

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO POLÍMERO CATIÔNICO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Cintia Tiemi Shibata⁽¹⁾

Tecnóloga Ambiental pela Faculdade Senai de Tecnologia Ambiental. Mestre em Ciências Farmacêuticas pela Universidade de São Paulo (USP). Técnica em sistemas de saneamento na Sabesp.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dom Jaime de Barros Câmara, 715 – São Bernardo do Campo - SP - CEP: 09895-740 - Brasil - Tel: (11) 4128-4701 - e-mail: cshibata@sabesp.com.br

RESUMO

A ETA Rio Grande abastece cerca de 1,5 milhão de pessoas no Estado de São Paulo. Dentre os processos utilizados para o tratamento de água na ETA, está a decantação. O polímero catiônico é utilizado como um auxiliar de floculação. Para o aumento da eficiência da decantação é necessária uma boa coagulação e floculação.

Visando a melhora da qualidade da água decantada obtida, foram realizados ensaios em jar test alterando as dosagens de coagulante (Policloreto de Alumínio) e polímero catiônico aplicados. Foram utilizadas as dosagens de 0,09, 0,12 e 0,15ppm para o polímero e de 4 a 16ppm para o coagulante. Verificou-se que com o aumento da dosagem de polímero em 0,03ppm era possível a redução de 2ppm da dosagem de coagulante.

Realizou-se um levantamento das dosagens utilizadas durante o ano de 2022 na ETA e feita uma relação entre dosagens x qualidade da água bruta. Verificou-se que a dosagem média anual foi de 11ppm para o PAC e 0,10ppm para o polímero, para uma turbidez da bruta de 3,3NTU. A maior eficiência de remoção de turbidez foi observada nos meses onde bruta apresenta maior turbidez e a menor remoção nos meses onde a bruta apresenta a menor turbidez.

No teste realizado em planta, foram alteradas as concentrações de coagulante de 10 a 17ppm e de polímero de 0,08 a 0,15ppm. A maior eficiência encontrada foi com a dosagem de 14ppm de PAC combinada com 0,12ppm de polímero. A dosagem de polímero de 0,15ppm não apresentou o resultado esperado. Verificou-se que com o aumento da dosagem de polímero é possível a redução do coagulante com remoção de eficiência mínima de 50%.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoria da Qualidade, Otimização de dosagens, Auxiliares de Floculação, Redução de custo, Polímero Catiônico.

INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Água localiza-se na Grande São Paulo e abastece cerca de 1,5 milhão de pessoas.

O processo de tratamento de água mais comumente utilizado no Brasil é composto pelas etapas de: coagulação, decantação, filtração e desinfecção. Campos, Di Bernardo e Vieira (2005), consideram as duas primeiras etapas como as responsáveis pela remoção de partículas da água bruta. Lopes (2008), diz que as etapas de coagulação e floculação são de grande importância no tratamento de água, pois delas depende a eficiência das etapas subsequentes, como a sedimentação e filtração.

O processo de separação dos flocos do líquido pela ação da gravidade é denominado decantação. Segundo Von Sperling (1996), a obtenção de um efluente clarificado é o principal objetivo da decantação. Para a simulação das etapas de coagulação, floculação e decantação, Abramovich et al. (2004), considera o jar test como método que determinará a dosagem ideal de coagulante.

Os polímeros são utilizados com auxiliares de floculação, pois aumentam o tamanho e a resistência das partículas suspensas, melhorando a qualidade da água decantada. (Delmonico et al., 2020)

Visando a melhora da qualidade da água tratada, foram realizados ensaios alterando as dosagens de coagulante (Policloreto de Alumínio) e polímero catiônico em jar test e avaliando o seu desempenho. Foram utilizadas dosagens de 0,09, 0,12 e 0,15ppm para o polímero e de 4 a 16 ppm para o coagulante.

Foi realizado o levantamento dos dados das dosagens utilizadas e resultados de análise no período de janeiro a dezembro de 2022. Posteriormente, foram realizados testes no processo com dosagens de 0,08, 0,09, 0,10, 0,12, 0,13 e 0,15ppm para o polímero e de 10 a 17 ppm para o coagulante.

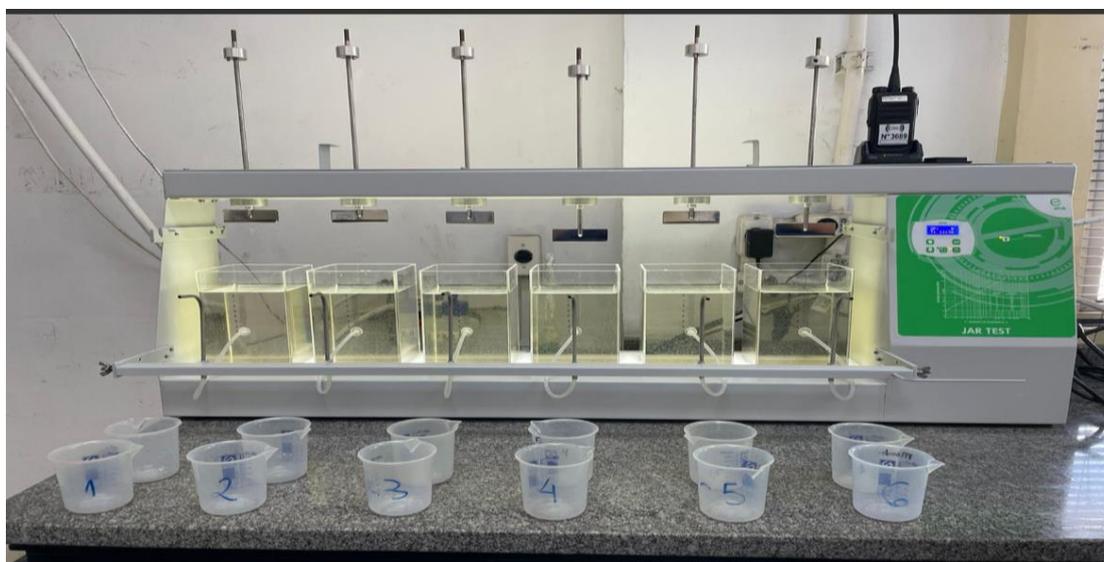
A eficiência de remoção da turbidez foi avaliada através dos resultados de análise realizados rotineiramente para o controle da qualidade da água tratada.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a melhor eficiência de remoção da turbidez obtida através da otimização das dosagens de coagulante e polímero aplicados na estação de tratamento de água. Atualmente estão sendo aplicados Policloreto de Alumínio (PAC) e Polímero Catiônico respectivamente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foram realizados ensaios no jar test com diferentes dosagens de coagulante e polímero para avaliar a influência na eficiência de remoção da turbidez.

Figura 1 –Equipamento de Jar Test



Os ensaios foram realizados com os gradientes e ordem de adição de produtos descritos na tabela abaixo:

Tabela 1 – Gradientes de velocidade e ordem de adição dos produtos do Jar Test

Velocidade (rpm)	Tempo (min)	Produto adicionado
0	0	Água clorada
150	0	Coagulante
50	1	Polímero
150	0,67	
50	6	
35	3	
0	2	

PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

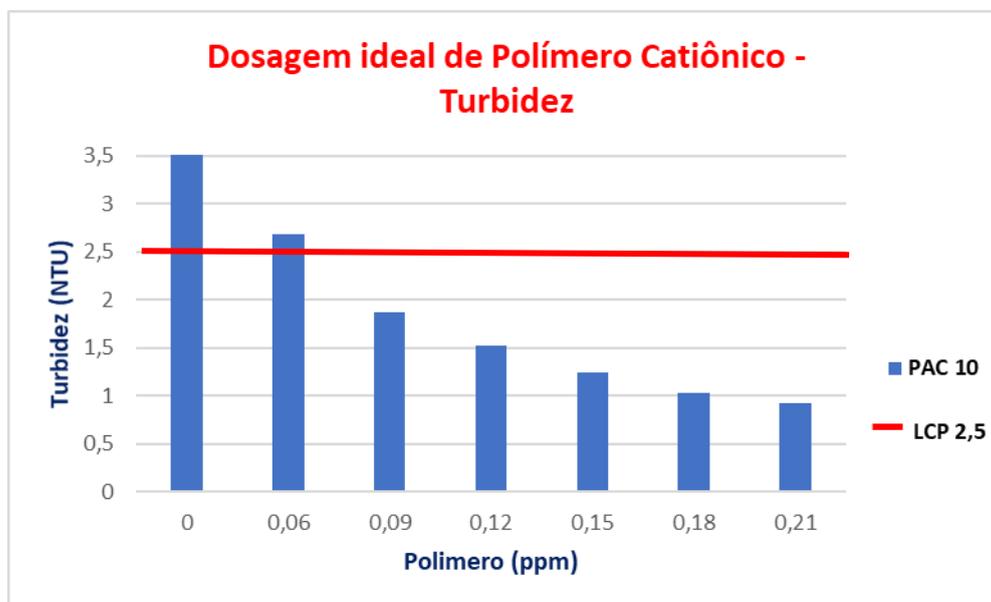
Após determinação da faixa de dosagem de polímero, foram realizados ensaios em jar test oscilando a dosagem de coagulante. Para a dosagem de 0,09ppm de polímero, a dosagem de coagulante oscilou de 12 a 16ppm. Para 0,12ppm de polímero, de 6 a 16 ppm e para 0,15ppm de polímero, de 8 a 12ppm.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Seguem os resultados obtidos nos ensaios de jar test:

Realizou-se uma varredura para determinar a faixa de dosagem de polímero catiônico a ser estudada:

Figura 2 – Determinação da faixa de dosagem de polímero catiônico

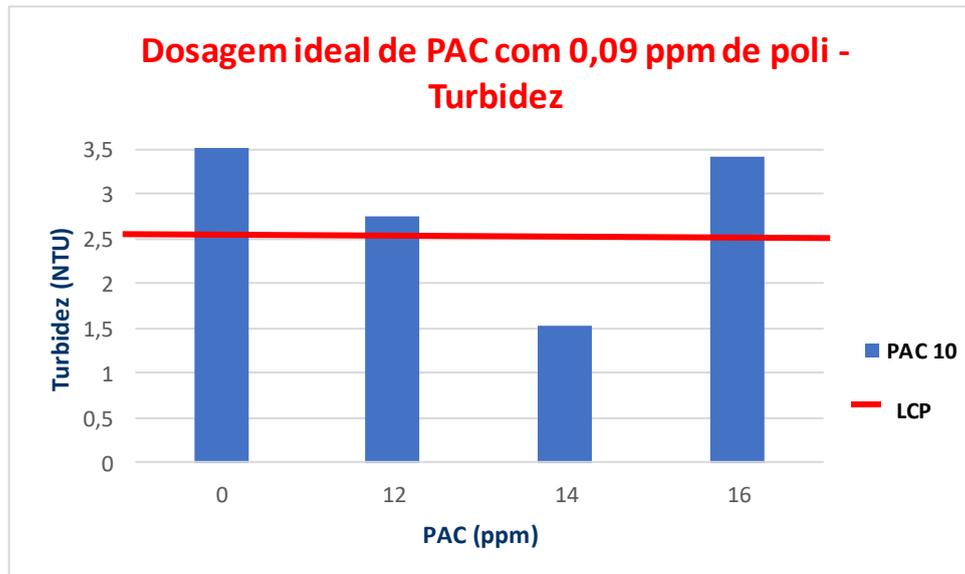


Seguem os resultados para 0,09ppm de polímero catiônico:

Tabela 2 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante com 0,09 ppm de polímero

Dosagem (ppm)	Turbidez (NTU)	Remoção (%)
0	3,89	
12	2,75	29,3
14	1,52	60,9
16	3,41	12,3

Figura 3 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante com 0,09 ppm de polímero

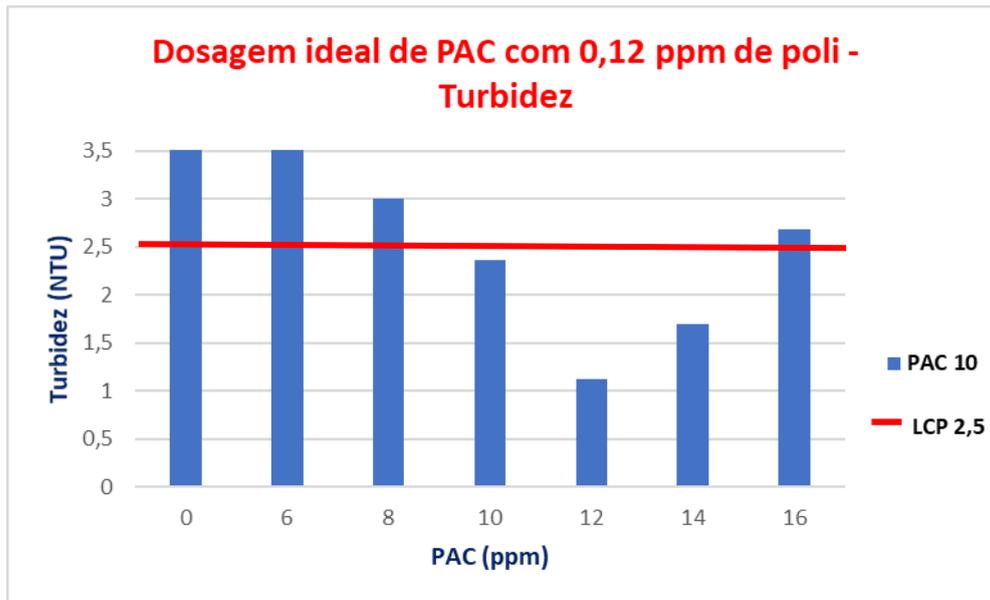


Seguem os resultados para 0,12ppm de polímero catiônico:

Tabela 3 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante com 0,12 ppm de polímero

Dosagem (ppm)	Turbidez (NTU)	Remoção (%)
0	4,07	
6	3,52	13,5
8	3,00	26,3
10	2,37	41,8
12	1,13	72,2
14	1,70	58,2
16	2,68	34,2

Figura 4 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante com 0,12 ppm de polímero

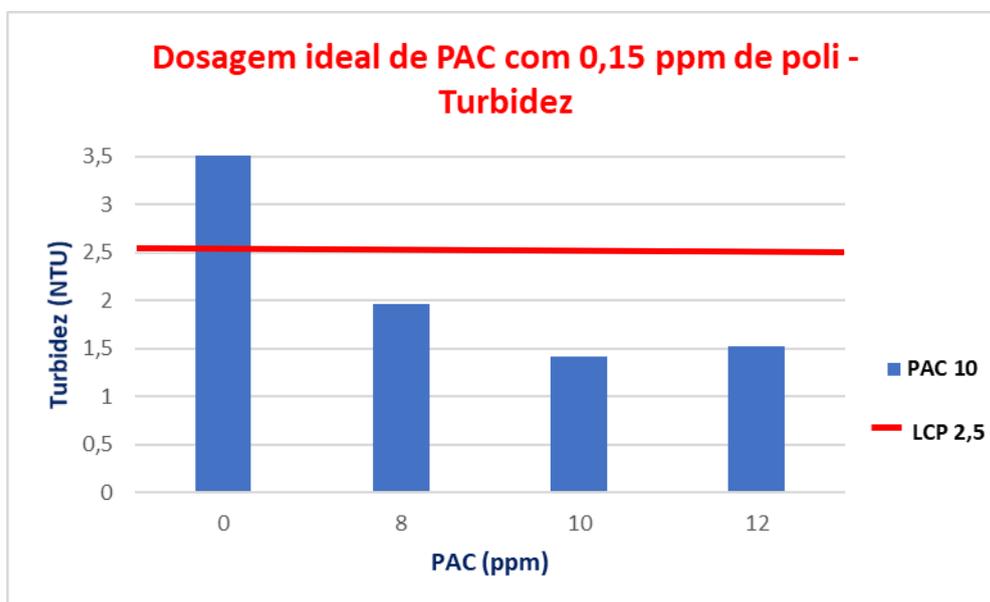


Seguem os resultados para 0,15ppm de polímero catiônico:

Tabela 4 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante com 0,15 ppm de polímero

Dosagem (ppm)	Turbidez (NTU)	Remoção (%)
0	3,89	
8	1,96	49,6
10	1,42	63,5
12	1,53	60,7

Figura 5 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante com 0,15 ppm de polímero



Os ensaios de jar test apresentaram uma boa eficiência de remoção de turbidez em relação a bruta. Foram analisadas as dosagens de 0,09, 0,12 e 0,15ppm de polímero catiônico.

Para 0,09ppm a maior eficiência encontrada foi para a 14ppm de coagulante. Enquanto que para 0,12ppm, a maior eficiência foi para 12ppm de coagulante. Para 0,15ppm, a maior eficiência encontrada foi para 10ppm de coagulante.

SEGUNDA ETAPA: COMPILAÇÃO DOS DADOS DA ETA

Realizou-se um levantamento das dosagens de coagulante e polímero catiônico utilizadas no período de janeiro a dezembro de 2022 na ETA. Deste período também foram levantados os dados da água bruta e resultados de análise da água decantada.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Os dados foram inseridos na tabela abaixo:

Tabela 5 – Média mensal de dosagens de produtos químicos e remoção de turbidez

Mês	PAC (ppm)	Poli (ppm)	Bruta (NTU)	PAC (ppm)/NTU	Poli(ppm)/NTU	Remoção(%)
jan	13	0,07	3,77	3,4	0,02	48
fev	14	0,11	4,19	3,4	0,03	51,8
mar	13	0,07	4,25	3,0	0,02	55,5
abr	15	0,16	4,54	3,3	0,03	57,3
mai	12	0,10	3,07	3,8	0,03	44,3
jun	8	0,16	2,47	3,4	0,06	23,5
jul	8	0,05	2,06	4,0	0,02	-7,3
ago	9	0,10	2,9	3,3	0,03	43,8
set	12	0,11	3,4	3,5	0,03	45,3
out	11	0,10	2,07	5,2	0,05	33,3
nov	11	0,08	3,59	2,9	0,02	56,5
dez	12	0,10	3,81	3,1	0,03	60,9



Figura 6 – Resultados de eficiência de remoção x dosagens de produtos químicos durante o ano de 2022

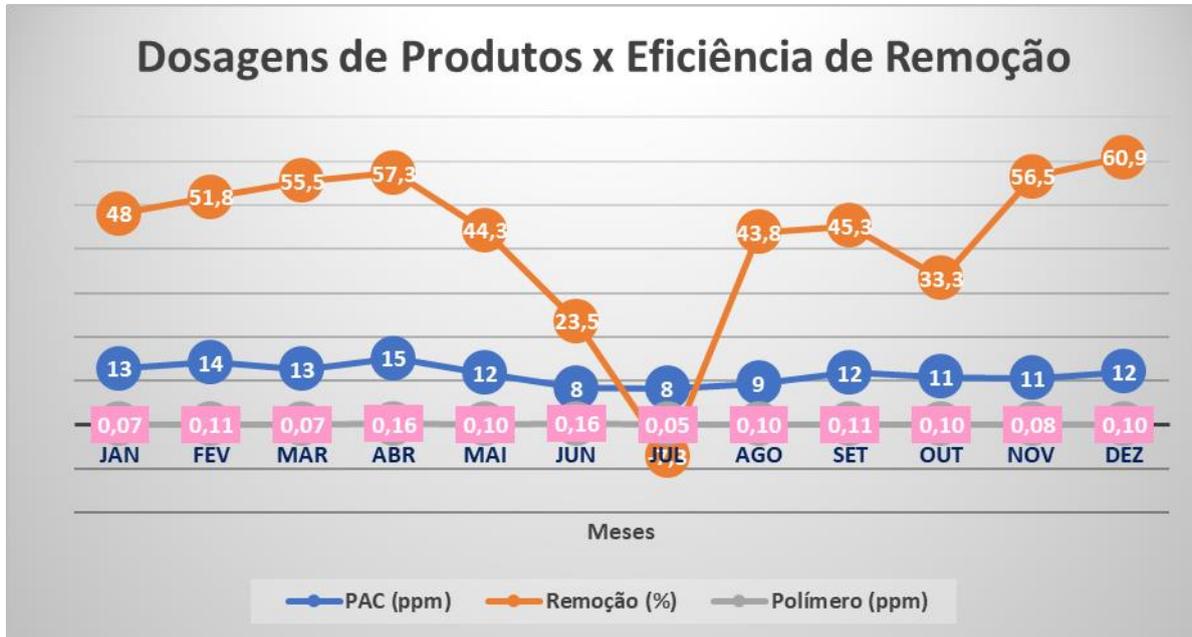


Figura 7 – Resultados de turbidez x dosagem de PAC referente ao ano de 2022

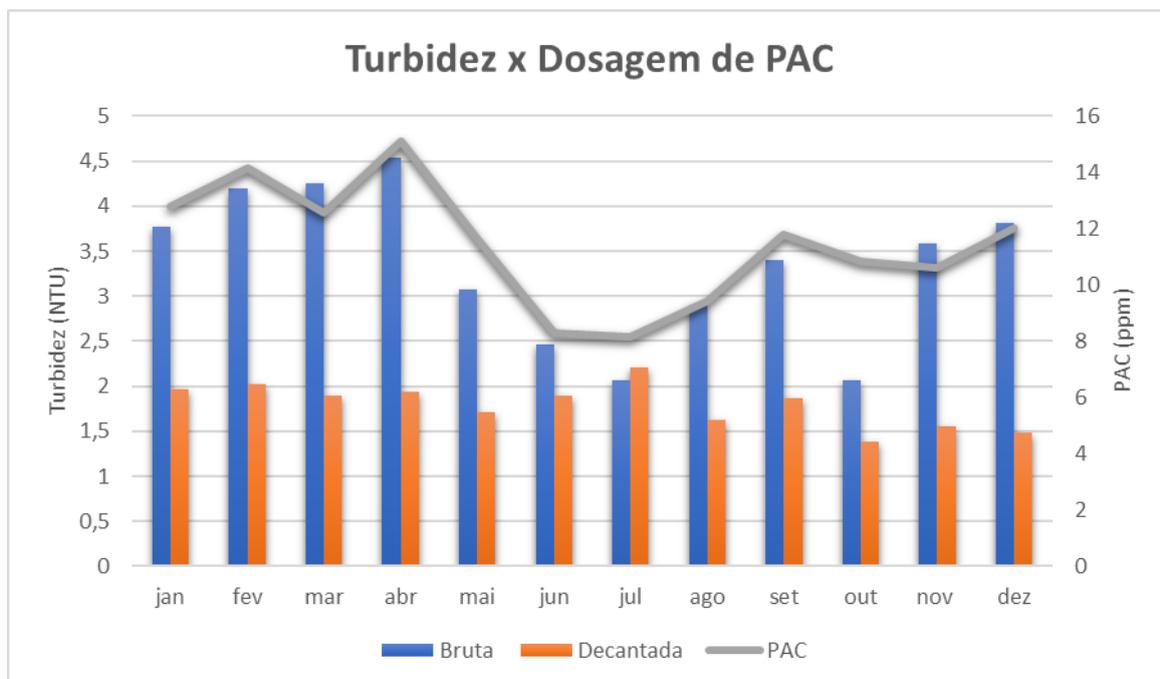
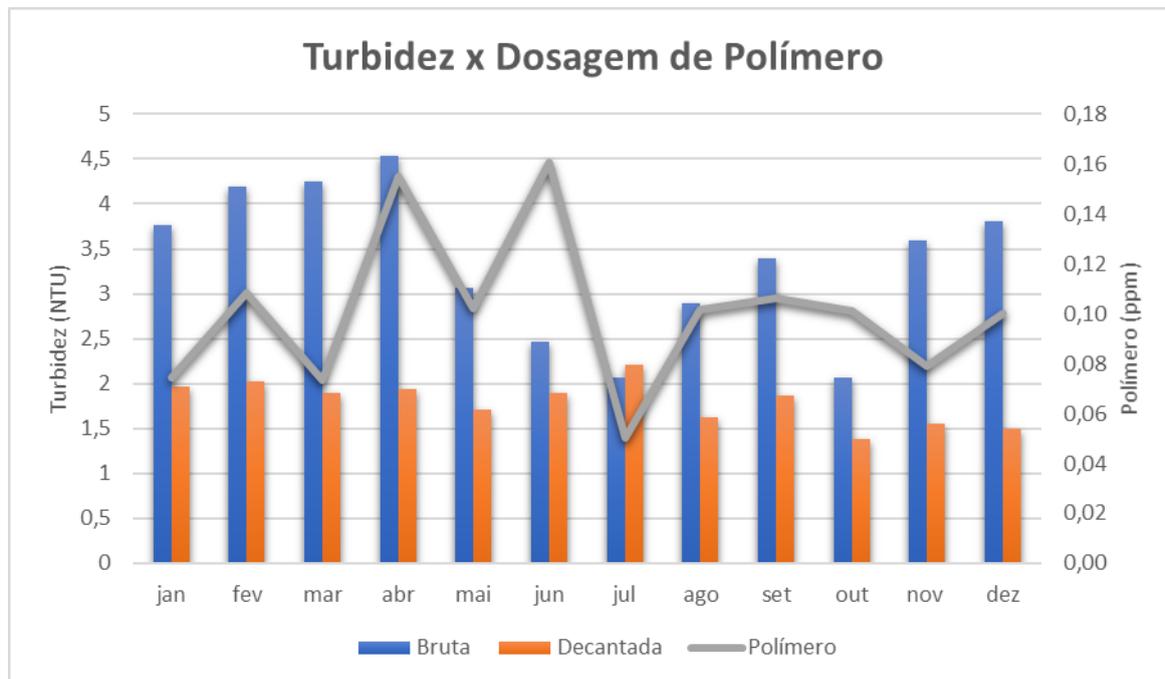


Figura 8 – Resultados de turbidez x dosagens de polímero referente ao ano de 2022



Avaliando-se as dosagens utilizadas no decorrer do ano na estação, observa-se que a média de dosagem do coagulante foi de 11ppm e 0,10ppm de polímero catiônico.

A maior eficiência foi verificada no período de janeiro a abril e de novembro a dezembro. Neste período também foi observado o maior valor de turbidez da água bruta, por volta de 4 NTU. A dosagem média de coagulante neste período foi de 13ppm e 0,09ppm de polímero. Dentre estes meses, a maior eficiência foi obtida no mês de dezembro com as dosagens de 12ppm de coagulante e 0,10ppm de polímero.

A eficiência intermediária foi verificada nos meses de maio, agosto e setembro, onde a turbidez da água bruta estava por volta de 3 NTU. A dosagem média de coagulante foi de 11ppm e 0,10ppm de polímero. O mês de agosto apresentou as menores dosagens de coagulante e polímero, sendo 9ppm e 0,10ppm respectivamente, porém com desempenho similar as maiores dosagens aplicadas.

A menor eficiência foi verificada nos meses de junho, julho e outubro, onde a turbidez da água bruta estava por volta de 2NTU. A dosagem média de coagulante foi de 9ppm e 0,10ppm. Verifica-se que a dosagem muito baixa de polímero (0,05ppm) no mês de julho, afetou a eficiência de remoção, sendo o menor resultado obtido em todo o período analisado. Observa-se que em junho com a mesma dosagem de coagulante, porém com a aplicação de 0,16ppm de polímero a eficiência apresentou uma melhora significativa. Em outubro, com o aumento das dosagens de coagulante e polímero, houve um aumento na eficiência, sendo o melhor desempenho destes três meses analisados.

TERCEIRA ETAPA: APLICAÇÃO NA ESTAÇÃO

Foram realizados testes no processo que abrangeram a faixa de 0,08 a 0,15ppm para o polímero catiônico e de 10 a 17ppm de coagulante.

RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

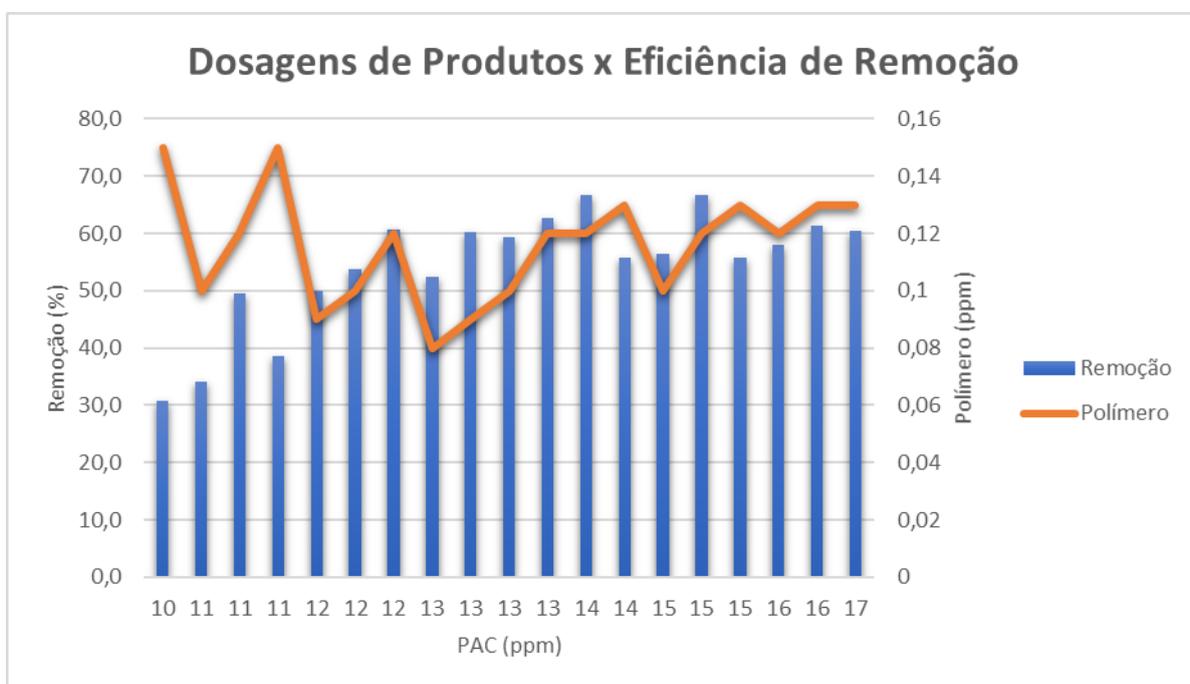
Seguem os resultados dos testes realizados:



Tabela 6 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero na ETA

PAC (ppm)	Poli (ppm)	Bruta (NTU)	Decantada (NTU)	Remoção (%)
10	0,15	3,32	2,3	30,7
11	0,1	3,64	2,4	34,1
11	0,12	3,41	1,72	49,6
11	0,15	3,32	2,04	38,6
12	0,09	3,89	1,95	49,9
12	0,1	3,67	1,7	53,7
12	0,12	2,82	1,11	60,6
13	0,08	4,11	1,96	52,3
13	0,09	3,89	1,55	60,2
13	0,1	3,64	1,48	59,3
13	0,12	3,74	1,4	62,6
14	0,12	3,03	1,01	66,7
14	0,13	2,77	1,23	55,7
15	0,1	3,13	1,36	56,5
15	0,12	3,35	1,12	66,7
15	0,13	3,13	1,15	55,8
16	0,12	2,71	1,05	57,9
16	0,13	3,35	1,41	61,3
17	0,13	2,9	1,15	60,5

Figura 9 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero na ETA





No teste realizado no processo, verifica-se que as maiores eficiências são encontradas com 14 e 15ppm de coagulante. Essas dosagens combinadas com 0,12ppm de polímero apresentaram a melhor eficiência do teste.

As menores eficiências de remoção foram encontradas com as dosagens de 10 e 11ppm de coagulante. Mesmo com o aumento da dosagem de polímero para 0,15ppm a remoção manteve-se baixa. Visualmente esta dosagem de polímero apresentou-se excessiva.

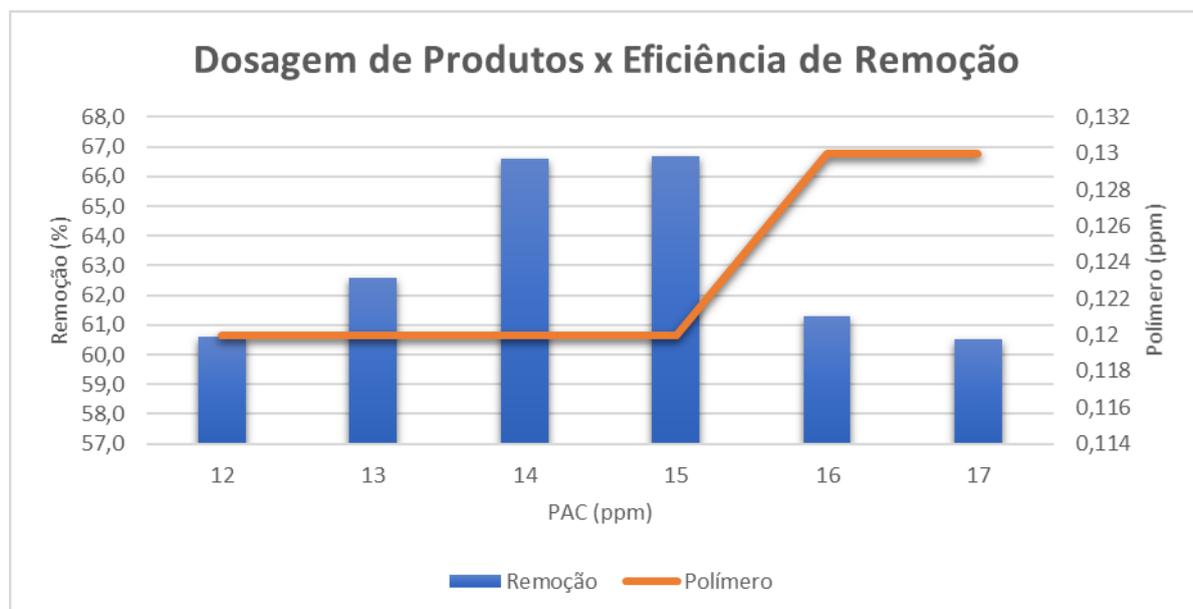
Considerando-se aceitável a faixa de remoção de 50% verifica-se que as dosagens de 11ppm de PAC com 0,12ppm de polímero, 12ppm de PAC com 0,09ppm de polímero e 13ppm de PAC com 0,08ppm de polímero apresentaram desempenho similar. Demonstrando ser possível a redução do coagulante com o aumento da dosagem de polímero.

Melhores resultados foram obtidos com maiores dosagens de coagulante e polímero. Considerando-se como objetivo valores de eficiência de remoção acima de 60%, destacamos as dosagens da tabela abaixo:

Tabela 7 – Melhores resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero na ETA

PAC (ppm)	Poli (ppm)	Bruta (NTU)	Decantada (NTU)	Remoção (%)
12	0,12	2,82	1,11	60,6
13	0,12	3,74	1,4	62,6
14	0,12	3,03	1,01	66,6
15	0,12	3,35	1,12	66,7
16	0,13	3,35	1,41	61,3
17	0,13	2,9	1,15	60,5

Figura 10 – Melhores resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero na ETA



Através do gráfico acima, observa-se que acima de 12ppm de coagulante e 0,12ppm de polímero os valores de remoção obtidos estão na mesma grandeza.



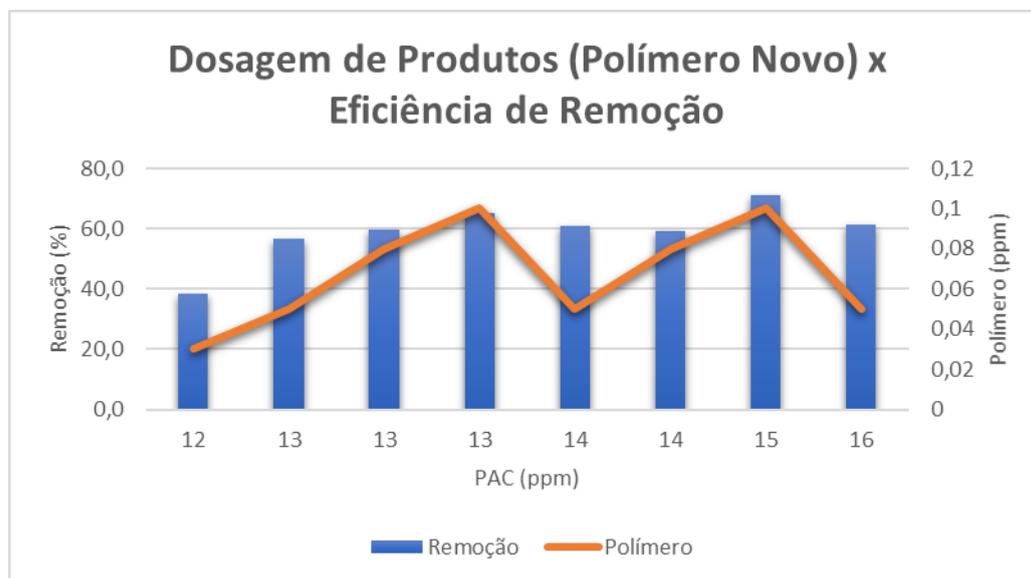
Um novo polímero foi testado na ETA. Foram realizados testes oscilando as dosagens de coagulante e polímero para avaliar o seu comportamento.

Tabela 8 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero novo na ETA

PAC (ppm)	Polímero Novo (ppm)	Bruta (NTU)	Decantada (NTU)	Remoção (%)
12	0,03	3,73	2,29	38,6
13	0,05	3,77	1,63	56,8
13	0,08	4,17	1,68	59,7
13	0,1	3,41	1,19	65,1
14	0,05	3,41	1,19	65,1
14	0,08	3,1	1,27	59,0
15	0,1	3,57	1,03	71,1
16	0,05	3,76	1,46	61,2

Observa-se que este novo polímero apresenta uma boa eficiência de remoção de turbidez utilizando-se dosagens menores.

Figura 11 – Resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero novo na ETA

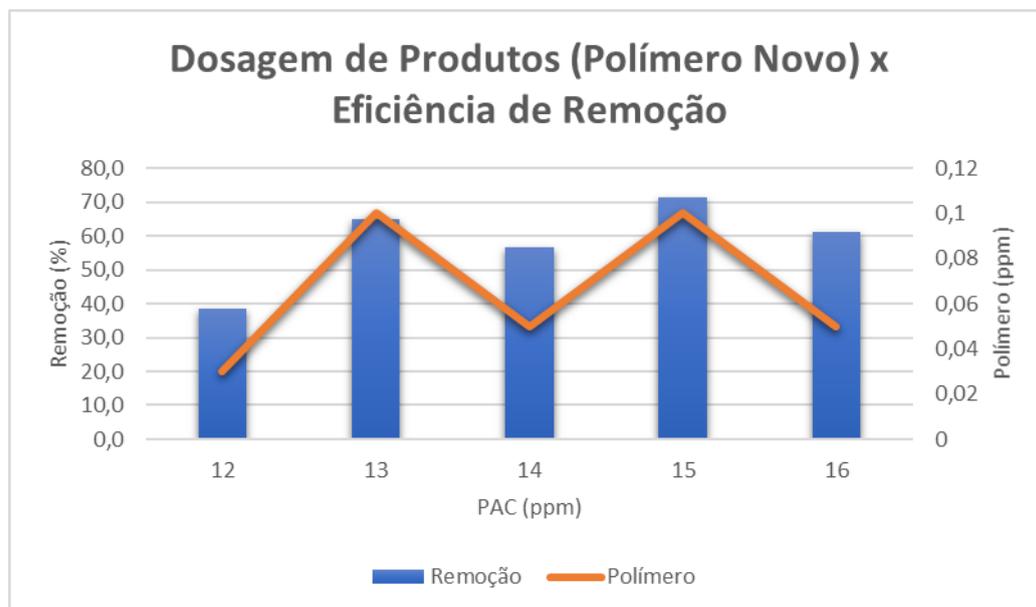


Na tabela abaixo, destacamos as dosagens com as melhores eficiências de remoção obtidas no teste.

Tabela 9 –Melhores resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero novo na ETA

PAC (ppm)	Polímero Novo (ppm)	Bruta (NTU)	Decantada (NTU)	Remoção (%)
12	0,03	3,73	2,29	38,6
13	0,1	3,41	1,19	65,1
14	0,05	3,79	1,435	62,1
15	0,1	3,57	1,03	71,1
16	0,05	3,76	1,46	61,2

Figura 12 –Melhores resultados de turbidez x dosagem de coagulante e polímero novo na ETA



Através do gráfico acima é possível observar que com o aumento da dosagem do polímero de 0,05 para 0,1ppm é possível a redução de 1ppm de coagulante.

QUARTA ETAPA: CÁLCULO DOS CUSTOS

Considerando-se apenas o coagulante e o polímero, foram simulados os custos das dosagens do jar test e do teste realizado no processo.

RESULTADOS DA QUARTA ETAPA

Abaixo a tabela com os custos simulando a utilização das dosagens do jar test:



Tabela 10 – Simulação de custos da utilização do polímero e coagulante no jar test

PAC (ppm)	Custo PAC R\$/1000m ³	Polímero (ppm)	Custo Polímero R\$/1000m ³	Total (R\$)
14	84,52	0,09	6,45	90,97
12	72,45	0,12	8,6	81,05
10	60,37	0,15	10,75	71,12

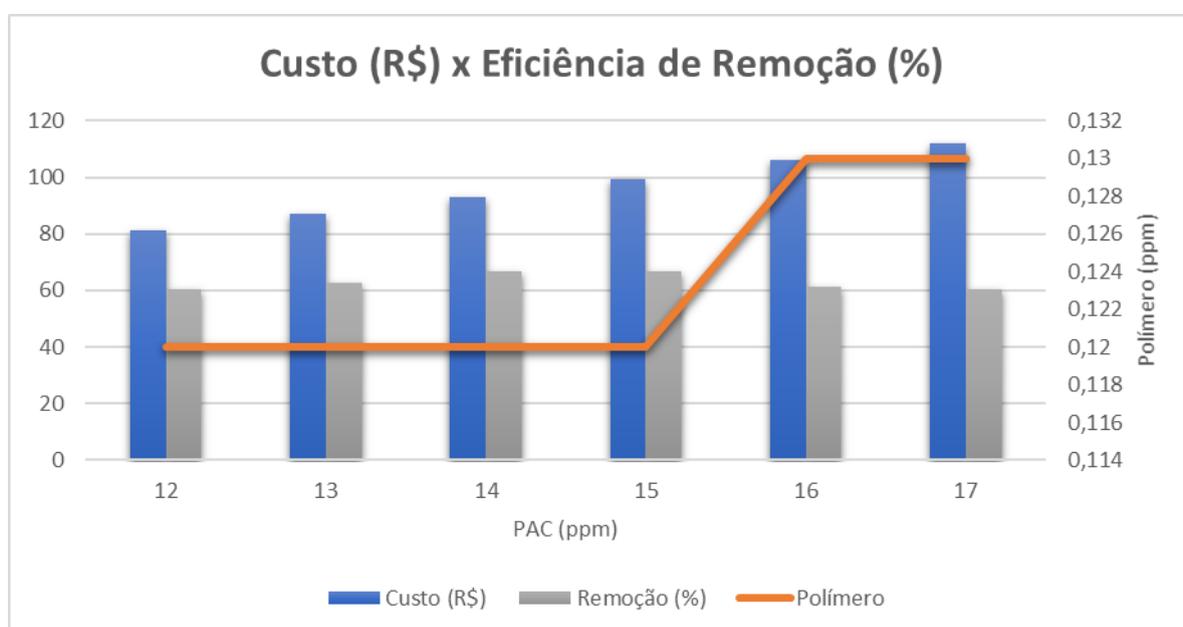
Na tabela acima verifica-se que o maior custo foi obtido com a maior dosagem de coagulante. Reduzindo-se a dosagem do PAC para 12ppm com o aumento do polímero para 0,12ppm haveria uma redução do custo de 11%. Reduzindo-se a dosagem de PAC de 12 para 10ppm e aumentando-se a dosagem de polímero para 0,15ppm haveria uma redução de 12% no custo. Supondo que haja uma redução de 14 para 10ppm de PAC com o aumento do polímero para 0,15ppm, haveria uma redução no custo de 22%.

Tabela 11 – Simulação de custos da utilização das melhores dosagens na ETA

PAC (ppm)	Custo PAC R\$/1000m ³	Polímero (ppm)	Custo Polímero R\$/1000m ³	Total (R\$)
12	72,45	0,12	8,6	81,05
13	78,48	0,12	8,6	87,08
14	84,52	0,12	8,6	93,12
15	90,56	0,12	8,6	99,16
16	96,59	0,13	9,32	105,91
17	102,63	0,13	9,32	111,95

Considerando-se com aceitável a eficiência de remoção obtida com 12ppm de PAC para 0,12ppm de polímero, pode-se observar a diferença de custos simulados com as demais dosagens.

Figura 13 – Simulação de custo (R\$) x eficiência de remoção das melhores dosagens



CONCLUSÕES

Os ensaios realizados em jar test demonstraram que através da otimização da dosagem de coagulante x polímero é possível reduzir a quantidade de coagulante aplicado no tratamento de água. Esta otimização se torna atraente pois o custo do coagulante é maior do que a do polímero catiônico na quantidade aplicada.

Analisando-se o consumo anual do coagulante e polímero na ETA, verifica-se que a dosagem média foi de 11ppm para o PAC e 0,10ppm para o polímero catiônico, para uma turbidez média da bruta de 3,3 NTU. Os meses em que a turbidez da bruta ultrapassa 4 NTU apresentam as maiores eficiências de remoção, por volta de 55%. A turbidez por volta de 3 NTU apresentou boa remoção, cerca de 45%. A menor remoção foi encontrada com a turbidez por volta de 2 NTU, remoção média de 16%. Com essa turbidez, foi verificada que com uma dosagem muito baixa de polímero, 0,05 ppm, houve uma menor eficiência na remoção da turbidez da água decantada. Aumentando-se a dosagem para 0,16 ppm, a remoção evoluiu para 23%. Aumentando-se a dosagem do coagulante e ajuste do polímero, a remoção melhorou para 33%. Um ponto a ser considerado é que como a turbidez da bruta está bem baixa, deve-se considerar o quanto de remoção é realmente necessária para que se mantenha a qualidade da água tratada. Pois para o aumento da eficiência é necessária uma dosagem de coagulante similar a aplicada na turbidez de 3 NTU.

Através dos testes realizados no processo, verifica-se que a dosagem de polímero de 0,15ppm foi excessiva.

A melhor remoção encontrada foi para 14ppm de PAC e 0,12ppm de polímero catiônico, com 66,7% de remoção. Excluindo-se a dosagem de 0,15ppm de polímero, verifica-se que com a mesma dosagem de PAC e aumento da dosagem de polímero há aumento na eficiência de remoção. Com o aumento da dosagem de polímero é possível a redução da dosagem de coagulante mantendo-se a eficiência mínima de remoção por volta de 50%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAMOVICH, B.; LURA, M. C.; CARRERA, E.; GILLI, M. I.; HAYE, M. A.; VAIRAS, S. Acción de distintos coagulantes para la eliminación de *Cryptosporidium* spp, em el processo de potabilización del agua. *Revista Argentina de Microbiología*, v. 36, 2004, p. 92-96.
2. CAMPOS, S. X.; DI BERNARDO, L.; VIEIRA, E. M. Influência das características das substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 3, 2005, p. 194-199.
3. DELMONICO, E. L.; CONSTANTINO, A. F.; CARNEIRO, C. Uso de polímeros catiônicos e aniônicos como produtos auxiliares no tratamento de água. *Revista Mosaicos Estudos em Governança, Sustentabilidade e Inovação*, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 44-54, 2020.
4. LOPES, M. F. Comparação da flotação por ar dissolvido e sedimentação no tratamento de águas – Estudo em escala de bancada utilizando policloreto de alumínio. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
5. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos. DESA, Belo Horizonte, Brasil, 1996. 211p.