-410, 1985.

ROCHA, César Henrique Barra. Represas de Abastecimento Público de Juiz de Fora. 2023.

VOGEL, A. Química Analítica Quantitativa. 5 ed. Rev. Por G. Svehla. Mestre Jou, 1981. Pág. 213 - 325.

Separação dos Grupos

Cerca de 2ml da amostra foi coletado e colocado em um tubo de ensaio e levado para aquecimento no bico de Bunsen até obter um volume de aproximadamente 10 gotas. Foi adicionado 3 gotas de HCl 3 mol L⁻¹ e levado para centrifuga, após, foi feita a verificação se obteve a completa precipitação adicionando mais 1 gota de HCl 3 mol L⁻¹ e novamente foi levado para a centrifuga e removido o sobrenadante e armazenado para posteriormente a separação dos grupos II, III e IV.

No precipitado obtido, foi realizado a lavagem adicionando 8 gotas de água destilada e 1 gota de NH₄NO₃ 1 mol L⁻¹, agitou-se o tubo que foi levado para centrifuga e logo após, foi retirado o sobrenadante e transferido para o sobrenadante que foi armazenado anteriormente, a lavagem foi feita mais duas vezes descartando o sobrenadante nos resíduos.

O precipitado foi armazenado para a posterior identificação dos cátions do grupo I e no sobrenadante armazenado anteriormente foi adicionado 10 gotas da solução de Tioacetamida 12%, agitou-se o tubo que foi levado para o banho maria a 70°C durante 5 minutos, logo após, agitou-se o tubo e foi centrifugado. Posteriormente, foi realizada a verificação com o papel tornassol se o meio continuava ácido, depois foi adicionado 5 gotas de Tioacetamida 12% e aquecido por mais 10 minutos. Foi adicionado 1 gota de NH₄NO₃ 1 mol L⁻¹, o tubo foi levado para a centrifuga e após a centrifugação o sobrenadante foi separado e armazenado para posteriormente a separação dos grupos III e IV.

No precipitado que foi obtido, foi realizado a lavagem adicionando 8 gotas de água destilada e 1 gota de NH₄NO₃ 1 mol L⁻¹, agitou-se o tubo que foi levado para centrifuga e logo após, foi retirado o sobrenadante e transferido para o sobrenadante

que foi armazenado, a lavagem foi feita mais duas vezes descartando o sobrenadante nos resíduos.

O precipitado foi armazenado para a posterior identificação dos cátions do grupo II e no sobrenadante armazenado anteriormente foi adicionado 10 gotas de (NH₄)₂S concentrado, levado para o banho-maria durante 5 minutos e em seguida para a centrifuga. Posteriormente, foi realizada a verificação com o papel tornassol se o meio continuava alcalino, depois foi adicionado 5 gotas de (NH₄)₂S conc. e aquecido por mais 10 minutos. Foi adicionado 1 gota de NH₄NO₃ 1 mol L⁻¹, o tubo foi levado para a centrifuga e após a centrifugação o sobrenadante foi separado e armazenado para posteriormente a separação do grupo IV.

No precipitado que foi obtido, foi realizado a lavagem adicionando 8 gotas de água destilada quente e 1 gota de NH₄NO₃ 1 mol L⁻¹, agitou-se o tubo que foi levado para a centrifuga e logo após, foi retirado o sobrenadante e transferido para o sobrenadante armazenado anteriormente, a lavagem foi feita mais duas vezes descartando o sobrenadante nos resíduos.

O precipitado foi armazenado para a posterior indentificação dos cátions do grupo III e no sobrenadante armazenado anteriormente foi adicionado 5 gotas de NH₄Cl 1 mol L⁻¹, foi levado ao banho-maria e aquecido durante 5 minutos, logo após o aquecimento, foi adicionado 10 gotas de (NH₄)₂CO₃ 2 mol L⁻¹, o tubo foi agitado e levado para centrifugar. Sem que o tubo fosse agitado, verificamos se a precipitação foi completa adicionando gota a gota de (NH₄)₂CO₃ 2 mol L⁻¹, agitou-se o tubo que foi levado a centrifuga, e logo após o sobrenadante foi separado e descartado pois contém apenas cátions e ânions derivados dos reagentes adicionados. O precipitado foi armazenado para a posterior identificação dos cátions do grupo IV.