

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL JÚLIO DE MESQUITA**  
**Ensino Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio**

**Ana Clara Bernardelli Marin**

**Beatriz Izidoro Cezar**

**Melissa Gonçalves Santos**

**Sarah Melchiades Guedes**

**AMIDO DE MILHO COMERCIAL COMO AUXILIAR FLOCULANTE NO  
TRATAMENTO DA TURBIDEZ DA ÁGUA**

**Santo André**

**2022**

**Ana Clara Bernardelli Marin**  
**Beatriz Izidoro Cezar**  
**Melissa Gonçalves Santos**  
**Sarah Melchiades Guedes**

**AMIDO DE MILHO COMERCIAL COMO AUXILIAR FLOCULANTE NO  
TRATAMENTO DA TURBIDEZ DA ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio da Etec Júlio de Mesquita, orientado pela Prof. Dra. Maria do Socorro Sousa da Silva e co-orientado pelo Prof. Dr. Jhonny Frank Sousa Joca, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em química.

**Santo André**  
**2022**

## RESUMO

No Brasil, grande parte das Estações de Tratamento de Água descartam de maneira incorreta os resíduos de reagentes inorgânicos utilizados em seus processos de tratamento, como por exemplo, em rios e mananciais. Tal ação prejudica diretamente o meio ambiente, implicando em danos na fauna e na flora da região afetada. Tais danos podem ser reduzidos se os reagentes sintéticos forem combinados com outros de origem natural. Além disso, o custo do tratamento pode ser reduzido significativamente. Portanto, no presente trabalho estuda-se um método para tratamento da turbidez da água para fins não potáveis com menor custo e deterioração ambiental. Para isso foi preparada uma solução de água com terra, simulando água de represa, que foi utilizada em ensaios de Jar Test com amido de milho comercial da marca Maizena, Sulfato de alumínio e Hidróxido de cálcio, com a menor quantidade possível dos reagentes inorgânicos em função da adição do reagente orgânico como auxiliar de floculação. Os resultados obtidos comprovaram a eficácia do método, reduzindo em 40% o uso do Sulfato de alumínio no tratamento de águas turvas, obtendo uma concentração eficiente satisfatória e alcançando os parâmetros determinados, sendo eles potencial Hidrogeniônico aproximado de 7,0 e Unidades de Turbidez Nefelométricas 5,0. Através da Demanda Química de Oxigênio (DQO), verificou-se o teor de matéria orgânica residual na água de tratamento, determinando que a água é considerada aceitável.

**Palavras-chave:** amido de milho, jar test, turbidez.

## **ABSTRACT**

In Brazil, most of the Water Treatment Stations incorrectly dispose the residues of inorganic reagents used in their treatment processes, such as in rivers and springs. Such action directly harms the environment, resulting in damage to the fauna and flora of the affected region. Such damage can be reduced if synthetic reagents are combined with others of natural origin. In addition, the cost of treatment can be significantly reduced. Therefore, in the present work a method is studied for the treatment of water turbidity for non-potable purposes with lower cost and environmental deterioration. For this, a water and soil solution was prepared, simulating dam water, which was used in Jar Test tests with commercial corn starch from the Maizena brand, aluminum sulfate and calcium hydroxide, with the smallest possible number of inorganic reagents due to the addition of the organic reagent as a flocculation aid. The results obtained proved the effectiveness of the method, reducing by 40% the use of aluminum sulphate in the treatment of turbid waters, obtaining a satisfactory efficient concentration and reaching the determined parameters, which are Hydrogenonic potential of approximately 7.0 and Nephelometric Turbidity Units 5.0. Through the Chemical Oxygen Demand (COD), the residual organic matter content in the treatment water was verified, determining that the water is considered acceptable.

**Keywords:** corn starch, jar test, turbidity.

# SUMÁRIO

<b>1 OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
1.1 Objetivos Gerais.....	7
1.2 Objetivos Específicos.....	7
<b>2 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>10</b>
3.1 Preparo de soluções.....	10
3.1.2 Solução mãe.....	10
3.1.3 Cal / Hidróxido de Cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) 1%.....	10
3.1.4 Sulfato de Alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) 5%.....	11
3.1.5 Amido de milho 1%.....	11
3.1.6 Permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) P.A 0,25%.....	11
3.1.7 Oxalato de sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) P.A.....	11
3.1.8 Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) P.A 50%.....	12
3.2 Testes em tubos de ensaio.....	12
3.3 Testes em béqueres.....	15
3.4 Testes com amido de milho comercial.....	16
3.5 Jar Tests finais.....	19
3.6 Determinação do teor de matéria orgânica.....	22
3.6.1 Lugol.....	22
3.6.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
4.1 Testes em Tubos de ensaio .....	24
4.2 Testes em Béqueres.....	24
4.3 Testes com amido de milho comercial.....	25
4.4 Jar Tests finais .....	27
4.5 Determinação do teor de matéria orgânica .....	28
4.5.1 Lugol.....	28
4.5.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	29

**5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....30**

**REFERÊNCIAS .....31**

# 1 OBJETIVOS

## 1.1 Objetivos Gerais

O estudo visa apresentar de forma direta a aplicabilidade do amido de milho comercial como floculante orgânico para tratamento da turbidez da água, visando comprovar sua viabilidade técnica e econômica, afim de reduzir os custos decorrentes da utilização de materiais inorgânicos no tratamento de água.

Serão apresentadas características positivas e vantagens objetivando esclarecer a funcionalidade do amido de milho, um polímero natural, como auxiliar de coagulação, floculação e sedimentação através de ensaios de Jar Test. Sendo observadas ressalvas às limitações do material, com o intuito de propiciar uma alternativa para o tratamento com  $Al_2(SO_4)_3$ .

## 1.2 Objetivos Específicos

- a. Avaliar a eficiência do amido de milho comercial como auxiliar floculante em ensaios realizados em Jar Test;
- b. Combinar sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ) e amido de milho comercial;
- c. Diminuir o uso de  $Al_2(SO_4)_3$  em ensaios realizados em Jar Test;
- d. Reduzir a turbidez da água;
- e. Determinar o teor de matéria orgânica residual do tratamento.

## 2 INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Água (ETAs), em razão da utilização de substâncias coagulantes inorgânicas, geram resíduos repletos de compostos químicos e metais pesados prejudiciais ao meio ambiente, cujas fontes são principalmente as águas de lavagem de filtros, descargas de decantadores e flotores. [1]

Em ETAs, os polímeros utilizados podem ser de origem natural ou sintética. Os naturais, são biodegradáveis e predispostos ao tratamento de água sem alterações no pH [2], podendo ser utilizados como auxiliares de floculação e filtração. Já os sintéticos, como auxiliares de coagulação e coagulantes primários. [1]

De acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, e o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída é de 5,0 NTU. O potencial Hidrogeniônico (pH), é uma medida que determina se a água é ácida ou alcalina, e um fator que não traz riscos sanitários, portanto, sua faixa recomendada na água distribuída é de 6,0 a 9,5. [3]

O sulfato de alumínio  $Al_2(SO_4)_3$  é um coagulante químico que ao ser adicionado em água, promove reações de polimerização e hidrólise, responsáveis pela desestabilização dos colóides que são formados [2], sendo um dos coagulantes mais utilizados pela indústria. Segundo Olinger et al. (2001), a grande maioria das ETAs brasileiras descartam os resíduos provenientes da lavagem dos filtros e descarga dos decantadores em cursos de água, sem qualquer tratamento, apesar das leis ambientais irem contra esta prática. [4]

Em razão do descarte incorreto, tal substância torna-se tóxica ao meio ambiente, principalmente aos organismos aquáticos. Portanto, para que se reduza o dano causado, propõe-se a utilização de polímeros naturais como auxiliares de floculação, por exemplo, o amido de milho, um recurso renovável de baixo custo.

O amido de milho, um polímero natural catiônico, possui abundância de grupos hidroxila em suas moléculas, fornecendo características hidrofílicas que fazem com que o polímero estabeleça ligações de hidrogênio com a água, interagindo com



eventuais flocos já formados pela ação do coagulante primário com espécies que ainda não aglomeraram. [5]

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu que o licenciamento de qualquer atividade modificadora do meio ambiente dependerá da elaboração do estudo do impacto ambiental (EIA). A introdução do amido de milho como auxiliar floculante no tratamento da turbidez da água, embora apresente resultados satisfatórios, por ser orgânico, sugere que possa ocorrer a contaminação da água tratada através da matéria orgânica introduzida, o amido, resíduo que posteriormente acaba sendo descartado em corpos aquáticos. A determinação da demanda de oxigênio consumido, define o teor de matéria orgânica no meio, processo que recebe o nome de eutrofização, onde a decomposição que essa matéria sofre, importuna o consumo de oxigênio. [6].

Neste trabalho, foram realizados ensaios de Jar Test, procedimento que simula o tratamento da água com diferentes proporções de reagentes químicos, afim de encontrar as menores doses possíveis dos produtos que alcancem os parâmetros desejados [7]. O amido de milho comercial foi usado como auxiliar de floculação no tratamento de água turva experimental, priorizando reduzir o uso de  $Al_2(SO_4)_3$ , afim de obter água tratada com menores quantidades de poluentes ao meio ambiente, tratando sua turbidez sem alterações significativas no pH. Por fim, determinou-se o teor de matéria orgânica residual após a aplicação do tratamento.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se o artigo “Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório” [8] como embasamento teórico, afim de criar um planejamento para o presente trabalho.

#### 3.1 Preparo de soluções

Os aparelhos utilizados no preparo de soluções e análise das amostras foram Turbidímetro Portátil Microprocessado Digital modelo DLT-WV que nos testes realizados em laboratório mede de 5,0 até 1000 NTU, Medidor de pH de Bancada Microprocessado MS TECNOPON Instrumentação, Balança Analítica Shimadzu AY220, Estufa BIOPAR e Balança Semianalítica Marte Balanças e Equipamentos Modelo AS 1000 C.

##### 3.1.2 Solução mãe

Tendo em vista o início do processo, preparou-se água teste em laboratório com a finalidade de simular água de represa. Coletou-se terra da área escolar da Escola Técnica Estadual Júlio de Mesquita, pesou-se 631,12 gramas (g) em uma balança semi-analítica e completou-se com água de torneira um galão de 5 litros. Diluiu-se a solução até obter o índice de turbidez de 610 Unidades de Turbidez Nefelométricas (NTU) e potencial Hidrogeniônico (pH) de aproximadamente ( $\cong$ ) 5,0, resultando em 32,87 gramas por litro (g/L).

##### 3.1.3 Cal / Hidróxido de Cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) 1%

Preparou-se uma solução de Óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), popularmente conhecida como cal, com concentração de 5g para 100 mililitros (mL) de água deionizada, ou 5%, em um balão volumétrico de 100mL. Entretanto, observou-se que a mesma apresentava corpo de fundo devido a seu alto teor de impurezas. Portanto, substituiu-se por solução de Hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), de concentração 1g para 100mL de

água deionizada, ou 1% em um balão volumétrico de 100mL. A solução foi armazenada adequadamente para uso posterior.

### **3.1.4 Sulfato de Alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) 5%**

A solução de Sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) 5% utilizada já havia sido preparada previamente por outrem, utilizando 5g do reagente para 100 mL de água deionizada. A solução foi armazenada adequadamente para uso posterior.

### **3.1.5 Amido de milho 1%**

Preparou-se a solução de amido de milho comercial da marca Maizena à 1% em um balão volumétrico, sendo 1g para 100mL de água deionizada. A cada dia experimental realizou-se o preparo uma nova solução.

### **3.1.6 Permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) P.A 0,25%**

Pesou-se 3,5010g de permanganato de potássio, diluiu-se em 100mL de água deionizada e transferiu-se para um balão de 1L e avolumou-se. Posteriormente, aqueceu-se com o auxílio de um bico de Bunsen por 1 hora após o início da fervura. Reservou-se em um frasco âmbar e aguardou-se uma semana para determinação da concentração.

Após a identificação da concentração real da solução, retirou-se 19,5mL para realização de uma nova diluição, avolumando em um balão volumétrico de 250mL a fim de obter a concentração de 0,25%.

### **3.1.7 Oxalato de sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) P.A**

Pesou-se 6,7011g de oxalato de sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) e levou-se para estufa à 105-110°C durante duas horas, com o propósito de retirar a umidade presente no reagente. Em seguida, pesou-se 1,3402g e diluiu-se em um balão de 200mL. Realizou-se uma nova diluição a partir da primeira solução, separou-se 25mL e diluiu-se em um balão volumétrico de 200mL.

### 3.1.8 Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) P.A 50%

Em uma proveta mediu-se 250mL de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 99% e adicionou-se lentamente em um balão volumétrico que continha 200mL de água deionizada, após isto avolumou-se e homogeneizou-se a solução até a marca de 500mL.

## 3.2 Testes em tubos de ensaio

Iniciou-se os testes objetivando descobrir a menor quantidade possível de soluções  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1% e  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5% combinados, que atinjam os parâmetros estabelecidos, sendo eles menor ou igual à 5 NTU e  $\text{pH} \cong 7,0$ . Adicionou-se 10mL de água com terra em tubos de ensaio enumerados de 1 a 30. Acrescentou-se a solução  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1% nos numerados de 1-10 e solução  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5% nos numerados de 11-20 em ordem crescente.

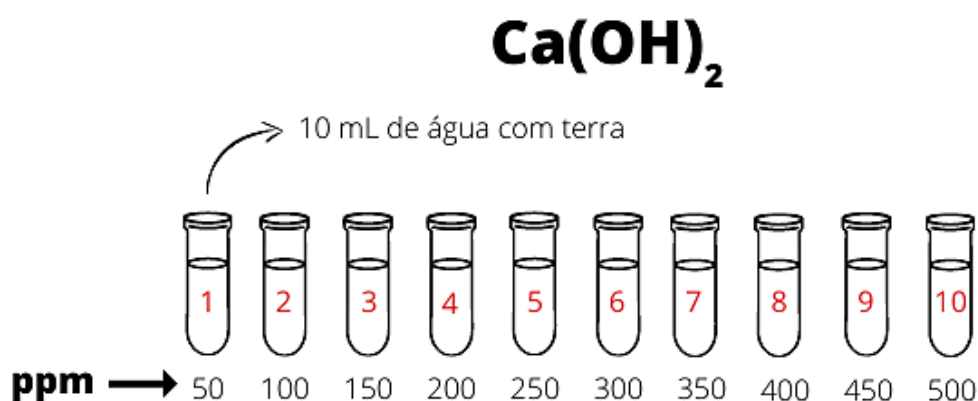


Figura 1: Fluxograma - tubos com  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1%. Acervo Pessoal.

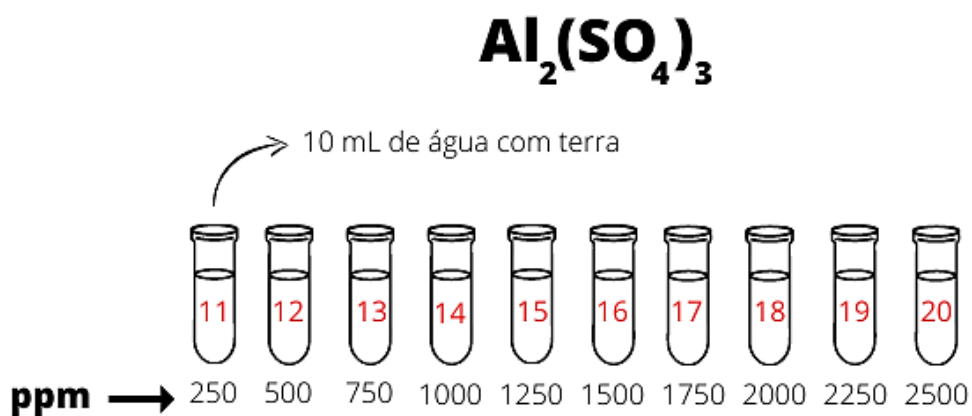


Figura 2: Fluxograma - tubos de ensaio com  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5%. Acervo Pessoal.

Ao fim das adições, homogeneizou-se os tubos com auxílio de um bastão de vidro e aguardou-se 10 minutos para análise. Por conseguinte, observou-se que a água não sofreu alterações significativas na turbidez, visto que os reagentes não possuem propriedades floculantes quando utilizados de forma descombinada.

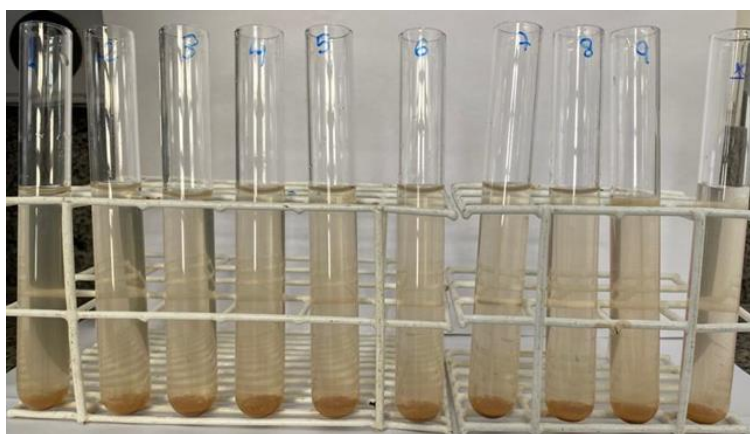


Figura 3: Tubos 1-10. Acervo Pessoal

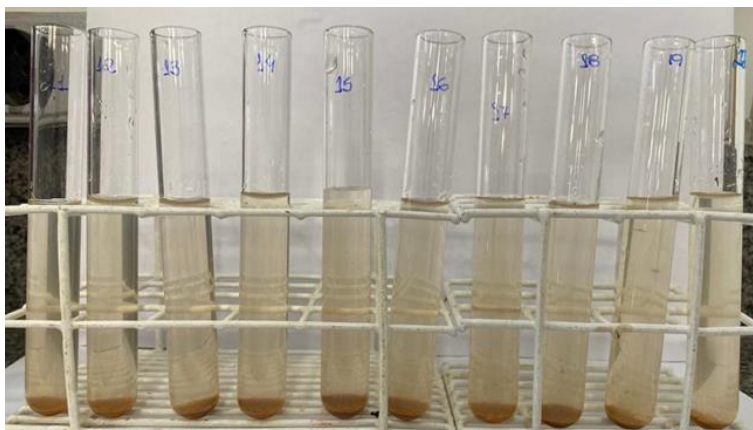


Figura 4: Tubos 11-20. Acervo Pessoal

Em continuidade, nos tubos numerados de 21 a 30 adicionou-se de forma crescente as duas soluções, agora combinadas em tubos de ensaio com 12mL de água com terra, visando a ocorrência da reação  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{CaSO}_4$  para que as impurezas presentes na água sejam floculadas.

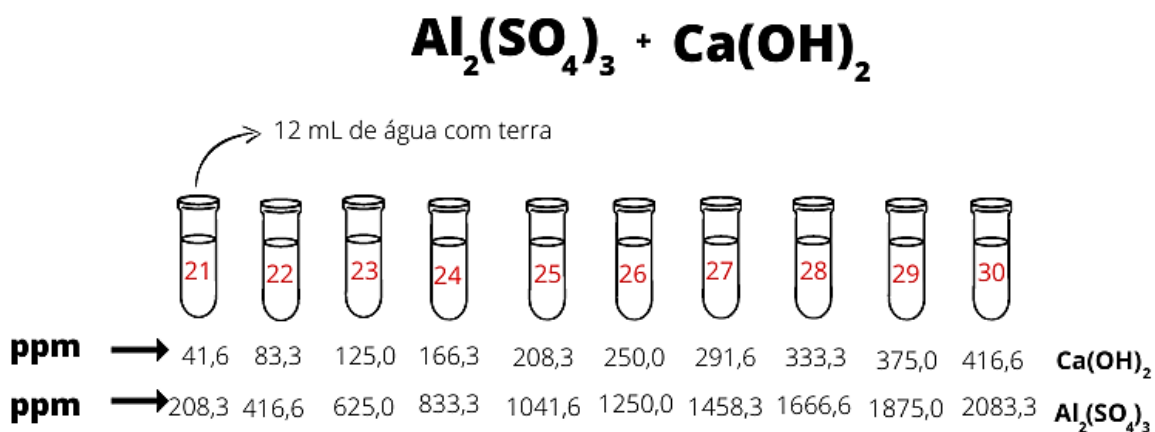


Figura 5: Fluxograma tubos de ensaio com reagentes combinados. Acervo Pessoal.

Após 10 minutos de espera, observou-se que houve floculação e decantação visível a olho nu, obtendo-se como melhores resultados os tubos 27, 28, 29 e 30.



Figura 6: Tubos 21-30. Acervo Pessoal.

### 3.3 Testes em béqueres

Baseando-se nos melhores resultados anteriores, realizou-se 10 novos testes em béqueres de 100mL. Aumentou-se a quantidade de água a ser tratada para 50mL e fixou-se a quantidade de solução  $\text{Ca(OH)}_2$  1% nos béqueres de A-E. De F-J e realizou-se o inverso com os mesmos dados, fixando a quantidade de solução  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5%.

REAGENTES NOS BÉQUERES A-J		
BÉQUER	ppm $\text{Ca(OH)}_2$	ppm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
A	410	1850
B	410	1650
C	410	1450
D	410	1250
E	410	1050
F	370	2050
G	330	2050
H	290	2050
I	250	2050
J	210	2050

Acervo Pessoal

Agitou-se as soluções simultaneamente com o auxílio de bastões de vidro durante 5 minutos e aguardou-se a decantação por 40 minutos.



Figura 7: Béqueres A-J. Acervo Pessoal.

Os menores valores utilizados de cada reagente foram reduzidos outra vez em béqueres denominados K, L, M e N, respectivamente, chegando, assim, na melhor combinação: béquer N, que continha 50 ppm da solução de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1% e 250 ppm da solução de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5%.

REAGENTES NOS BÉQUERES K-N		
BÉQUER	ppm $\text{Ca}(\text{OH})_2$	ppm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
K	210	1050
L	150	750
M	100	500
N	50	250

Acervo Pessoal.



Figura 8: Testes K-N. Acervo Pessoal.



Figura 9: Teste N. Acervo Pessoal.

### 3.4 Testes com amido de milho comercial



Realizou-se um teste denominado A0 apenas com adição de 50 ppm da solução de amido de milho 1% com o intuito de comprovar que seu uso individual não floclula as impurezas da água, aumentando sua turbidez.

Introduziu-se a solução de amido de milho 1% a um béquer com as mesmas proporções de reagentes do Teste N, com o valor fixo  $\text{Ca(OH)}_2$  1% de 50 ppm. Os cinco testes realizados foram denominados de A1-A5, onde a quantidade de solução de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5% foi reduzida proporcionalmente em função da adição do amido. Os testes que melhor decantaram foram A1 e A2, porém, seus resultados apresentavam-se insatisfatórios.

<b>REAGENTES NOS BÉQUERES A0-A5</b>			
<b>BÉQUER</b>	<b>ppm <math>\text{Ca(OH)}_2</math></b>	<b>ppm <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math></b>	<b>ppm Amido</b>
A0	0	0	50
A1	50	200	10
A2	50	150	20
A3	50	100	30
A4	50	50	40
A5	50	0	50

*Acervo Pessoal.*

Tendo em vista os resultados, realizou-se testes experimentais com o intuito de encontrar uma combinação adequada com o amido de milho, denominados T2 e T3. Dessa forma, observou-se que o melhor resultado aparente obtido foi o T2, adotado como padrão para os próximos testes.

<b>REAGENTES NOS BÉQUERES T2 E T3</b>			
<b>BÉQUER</b>	<b>ppm <math>\text{Ca(OH)}_2</math></b>	<b>ppm <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math></b>	<b>ppm Amido</b>
T2	50	150	30
T3	40	150	30

*Acervo Pessoal.*

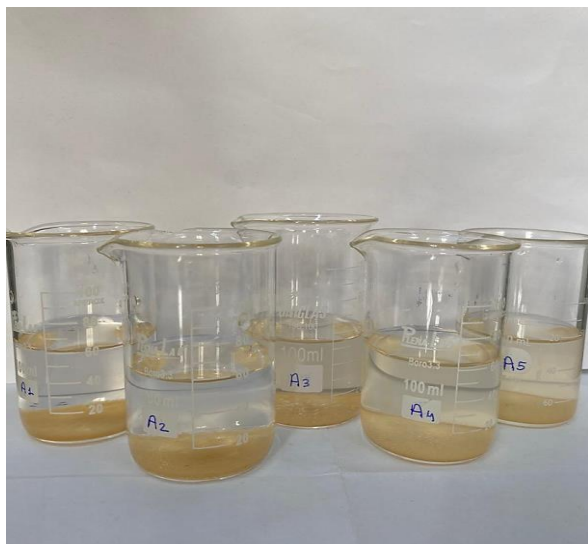


Figura 10: Testes A1-A5. Acervo Pessoal.

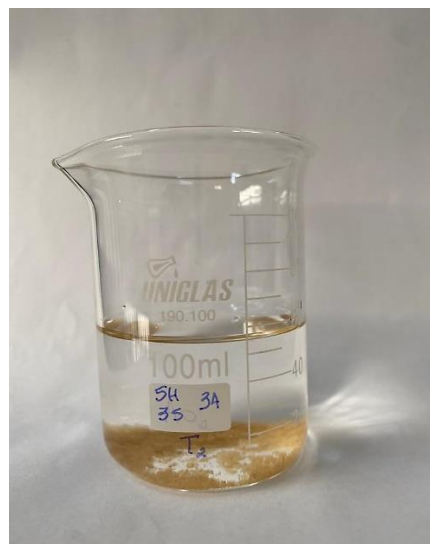


Figura 11: Teste T2. Acervo Pessoal.

Baseando-se no Teste T2, optou-se por comparar a variação do tempo de floculação e decantação das impurezas da água em testes com e sem amido. Para isso, realizou-se testes em béqueres de 100mL com 50mL de água, denominados 1, 2, 3, 4, onde adicionou-se 50 ppm da solução de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1% e 250 ppm da solução de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5%. Por conseguinte, 50 ppm da solução  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1%, 150 ppm da solução  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5% e 30 ppm da solução de amido de milho 1% nos denominados Amido 1, Amido 2, Amido 3 e Amido 4, respectivamente.

REAGENTES NOS BÉQUERES SEM AMIDO E COM AMIDO			
BÉQUER	ppm $\text{Ca}(\text{OH})_2$	ppm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	ppm Amido
1	50	250	0
2	50	250	0
3	50	250	0
4	50	250	0
Amido 1	50	150	30
Amido 2	50	150	30
Amido 3	50	150	30
Amido 4	50	150	30

Acervo Pessoal.

Agitou-se as soluções utilizando bastões de vidro por 5 minutos e aguardou-se a decantação por 10 minutos.



Figura 12: Testes 1, 2, 3 e 4 sem amido. Acervo Pessoal.



Figura 13: Testes Amido 1, Amido 2, Amido 3 e Amido 4. Acervo Pessoal.

### 3.5 Jar Tests finais

Visando padronizar o processo de agitação, utilizou-se dois agitadores mecânicos, de marca Fisatom 713 e NOVA NI 1137, um para cada teste, cujas medidas de água a serem tratadas foram ampliadas proporcionalmente para 500mL, em béqueres de 600mL. Em cada béquer utilizou-se 50 ppm da solução de  $\text{Ca(OH)}_2$  1%, 150 ppm da solução de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5% e 30 ppm da solução de

amido de milho 1%. Agitou-se a solução na velocidade de 90 Rotações por Minuto (RPMs) durante 20 minutos.

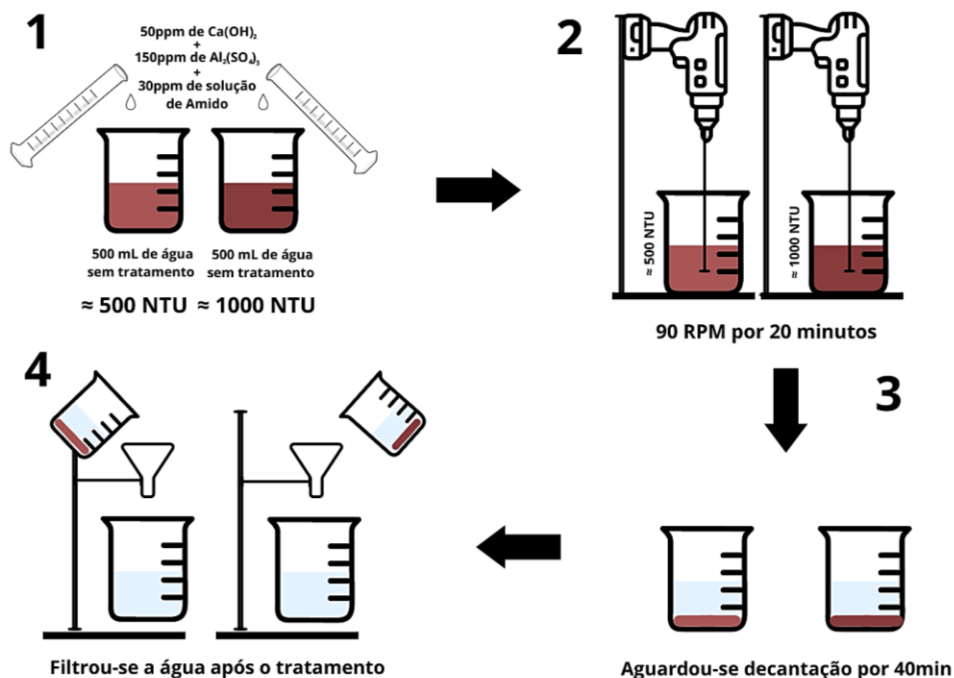


Figura 14: Fluxograma do procedimento com béqueres de 600mL. Acervo Pessoal.



Figura 15: Água em agitação. Acervo Pessoal.

Aguardou-se a decantação por 40 minutos e filtrou-se as soluções em papéis de filtro qualitativos em funil analítico.



*Figura 16: Béqueres após decantação. Acervo Pessoal.*

Afim de comprovar a máxima eficiência medível do tratamento, repetiu-se o processo anterior realizando um novo ensaio em dois béqueres de 600mL, com 500mL de água a ser tratada em ambos, cuja turbidez previamente medida equivale a  $\cong 500$  NTU e  $\cong 1000$  NTU.



*Figura 17: Béqueres com água 1000 NTU e 500 NTU em agitação. Acervo Pessoal.*



Figura 18: Béqueres com água 500 NTU e 1000 NTU após decantação. Acervo Pessoal.

### 3.6 Determinação do teor de matéria orgânica

#### 3.6.1 Lugol

Para verificar a presença de amido de milho residual após o tratamento da água utilizou-se o Lugol, acrescentando 6 gotas da solução em 6 tubos de ensaio com 3 mL de água em cada, sendo 2 tubos com água proveniente de torneira, 2 tubos com água deionizada e 2 tubos com água tratada com amido de milho.

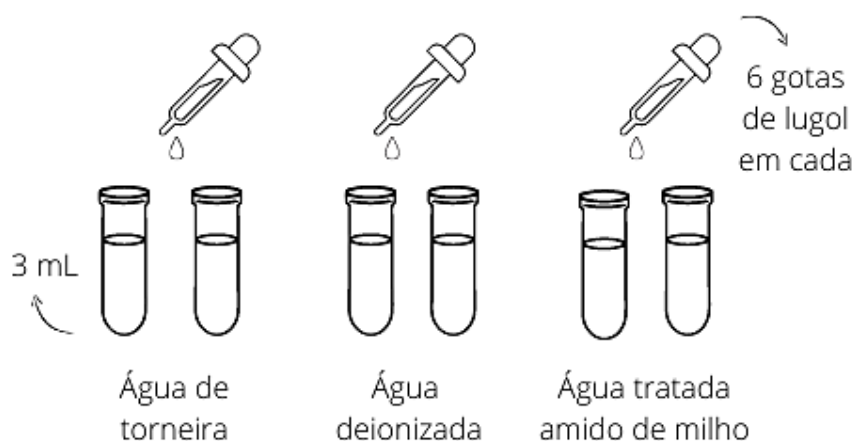


Figura 19: Fluxograma lugol nos tubos de ensaio. Acervo Pessoal.

#### 3.6.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Tratou-se 2L de água turva e guardou-se as soluções na geladeira afim de conservá-las, para que fosse possível realizar o teste de demanda química de oxigênio. Para comparação, também titulou-se água sem tratamento.

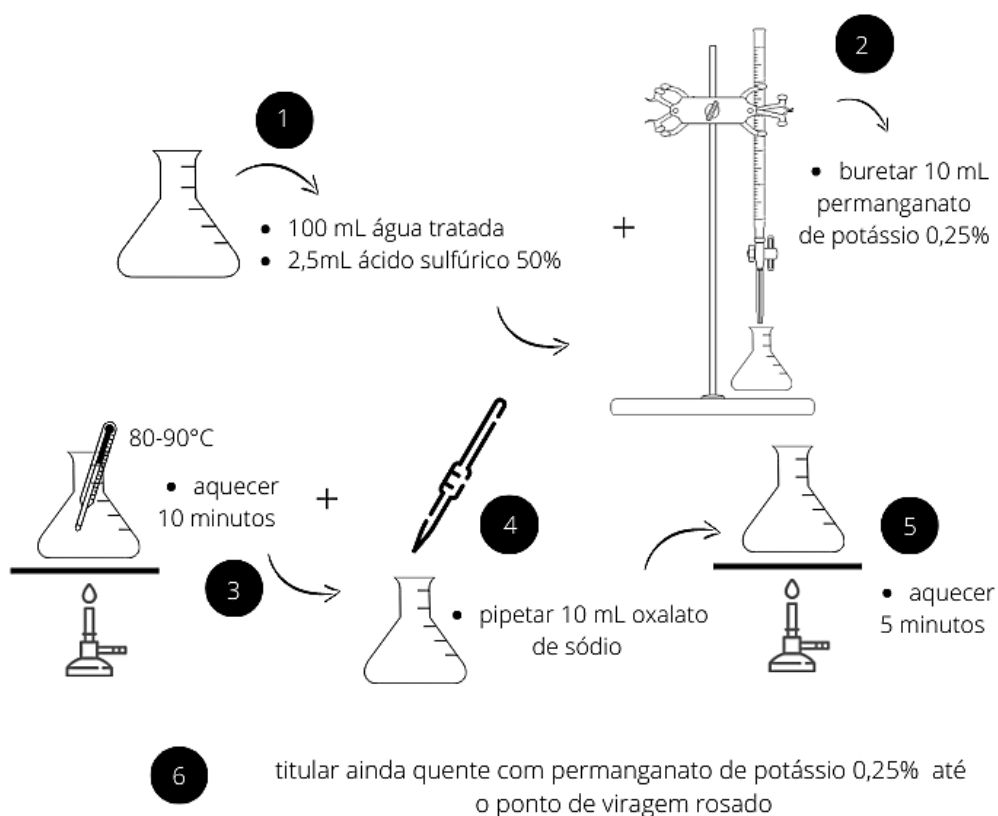


Figura 20: Fluxograma - procedimento da titulação. Acervo Pessoal



Figura 21: Aquecimento. Acervo Pessoal.



Figura 22: Titulação. Acervo Pessoal.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Testes em Tubos de ensaio

Como experimento inicial realizou-se os testes em tubos de ensaios. Nos tubos de 1-20 foram utilizados os reagentes separadamente e observou-se que não houve nenhum resultado aparente de floculação ou decantação, apesar das quantidades empregadas. Já nos tubos de 21-30, pelo fato dos reagentes terem sido utilizados combinadamente, a reação  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{CaSO}_4$  ocorre com êxito, obtendo como resultado a floculação e decantação das impurezas presentes na água, conforme o gráfico a seguir, que relaciona a turbidez e a quantidade de reagentes acrescentados em cada tubo, indicando que a turbidez é satisfatória quando se utiliza a maior quantidade de reagentes proposta nos tubos.

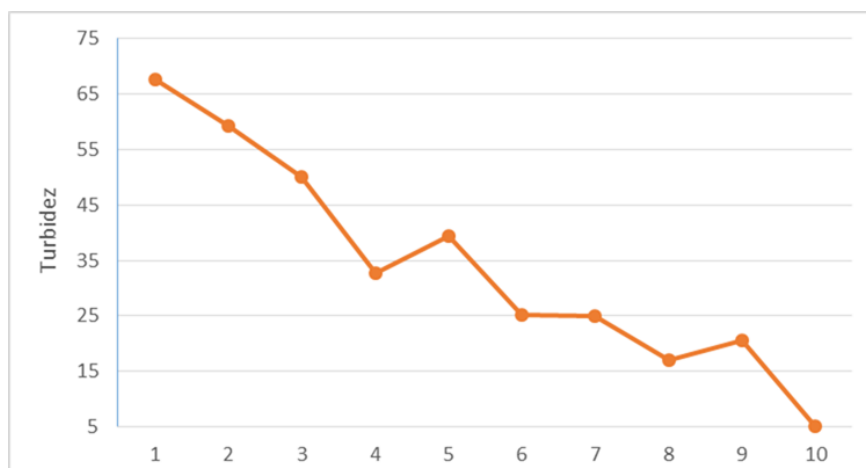
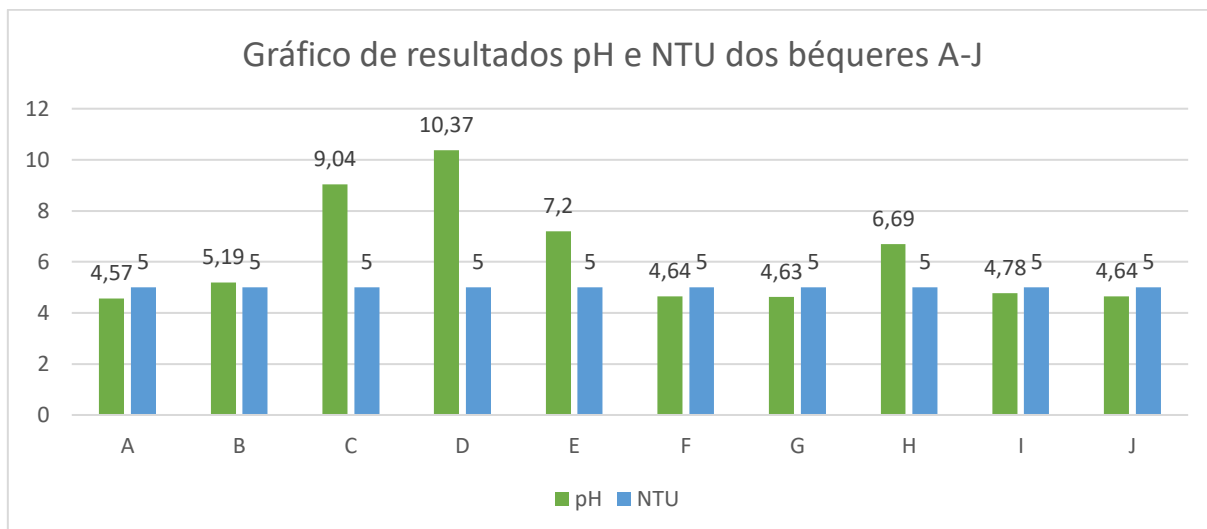


Figura 23: Gráfico de linha - Relação entre turbidez e reagentes. Acervo Pessoal.

### 4.2 Testes em Béqueres

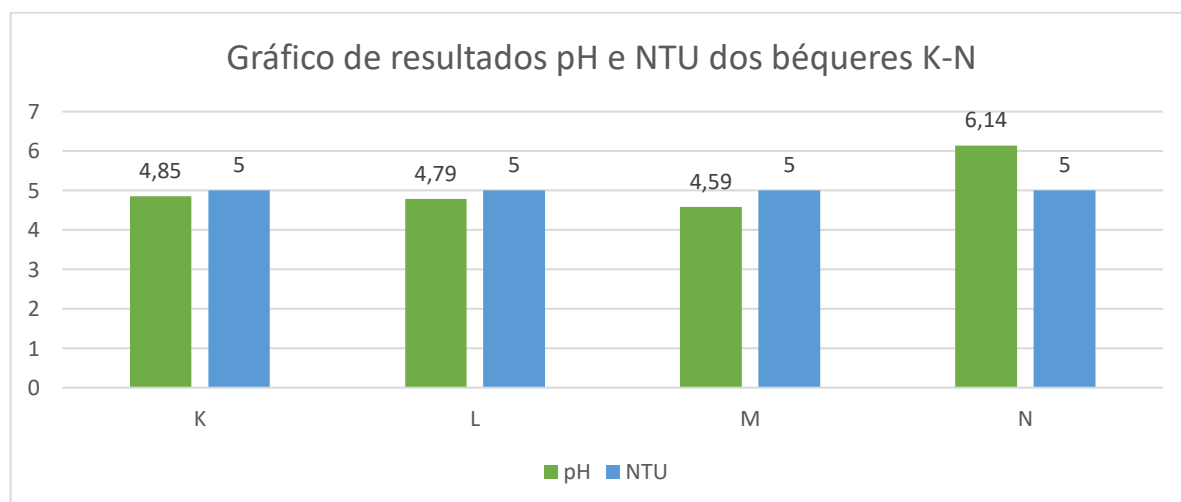
Como resultado dos primeiros testes em béqueres, observou-se grande variação nos índices de pH, decorrente da possível instabilidade no eletrodo utilizado durante as medições. Entretanto, o Teste E destacou-se por seu pH aproximado de 7,0, parâmetro exigido para a água, pois a concentração de íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  estão em equilíbrio, deixando-a neutra. No entanto, a turbidez apresentou-se satisfatória, visto que todos os testes obtiveram resultados iguais a 5 NTU, valor mínimo medido pelo turbidímetro utilizado durante os experimentos.





*Acervo Pessoal*

Novos testes foram realizados e denominados de K-N. Após a decantação, pôde-se observar que todos apresentaram turbidez satisfatória e divergência no pH, sendo representados no gráfico abaixo. Porém, o melhor resultado obtido foi o Teste N, visto que se utilizou a menor quantidade de reagentes, e melhor se assemelhou aos parâmetros exigidos.

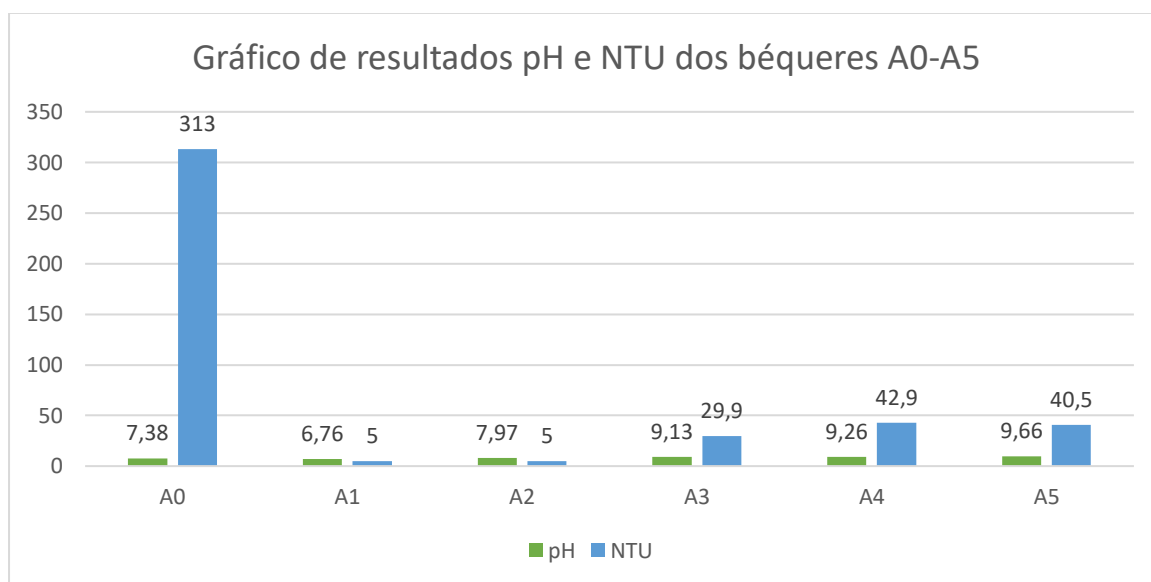


*Acervo Pessoal.*

### 4.3 Testes com amido de milho comercial

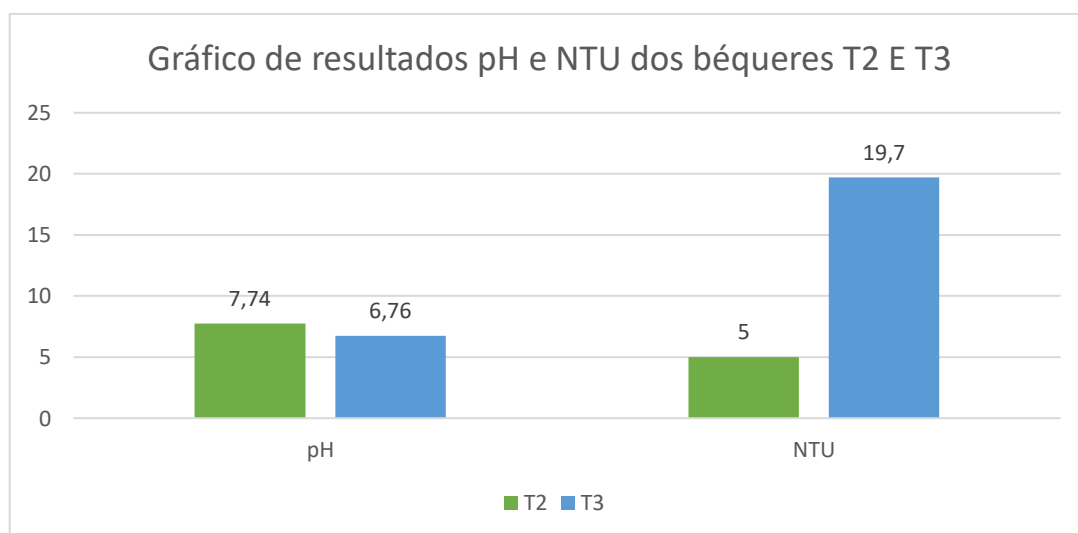
Pode-se observar que o amido de milho, quando utilizado sozinho, não possui ação floculante e aumenta a turbidez da água. Nos testes A1 e A2, o pH manteve-se

dentro dos parâmetros, assim como a turbidez, porém, sua floculação não ocorreu como o esperado. Já nos testes A3, A4, e A5, o pH apresentou-se acima do limite estabelecido, tal qual a turbidez, alterada em decorrência da quantidade de amido de milho e da ausência do floculante  $Al_2(SO_4)_3$  5%, como descrito no gráfico.



*Acervo Pessoal.*

Realizou-se os testes T1 e T2 baseados nos resultados acima. Porém, o teste T2 destacou-se, por atingir os parâmetros desejados por apresentar turbidez 5,0 NTU e pH 7,74, tornando-se o melhor resultado obtido até então, pois sua floculação e decantação ocorreu de forma uniforme. Portanto, o teste T2 foi adotado como padrão para o tratamento.



*Acervo Pessoal.*

Como resultado da verificação da influência do amido de milho no tempo de floculação e decantação do tratamento, observou-se que o mesmo não apresenta diferença significativa em relação ao uso combinado de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  5% e  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1%.

#### 4.4 Jar Tests finais

Após a filtração de ambos os testes, observou-se que os resíduos resultantes da floculação foram bem retidos pelos papéis de filtro qualitativos. Em seguida mediu-se a turbidez e o pH, chegando ao resultado de 5,0 NTU e 7,16 e 5,0 NTU e 7,20, respectivamente, comprovando que o tratamento ocorreu com êxito, pois a água tratada atingiu os parâmetros exigidos anteriormente.



Figura 24: Papel de filtro qualitativo após filtração. Acervo Pessoal.

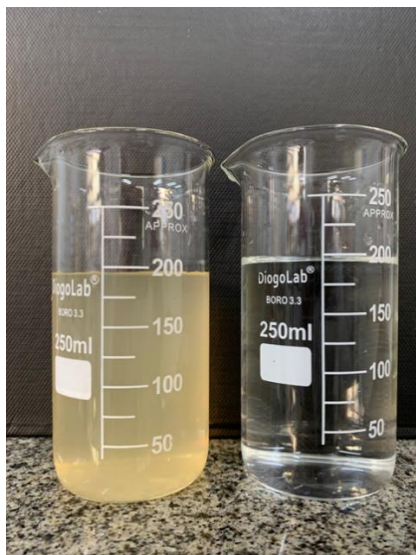


Figura 25: Comparativo antes/após tratamento. Acervo Pessoal.

Nos testes realizados afim de comprovar a máxima eficiência do tratamento, obteve-se como resultado pH 7,0 e 5,0 NTU para o béquer de  $\cong$  500 NTU e pH 7,47 e 5,0 NTU, provando que as quantidades utilizadas se mostram eficazes a cada 1000 NTU. Portanto, a concentração eficiente foi 50 ppm de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 150 ppm de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  e 30 ppm de amido de milho.

## 4.5 Determinação do teor de matéria orgânica

### 4.5.1 Lugol

Após realizar o teste em todos os tubos de ensaio, observou-se que nenhum deles apresentou coloração azulada, que indica presença de amido na solução. Portanto, conclui-se que a água residual do tratamento não possui quantidades significativas de amido para que seja possível detectar através da utilização de lugol.



Figura 26: Tubos de ensaio com lugol. Acervo Pessoal.

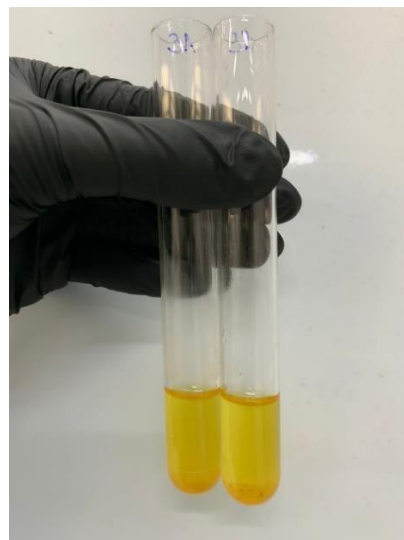


Figura 27: Lugol com água tratada com amido de milho. Acervo Pessoal.

#### 4.5.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A média de mL gastos para a titulação da água sem tratamento foi de 2,70 mL, e 2,03mL na água com tratamento de amido de milho. De acordo com Determinação do Oxigênio Consumido (O.C.) [9], é possível realizar a interpretação dos resultados obtidos na titulação.

1 mL de  $\text{KmnO}_4$  N/80 SV = 1 mg / L ou 1 ppm

I- Descoramento total = acima de 3 mg / L de O. C. = água imprópria

II- Descoramento parcial = cerca de 2 mg / L de O. C. = água aceitável

III- Sem descoramento = inferior a 1 mg / L de O .C. = água potável

Portanto, conclui-se que para 2,03 mL gastos na metodologia, o tratamento com amido de milho resulta em uma água residual dentro do valor aceitável.



*Figura 28: Resultado pós titulação. Acervo Pessoal.*

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos dados obtidos, conclui-se que o tratamento da turbidez da água com amido de milho comercial provou-se eficiente. Tendo como padrão que para cada 1000 NTU a concentração é de 50 ppm de  $\text{Ca(OH)}_2$ , 150 ppm de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  e 30 ppm de amido de milho, reduziu-se 40% da quantidade de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  aplicada no início dos testes, não influenciando na velocidade de floculação e decantação das impurezas. Ademais, a quantidade de amido de milho residual do tratamento está dentro do valor aceitável, não acarretando em prejuízos para a natureza.

## REFERÊNCIAS

- [1] ISMAIL, Isadora Alves Lovo et al. **Uso de polímeros sintéticos e naturais no tratamento de resíduos de estação de tratamento de água.** AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2016.
- [2] ZARA, Ricardo Fiori; THOMAZINI Maria Helena e LENZ Guilherme Felipe. **ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE POLÍMERO NATURAL EXTRAÍDO DO CACTO MANDACARU (*Cereus jamacaru*) COMO AUXILIAR NOS PROCESSOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA.** REA – Revista de estudos ambientais (Online) v. 14, n. 2esp, p. 75-83, 2012.
- [3] SABESP. **Qualidade da água tratada.**
- [4] OLINGER, Cristiano. **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtro rápido de uma estação de tratamento de água.** Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.
- [5] SILVA, Davi. **Aproveitamento de lodos gerados em ETAs e a importância de auxiliares de floculação naturais.** DAE, 2010, Vol.58 (183), p.21-25.
- [6] **Mortandade de peixes.** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 2022.
- [7] PLABOR. **Jar-Test e o Ensaio de Floculação.** Guia do Comprador, 2018.
- [8] MORUZZI, Rodrigo Braga; NAKADA, Liane Yuri Kondo. **COLETA E TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS COM EMPREGO DE AMIDO DE MILHO COMO COAGULANTE PRIMÁRIO EM FILTRAÇÃO CÍCLICA EM ESCALA DE LABORATÓRIO.** REA – Revista de estudos ambientais - v.11, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2009.
- [9] **Determinação do oxigênio consumido.** Portal tratamento de água, 2008.
- AULA PRÁTICA: JAR-TEST (passo-a-passo, detalhe por detalhe, continha por continha, prática e teoria).** YouTube, Nov. 2020.

REN, Jie et al. **Efficient removal of phosphorus from turbid water using chemical sedimentation by FeCl<sub>3</sub> in conjunction with a starch-based flocculant;** ELSEVIER – Water Research - vol. 170, 2020.