UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
GIOVANA LARA ACCO

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE UMA EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE PET

TUBARÃO
2018

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

GIOVANA LARA ACCO

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE UMA EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE PET

Relatório Técnico/Científico apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Prof. Eng. Marcos Marcelino Mazzucco Dr. (Orientador)

Tubarão

2018

GIOVANA LARA ACCO

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE UMA EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE PET

Este relatório técnico/científico foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 18 de junho de 2018.

Professor Eng. Marcos Marcelino Mazzucco, Dr. (Orientador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professora Lic. Jucilene Feltrin, Dra. (Avaliadora)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Eng. Richard Faraco Amorim, MSc. (Avaliador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico esse trabalho aos meu pais, José Acco Junior e Luciane Lara Acco, aos meus irmãos, Julia Lara Acco e Rodrigo Lara Acco, ao meu namorado Paulo Henrique Heleodoro e a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma na minha formação acadêmica, me ajudando a seguir em frente e não desistir dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

InIcio meus agradecimentos, agradecendo a Deus, pois sem ele nada disso teria acontecido. Agradeço meus pais José Acco Júnior e Luciane Lara Acco e aos meus irmãos Rodrigo Lara Acco e Julia Lara Acco, por ter me dado a oportunidade de concluir um curso superior e por terem vivido comigo esses cinco anos e meio, de muitas emoções.

Agradeço ao meu namorado Paulo Henrique Heleodoro, que também esteve comigo esses cinco anos e meio, me apoiando.

Agradeço de coração todas as amizades que criei ao longo do curso, principalmente por ter cruzado o caminho da Rafaela, Patrícia, José Luiz, Bárbara e Rogério, foram amigos incríveis que viveram comigo os mais variados sentimentos, foram alegrias, angustias, noites sem dormir e muito aprendizado. Um agradecimento especial a Siellen, amiga que conheci na pesquisa e levarei, também, para o resto da vida.

Agradeço a todos os professores, em especial Professor Marcos Mazzucco, César, Jonathan, Maria Lúcia e Diogo, por terem contribuído, e muito, com meu desenvolvimento profissional e pessoal, sou muito grata a todos vocês, e agradeço também aos demais professores que tive a honra de conhecer.

Agradecimento especial à empresa que realizei o presente estudo, ao Rui Santos Júnior, pela oportunidade e ao meu supervisor Fernando Mazzuco dos Santos.

Para finalizar, agradeço ao curso de engenharia química, e a instituição Unisul, por ter fornecido um ambiente de aprendizagem, para que eu pudesse concluir com meu sonho.

“ O único homem que está isento de erros, é aquele que não arrisca acertar” (Albert Einstein)

RESUMO

Se preocupar com questões ambientais é muito importante, pois não é apenas seguir a legislação e sim se responsabilizar com o planeta, preservando –o agora e no futuro. O setor de reciclagem gera um efluente que precisa ser tratado tanto para seguir as condições e padrões de lançamento de efluente, como para reúso no próprio processo. Com isso, o estudo realizado teve como objetivo avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de água em uma empresa de reciclagem. Inicialmente, fez-se uma primeira coleta do efluente tratado, na qual, foram realizadas algumas análises, verificando se o mesmo estava satisfatório para reúso. Em seguida realizou-se uma nova coleta, comparando os parâmetros físico-químicos do efluente bruto e tratado, para calcular a eficiência do tratamento. Nessa segunda etapa, foi feita a análise de óleos e graxas, pois percebeu-se que os lotes de garrafas para reciclar, eram diferentes uns dos outros, alguns continham mais garrafas de azeites ou com materiais contaminantes do que outros, resultando em um sobrenadante gorduroso e consequentemente uma água com aparência mais turva. Para calcular a eficiência, realizou-se as análises de DBO_5, DQO, detergentes e óleos e graxas, obtendo como resultados uma porcentagem de remoção de 95,61% da DBO_5, 53,32% da DQO, 87,59% de detergentes e 84,91% de óleos e graxas, resultando em um sistema de tratamento eficiente. Para finalizar, foram sugeridas melhorias, propondo uma organização laboratorial, que tem como objetivo, realizar análises, na própria empresa, para que a mesma consiga controlar a qualidade do efluente tratado.

Palavras-chave: Estação de tratamento. Efluente. Análises.

ABSTRACT

Woring about environmental issues is very important, because it is not only following the legislation but taking responsibility for the planet, preserving it now and in the future. The recycling sector generates an effluent that needs to be treated both to follow effluent release conditions and standards, as for reuse in the process itself. With this, the objective of this study was to evaluate the efficiency of a water treatment station in a recycling company. Initially, a first collect of the treated effluent was made, which, some analyzes were carried out, verifying if it was satisfactory for reuse. Then a new collect was performed, comparing the physico-chemical parameters of the raw and treated effluent, to calculate the efficiency of the treatment. In this second stage, the analysis of oils and greases was performed, as it was noticed that the lots of bottles to recycle were different from each other, some contained more bottles of olive oil or with contaminating materials than others, resulting in a greasy supernatant and consequently water with a more cloudy appearance. To calculate efficiency, DBO_5, DQO, detergents and oils and greases were analyzed, resulting in a percentage of removal of 95.61% of DBO_5, 53.32% of DQO, 87.59% of detergents and 84.91% of oils and greases, resulting in an efficient treatment system. To conclude, improvements were suggested, proposing a laboratory organization, whose objective is to carry out analyzes, in the company itself, so that it can control the quality of the treated effluent.

Keywords: Treatment station. Effluent. Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Primeira etapa do processo, incluindo a lavagem das garrafas, a máquina que retira o rótulo e a esteira para separação manual das garrafas. 26
Figura 2 Primeira parte dos equipamentos do processo interno. 27
Figura 3 Segunda parte dos equipamentos do processo interno. 28
Figura 4 Água bruta no tanque de desnível. 29
Figura 5 Calha onde é despejado os compostos para o tratamento. 30
Figura 6 Tanque de sedimentação. 30
Figura 7 Tanque de compartimento. 31
Figura 8 Água bruta. 35
Figura 9 Água depois do floculante e coagulante. 35
Figura 10 Água tratada. 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Ensaios realizados e metodologia empregada. 32
Tabela 2 Ensaios realizados e seus respectivos resultados. 33
Tabela 3 Eficiência do tratamento. 34
Tabela 4 Análises propostas. 37
Tabela 5 Vidrarias, equipamentos e acessórios propostos. 37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA 13
1.2 OBJETIVOS 14
1.2.1 Objetivo geral 14
1.2.1.1 Objetivos específicos 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO 15
2.2 DECANTAÇÃO OU FLOTAÇÃO 16
2.3 FILTRAÇÃO 17
2.4 DESCARTE DE LODO 17
2.5 ANÁLISES 18
2.5.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO) 18
2.5.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 19
2.5.3 Ph 19
2.5.4 Surfactante 20
2.5.5 Cloretos 20
2.5.6 Sulfatos 21
2.5.7 Dureza 21
2.5.8 Metais 22
2.6.8.1 Ferro 22
2.6.8.2 Manganês 23
2.6.8.3 Zinco 23
3 METODOLOGIA DA PESQUISA 24
3.1 PESQUISA CIENTÍFICA 24
3.2 TIPO DE PESQUISA REALIZADA 25
3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA 26
3.4 PROCESSO DO SISTEMA INTERNO 26
3.5 PROCESSO DO SISTEMA EXTERNO 28
3.6 DETERMINAÇÃO NA AMOSTRAGEM 31
3.7 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 32
3.7.1 Análises da água na saída da estação de tratamento da empresa 33

3.7.2 Eficiência do tratamento.....34
3.7.3 Proposta de uma organização laboratorial na empresa 36
4 CONCLUSÃO.....39
REFERÊNCIAS 40
ANEXO A – DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DE ÓLEOS E GRAXAS 42
ANEXO B – DESCRIÇÃO DO TESTE DE JARROS.....44
ANEXO C – LAUDO DA PRIMEIRA COLETA 46
ANEXO D – LAUDO DA SEGUNDA COLETA (ÁGUA TRATADA).....47
ANEXO E – LAUDO DA SEGUNDA COLETA (ÁGUA BRUTA).....48
APÊNDICE A – FOTOS DA ESTAÇÃO DA EMPRESA 49

1 INTRODUÇÃO

O descarte incorreto do plástico tem chamado a atenção de milhares de pessoas ao redor do mundo, muitas delas estão se conscientizando que esse tipo de material causa um prejuízo enorme ao meio ambiente além de matar milhares de animais, principalmente animais aquáticos que acabam ingerindo vários tipos de material descartados incorretamente em rios, lagos, mares e oceanos.

As empresas de reciclagem, tem sido muito importantes, pois estão diminuindo esse material que seria descartado de forma incorreta no meio ambiente, e estão o transformando em novos produtos para consumo. Assim, acabam diminuindo os custos de produção e aumentando a quantidade de empregos.

A conscientização das empresas em relação ao meio ambiente tem gerado uma importância muito maior do que apenas reciclar um material, que seria descartado de forma incorreta, e transformá-lo em um novo produto. Muitas empresas estão se preocupando com o descarte do efluente gerado, que além de ser prejudicial ao lençol freático pode trazer uma visão negativa a seus clientes.

O tratamento de efluentes é um dos principais parâmetros para a preservação do meio ambiente, pois assim as empresas podem descartar o efluente de forma correta ou então reaproveitá-la no processo, tendo uma economia positiva no mesmo.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Estamos cada vez mais nos preocupando com as questões referentes a sustentabilidade e tecnologia. É por esse motivo que as empresas estão focando não apenas na produção, mas em uma produção sustentável.

A água, no presente estudo, é componente fundamental para o processo, já que a mesma remove detritos e impurezas que contaminam a matriz da matéria-prima utilizada, sendo assim, é importante que a água utilizada no processo esteja em boas condições para que não se tenha perdas e se consiga obter uma melhor qualidade do produto final.

É importante ressaltar, que o reúso de águas na indústria contribui para diminuir o uso de água potável, minimizando os custos de produção e evitando possíveis contaminações de solos e recursos hídricos pelo lançamento de efluentes com níveis elevados de contaminação.

Com o sentido de contribuir com o processo, determinou-se como questão central deste trabalho: **quais as análises que deverão ser feitas para avaliar a eficiência da estação de tratamento de efluente de uma empresa de reciclagem, situada no sul de Santa Catarina, em estudo exploratório realizado para cumprimento de estágio supervisionado em Engenharia Química, no ano de 2018?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de água em uma empresa de reciclagem situada no sul de Santa Catarina.

1.2.1.1 Objetivos específicos

a) Realizar análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO), cloretos, sulfatos, metais, dureza e análise residual de surfactante;
b) Controlar o pH e a turbidez da água na estação de tratamento;
c) Verificar se as condições da água tratada estão com qualidade satisfatória para reúso no processo;
d) Apresentar sugestões para melhoria da eficácia do sistema;
e) Propor a organização para um laboratório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

A coagulação e a floculação promovem o choque entre as moléculas, para que as mesmas se aglutinem e formem flocos maiores para posterior decantação. Ambos os processos possuem características únicas, para que ao final da estação a água saia com resultados satisfatórios.

"Com o desenvolvimento da sociedade o homem descobriu que ao adicionar determinados produtos químicos à água, após um período de tempo, ela se tornava mais límpida. Atualmente sabe-se que os parâmetros de cor e turbidez melhoravam devido à precipitação de coágulos, formados a partir da ionização desses produtos após o contato com a água. " (BORBA, 2001 Apud MARTINS, 2014, p.25).

> Nas estações de tratamento de água, a coagulação é realizada na unidade de mistura rápida, podendo ser hidráulica ou mecanizada. É interessante que seja devidamente analisada a unidade de mistura rápida em cada caso, pois há grande diversidade entre os tipos comumente usados nas ETAs. Destacam-se dispositivos nos quais se tem a formação do ressalto hidráulico (vertedor Parshall ou retangular), injetores (tubos providos de orifícios) em tubulações forçadas ou em canais de água bruta, câmaras providas de agitadores mecanizados com diferentes tipos de rotores etc. (DI BERNARDO-a; DI BERNARDO-b; CENTURIONE FILHO, 2002, p.90).

A coagulação consiste em adicionar um coagulante na água bruta, para que as impurezas contidas na mesma, se choquem com o agente coagulante, aglutinando-as, formando coágulos.

Após a coagulação, é necessária agitação relativamente lenta, com o objetivo de proporcionar encontros entre as partículas menores para formar agregados maiores ou flocos. Com o aumento do tamanho dos flocos, as forças de cisalhamento podem causar sua ruptura. A agregação e a ruptura ocorrem simultaneamente conduzindo a uma única condição de distribuição de tamanho dos flocos. (DI BERNARDO, 1993).

> Nas ETAs, a floculação corresponde à etapa em que são fornecidas condições para facilitar o contato e a agregação de partículas previamente desestabilizadas por coagulação química, visando à formação de flocos com tamanho e massa específica que favoreçam sua remoção [...]. (DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A. e CENTURIONE FILHO, 2002, p.91).

A floculação, consiste na agitação relativamente suave, onde as partículas desestabilizadas na etapa anterior são colocadas em contato umas com as outras, para que

ocorram choques entre as mesmas, formando partículas maiores, ou seja, os flocos, com intuito de deixá-las mais pesadas para que possa ocorrer a separação na etapa de decantação. (DI BERNARDO E DANTAS, 2005).

A coagulação é uma das etapas mais importantes que compõe as estações de tratamento de água, haja vista a necessidade de desestabilização química das partículas contidas nas águas brutas, para a posterior aglutinação e sedimentação nas unidades de floculação e coagulação, respectivamente MACEDO (2007). Tendo como objetivo a remoção das partículas suspensas, dissolvidas, coloidais, e outros contaminantes, responsáveis pela cor, turbidez, sabor e odor das águas para abastecimento ou reúso.

2.2 DECANTAÇÃO OU FLOTAÇÃO

A decantação ou sedimentação promove a separação gravitacional de partículas sólidas insolúveis num líquido.

> A sedimentação é o fenômeno físico em que as partículas em suspensão apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica, devido à ação da gravidade, enquanto a flotação caracteriza-se pela ascensão das partículas suspensas e pela aderência de microbolhas de ar às mesmas, tornando-as de menor massa específica que o meio onde se encontram. (DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A. e CENTURIONE FILHO, 2002, p.100).

De acordo com Di Bernardo-a, Di Bernardo-b e Centurione Filho (2002, p.100): a decantação pode ser convencional, em unidades de escoamento horizontal, de manto de lodos, em unidades de escoamento vertical ascendente, ou de alta taxa (em unidades providas de placas ou de módulos tubulares).

Ainda segundo Di Bernardo-a, Di Bernardo-b e Centurione Filho (2002, p.100), “a flotação pode ser realizada em unidades retangulares ou cilíndricas, sendo o efluente clarificado encaminhado aos filtros. ”

A ocorrência de sedimentação ou de flotação das partículas suspensas propicia a clarificação do meio líquido, ou seja, operação de separação das fases sólida e líquida (DI BERNARNO, 1993).

2.3 FILTRAÇÃO

Na filtração ocorre a remoção das partículas em suspensão e até mesmo parte da carga bacteriana. Esta etapa pode envolver fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos. (MACEDO & RICHTER, 2007).

> A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água que escoa através de um meio granular. Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em uma ETA e, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o Padrão de Potabilidade. (DI BERNARDO-a; DI BERNARDO-b; CENTURIONE FILHO, 2002, p.103).

A filtração é uma das aplicações do escoamento de fluidos através de leitos compactos, sendo a operação industrial semelhante às filtrações realizadas em laboratório que utilizam papel de filtro e funil. É um método que tem como objetivo separar as partículas sólidas de uma suspensão líquida, pela passagem do líquido ou fluido através de um meio poroso capaz de reter as partículas sólidas.

Para realizar a remoção de tais impurezas da água é necessário analisar o tipo de material que se deseja separar, como também, o tipo de filtro que será o mais adequado para tal processo. Deste modo, é possível verificar a velocidade com que a água passa pelo mesmo e denominar qual filtro será mais apropriado: o filtro lento ou o filtro rápido. (RICHTER, AZEVEDO NETTO, 2007).

2.4 DESCARTE DE LODO

O lodo de uma estação de tratamento de água é um material de resíduo não biodegradável rico em minerais de silicatos e matéria orgânica, acrescidos dos produtos resultantes dos reagentes químicos aplicados à água bruta durante o tratamento.

O intenso processo de tratamento químico e físico da água bruta produz uma quantidade significante de lodo (resíduo) de ETA. Em geral, as características química e física do lodo de ETA variam com a natureza da água captada, processos unitários e produtos químicos aplicados no tratamento da água. (HAMMER, 2000 *apud* RODRIGUES E HOLANDA, 2013, p.551).

Do ponto de vista ambiental, o lodo de ETA é classificado como sendo resíduo Classe IIA - Não Inerte. (OLIVEIRA, 2004 *apud* RODRIGUES E HOLANDA, 2013, p.551).

Os lodos de ETA muitas vezes são descartados de maneira incorreta na natureza, principalmente em rios. Por outro lado, a legislação ambiental brasileira, mais restritiva, obriga as empresas a destinar adequadamente qualquer resíduo poluente gerado. (LEI N° 12.305, 2010).

Neste contexto, diversos métodos alternativos têm sido empregados para descarte final de lodos de ETA: lançamento nas redes coletoras, em lagoas com largo tempo de detenção, aplicação em aterro sanitário de lixo urbano, adubação e aproveitamento de subprodutos. No entanto, a gestão do lodo de ETA por tais métodos é, via de regra, uma atividade complexa com custos operacionais elevados.

2.5 ANÁLISES

2.5.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A maioria dos compostos orgânicos são instáveis e podem ser oxidados biológica ou quimicamente, resultando compostos finais mais estáveis como o CO_2, NO_3 e H_2. A matéria orgânica tem, assim, uma certa "necessidade" de oxigênio, denominada demanda, que pode ser:

"Demanda química de oxigênio: permite a avaliação da carga de poluição de esgotos domésticos ou industriais em termos de quantidade de oxigênio necessária para a sua total oxidação em dióxido de carbono e água. " (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 35).

> Em muitos casos existe uma relação entre a DQO e a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Como a determinação da DQO é mais simples e mais rápida, ela cresce em importância, principalmente em se tratando de controles de efluentes ou de estações de tratamento de efluentes. (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2004, p.58).

A demanda química de oxigênio é baseada no fato de que alguns compostos orgânicos são oxidados por compostos fortemente oxidantes, como por exemplo, o dicromato de potássio em meio ácido. Ou seja, a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica a partir de um agente químico oxidante.

A Demanda Química por Oxigênio é um processo pouco parecido com processos naturais, possui uma oxidação via reagentes químicos, é um processo rápido e possui boa repetibilidade. (id ibid.).

2.5.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

"Demanda Bioquímica de Oxigênio: é a medida de quantidade de oxigênio necessária ao metabolismo das bactérias aeróbias que destroem a matéria orgânica. " (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 35).

A DBO pode ser considerada um ensaio, via oxidação úmida, em que organismos vivos oxidam a matéria orgânica e o valor obtido indica quanto de oxigênio um determinado efluente líquido consumiria de um corpo de água receptor após o seu lançamento.

A DBO é a quantidade de oxigênio usada na oxidação bioquímica da matéria orgânica, em um período de cinco dias (DBO_5) e geralmente é expressa em miligramas de oxigênio por litro. É um parâmetro importante para verificar a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica. A quantidade de oxigênio consumido na oxidação da matéria orgânica permite concluir que quanto mais matéria orgânica tiver mais oxigênio irá ser utilizado, ou seja, quanto mais poluído o efluente, maior a DBO.

A Demanda Bioquímica por Oxigênio é um processo parecido com os processos naturais, possui oxidação via microrganismos, com um tempo de cinco dias de análise e pouca repetibilidade. (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2005).

2.5.3 Ph

"O termo pH é usado universalmente para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Mede a concentração do íon hidrogênico ou sua atividade, importante em cada fase do tratamento, sendo referido frequentemente na coagulação, floculação, desinfecção e no controle de corrosão. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 28). "

> Nos sistemas de abastecimento, águas com valores baixos de pH tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais e paredes de concreto, enquanto águas com

> valor elevado de pH tendem a formar incrustações. (DI BERNARDO –a, DI BERNARDO-b e CENTURIONE FILHO, 2002, p.37).

"O meio usual de se expressar a concentração de íon de hidrogênio é o pH, definido como logaritmo negativo da concentração de íon de hidrogênio. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 28). "

$$pH = - \log_{10} [H^+]$$

Para a água neutra,

$$pH = - \log_{10} [10^{-7}] = - (-7) \log_{10} = 7$$

2.5.4 Surfactante

Os surfactantes, também conhecidos como detergente, é uma das impurezas encontradas em solução na água, principalmente em efluentes industriais.

> Os detergentes em mais de 75% dos casos são constituídos de sulfonatos de alquilabenzeno (ABS), são indestrutíveis naturalmente e, por isso, sua ação perdura em abastecimento de água a jusante de lançamentos que os contenham. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 35).

"O mais visível inconveniente reside na formação de espuma, quando a água é agitada; em concentrações maiores trazem consequências fisiológicas. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 35). "

2.5.5 Cloretos

Cloreto é um subproduto da reação entre o cloro e um metal, como por exemplo, sódio ou potássio, onde o cloro deve ser o elemento mais eletronegativo do composto.

> A presença de cloretos pode indicar alguma forma de poluição, apesar de em muitas regiões do Brasil, próximas ao litoral, ocorrer a presença excessiva de cloretos sem que haja contaminação pelo ser humano. Além de conferir sabor salino ás águas, teores elevados de cloretos podem interferir na coagulação. (DI BERNARDO –a, DI BERNARDO-b e CENTURIONE FILHO, 2002, p.38).

"Variações do teor de cloretos em águas naturais deve ser investigada, pois é indicação de provável poluição. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p. 33)."

2.5.6 Sulfatos

Os sulfatos são sais inorgânicos, derivados do ácido sulfúrico, que possuem o ânion sulfato (SO_4^{-2}) e quando são ligados a um ou mais metais, formam compostos iônicos.

"O íon sulfato quando presente na água, dependendo da concentração além de outras propriedades laxativas mais acentuadas que outros sais, associado a íons de cálcio e magnésio, promove dureza permanente e pode ser um indicador de poluição de uma das fases de decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre. " (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p.34).

2.5.7 Dureza

"É uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos, principalmente os de cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}) e, em menor grau, os íons ferrosos (Fe^{++}) e do estrôncio (S^{++}). " (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p.32).

"A dureza é reconhecida pela sua propriedade de impedir a formação de espuma como sabão. Além disso, produz incrustações nos sistemas de água quente. " (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p.32).

Na maioria dos casos, a dureza é decorrente do cálcio associado ao bicarbonato, o qual se transforma em carbonato (pouco solúvel) por aquecimento ou elevação do pH, tendo-se nesse caso a denominada dureza temporária. A dureza devida a cátions associados a outros ânions é denominada dureza permanente. (DI BERNARDO – a, 2005).

> A dureza é expressa em termos de $CaCO_3$, e pode ser classificada de duas maneiras: (1) pelos íons metálicos e (2) pelos ânions associados pelos íons metálicos. Na primeira, distingue-se a dureza do cálcio e a do magnésio. Na segunda, a dureza é classificada em dureza de carbonatos e dureza de não carbonatos. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p.32).

As águas podem ser classificadas segundo Richter e Azevedo Netto (1991) em:

Moles	Dureza inferior a 50 mg/L em $CaCO_3$
Dureza moderada	Dureza entre 50 a 150 mg/L em $CaCO_3$
Duras	Dureza entre 150 a 300 mg/L em $CaCO_3$
Muito duras	Dureza superior a 300 mg/L em $CaCO_3$

> Do ponto de vista de saúde pública, não há objeções ao consumo de águas duras. Pelo contrário, alguns pesquisadores têm encontrado uma correlação entre águas moles e certas doenças cardíacas, tendo sido verificado que há um maior número de pessoas com problemas cardiovasculares em áreas de águas moles do que em áreas de águas duras. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p.32).

"Há também alguns estudos que relacionam a dureza na água com a incidência de doenças cardiovasculares e com o aumento do teor de colesterol. " (DI BERNARDO –a, DI BERNARDO-b e CENTURIONE FILHO, 2002, p.38).

2.5.8 Metais

2.6.8.1 Ferro

O ferro em excesso pode causar uma série de fatores negativos, como a incrustação nos canos, o mau cheiro, coloração amarelada, podendo manchar o recipiente onde a água contaminada é despejada, além de propiciar a proliferação de bactérias.

"O ferro, muitas vezes associado ao manganês, confere à água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado. " (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991, p.33).

> Segundo Richter e Azevedo Netto (1991, p. 33), certos sais férricos e ferrosos como os cloretos, são bastante solúveis nas águas. Os sais ferrosos são facilmente oxidados nas águas naturas de superfície, formando hidróxidos férricos insolúveis, que tendem a flocular e decantar ou a serem absorvidos superficialmente, razão pela qual a ocorrência de siais de ferro em águas superficiais bem aeradas dificilmente se dá em concentração de elevado teor.

" [...] A presença de ferro não costuma causar problemas ao ser humano, porém, quando oxidado, traz inconvenientes sérios, com a formação do precipitado, provocando manchas em sanitários e roupas [...]. " (DI BERNARDO –a, DI BERNARDO-b e CENTURIONE FILHO, 2002, p.39).

2.6.8.2 Manganês

O Manganês acarreta problemas semelhantes aos do ferro, porém é mais difícil de ser removido, pois a formação do precipitado (MnO_2) ocorre em valores de pH relativamente altos, em geral superiores a 8, o que pode dificultar a coagulação. (DI BERNARDO – a, 2005).

Mesmo possuindo características parecidas com o Ferro, o Manganês, possui coloração característica marrom, podendo possuir um sabor amargo e adstringente. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

2.6.8.3 Zinco

"Nas águas superficiais ou subterrâneas a concentração de Zinco é usualmente menor que 0,01 mg/L, sendo que a água de torneira pode conter altas concentrações de Zinco proveniente da corrosão de canos e tubulações metálicas revestidas de zinco. " (NWQMS, 2004 Apud BARBOSA, 2009, p.67).

"O Zinco, acima do limiar 3-5 mg/L, provoca um indesejável sabor adstringente na água, que quando fervida tende a parecer opalescente e desenvolve uma camada gordurosa na superfície. " (OMS, 2003; NWQMS, 2004 Apud BARBOSA, 2009, p.67).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 PESQUISA CIENTÍFICA

Pesquisa é definida como o " [...] procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. " (GIL, 2007, p. 17).

> A pesquisa científica é uma atividade humana, cujo objetivo é conhecer e explicar os fenômenos, fornecendo respostas às questões significativas para a compreensão da natureza. Para essa tarefa, o pesquisador utiliza o conhecimento anterior acumulado e manipula cuidadosamente os diferentes métodos e técnicas para obter resultado pertinente às suas indagações. (PRODANOV e FREITAS, 2013, p.48).

" [...] O produto da pesquisa científica deve contribuir para o avanço do conhecimento humano. Na vida acadêmica, a pesquisa é um exercício que permite despertar o espírito de investigação diante dos trabalhos e problemas sugeridos ou propostos pelos professores e orientadores. " (PRODANOV e FREITAS, 2013, p.49).

Sobre pesquisa, Pedro Demo aborda a diferença entre a pesquisa como princípio científico e a pesquisa como princípio educativo:

> Pesquisa como princípio científico e educativo faz parte de todo processo emancipatório, no qual se constrói o sujeito histórico autossuficiente, crítico e autocrítico, participante e capaz de reagir contra a situação de objeto e de não cultivar o outro como objeto. Pesquisa como diálogo é processo cotidiano integrante do ritmo de vida, produto e motivo de interesses sociais em confronto, base da aprendizagem que não se restrinja a mera reprodução; na acepção mais simples, pode significar conhecer, saber, informar-se para sobreviver, para enfrentar a vida de modo consciente. (DEMO, 2006, p.42- 43).

De acordo com as ideias de Rozin, Pedro Demo argumenta também, que deve haver desmistificação entre a separação ensino e pesquisa, esta cria uma divisão entre professores que apenas ensinam e professores que apenas pesquisam. Considerando que o saber está naturalmente ligado a interesses sociais, Demo sustenta que pesquisar implica influenciar a prática, ou seja, quem ensina deve pesquisar (aprender a criar) e quem pesquisa deve socializar o conhecimento (ensinar).

“(...) se a pesquisa é a razão do ensino, vale o reverso, o ensino é a razão da pesquisa. O importante é compreender que sem pesquisa não há ensino. A ausência da pesquisa degrada o ensino a patamares típicos de reprodução imitativa. “ (DEMO, 2006, p.50).

3.2 TIPO DE PESQUISA REALIZADA

O estudo realizado foi caracterizado como de pesquisa quantitativa e como método de abordagem utilizou-se a experimentação.

> Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente. (FONSECA, 2002, p. 20).

De acordo com Gil (2007, p.47), “a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. “

> A pesquisa experimental seleciona grupos de assuntos coincidentes, submete-os a tratamentos diferentes, verificando as variáveis estranhas e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes. Para avaliar quais os fatores extrínsecos são eliminados ou controlados. Os efeitos observados são relacionados com as variações nos estímulos, pois o propósito da pesquisa experimental é apreender as relações de causa e efeito ao eliminar explicações conflitantes das descobertas realizadas. (FONSECA, 2002, p. 38).

É importante submeter, os instrumentos de coleta de dados, a testes para certificar a eficácia do que a pesquisa está proposta a medir. A pesquisa experimental pode ser elaborada tanto em campo, onde podem ser criadas condições de manipulação dos objetos de análise, quanto em laboratório, onde o ambiente criado para as análises é artificial.

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população ou universo, é o conjunto de elementos que possuem as características que serão objeto do estudo, e a amostra, é uma parte da população escolhida e selecionada a partir de um critério de representatividade. (Vergara, 1998).

> O problema da amostragem é, portanto, escolher uma parte (ou amostra), de tal forma que ela seja a mais representativa possível do todo e, a partir dos resultados obtidos, relativos a essa parte, poder inferir, o mais legitimamente possível, os resultados da população total, se esta fosse verificada. (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 223).

No presente estudo, a população se enquadra como sendo a estação de tratamento da empresa, incluindo o processo desde a chegada da água bruta até a saída da água tratada. Como o objeto de estudo está focado na água tratada para reúso, foi definida como amostra representativa da população, a água tratada.

3.4 PROCESSO DO SISTEMA INTERNO

As garrafas PETs chegam em lotes (Figura 1), na primeira etapa do processo as garrafas passam por um processo de lavagem, com a água que é tratada na estação da empresa, em seguida passam por uma máquina que tira os rótulos das garrafas, para que as mesmas possam ir para a esteira onde são separadas manualmente.

Figura 1 Primeira etapa do processo, incluindo a lavagem das garrafas, a máquina que retira o rótulo e a esteira para separação manual das garrafas.

Fonte: da autora, 2018.

A separação é importante, uma vez que o lote de garrafas cristais pode conter junto garrafas coloridas, garrafas com rótulo permanente, garrafas que ainda estão com rótulo e até mesmo algum tipo de material ou objeto dentro das garrafas, podendo contaminar o material ou até mesmo estragar algum maquinário.

Após a separação manual, as garrafas são direcionadas para um moinho, onde serão moídas em grãos maiores, em seguida passam por uma centrífuga para secar o material, são levadas por uma esteira até outro moinho para que os grãos fiquem menores.

Figura 2 Primeira parte dos equipamentos do processo interno.

Fonte: da autora, 2018.

Após o moinho, o material vai para um tanque com soda cáustica, onde o pH deve estar entorno de 11. Depois do banho de soda o material vai para outro tanque com água para lavar e separar o mesmo das tampas (das garrafas). As tampas vão para uma caixa com água para serem tiradas por uma peneira e os grãos, também chamados de *flake*, vão para outro tanque de água, onde algumas tampas ainda estão misturadas ao material.

Após passar pelo segundo tanque de água, o material vai para uma calha de lavagem, onde contém antiespumante, para separar melhor o *flake* e as tampas que não foram separadas no processo anterior. Em seguida o material passa por duas centrífugas e é armazenado em um silo.

Figura 3 Segunda parte dos equipamentos do processo interno.

Fonte: da autora, 2018.

Depois do material estar armazenado ele vai para um tanque secador, com vapor, para secar melhor o material, logo em seguida passa por um exaustor silo pó, que aspirará o pó presente no material. Por fim, o material passa por um tanque, onde é despejado em *bag's* para posterior pesagem.

3.5 PROCESSO DO SISTEMA EXTERNO

A água usada no processo interno é despejada num tanque, na área externa da empresa, em seguida a água bruta passa por um outro tanque que possui desníveis, quando a água enche o ultimo nível do tanque, a mesma sobe para a estação onde começa o tratamento.

Figura 4 Água bruta no tanque de desnível.

Fonte: da autora, 2018.

Ao ser bombeada para cima da estação a água passa por uma calha onde é adicionado PAC (Policloreto de Alumínio), Cloro, Hidróxido de Sódio e um Polímero aglutinante (TANFLOC SG). A água continua passando pela calha, até entrar nos tanques de floculação, que tem como finalidade suavizar o escoamento do efluente dando tempo para que os flocos decantem, em seguida o efluente segue por vertedouro para o tanque de sedimentação, onde a decantação é finalizada.

Figura 5 Calha onde são adicionados os compostos para o tratamento.

Fonte: da autora, 2018.

Figura 6 Tanque de sedimentação.

Fonte: da autora, 2018.

Figura 7 Tanque para filtração.

Fonte: da autora, 2018.

Em seguida segue para um tanque, que tem como finalidade servir de reservatório para filtragem. O efluente do reservatório desce para o filtro, e segue para uma caixa d'água, onde será armazenado para passar pela cisterna e retornar ao processo interno de lavagem das garrafas PETs.

3.6 DETERMINAÇÃO NA AMOSTRAGEM

A investigação teve como principal foco avaliar a água tratada da empresa de reciclagem, para saber se a mesma está dentro dos parâmetros permitidos e se está sendo boa para reúso.

Inicialmente foi coletada uma amostra da saída da estação de tratamento, ou seja, da água tratada e levada para o laboratório da Unisul – CENTEC, onde foram realizadas algumas análises.

A Tabela 1 apresenta as análises realizadas, as quais, são importantes no controle do tratamento de efluentes, e as metodologias empregadas respectivamente.

Tabela 1 Ensaios realizados e metodologia empregada.

Ensaios	**Metodologia**
pH	Potenciométrico
DBO_5	Respirométrico – Oxitop
DQO	Spectroquant Pharo 300 – MERCK
Detergentes (mg/L)	Spectroquant Pharo 300 – MERCK com azul de metileno
Cloretos (mg/L)	Spectroquant Pharo 300 – MERCK
Sulfatos (mg/L)	Spectroquant Pharo 300 – MERCK
Dureza (mg/L)	Complexometria com EDTA
Ferro (mg/L)	Espectrofotômetro de Absorção Atômica
Manganês (mg/L)	Espectrofotômetro de Absorção Atômica
Zinco (mg/L)	Espectrofotômetro de Absorção Atômica
Chumbo (mg/L)	Espectrofotômetro de Absorção Atômica com forno grafite

Fonte: da autora, 2018.

Após estas análises da água tratada e de uma segunda coleta de água bruta e tratada, pôde-se calcular a eficiência do tratamento. Foram sugeridas melhorias propondo uma organização laboratorial para controlar de maneira mais eficiente a qualidade do efluente.

3.7 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na presente investigação foram feitas análises da água na saída da estação de tratamento, análises da amostra bruta e tratada, para calcular a eficiência do tratamento e proposto uma organização laboratorial para que a empresa controle a qualidade da água tratada para reúso.

3.7.1 Análises da água na saída da estação de tratamento da empresa

Algumas análises do efluente tratado foram realizadas para certificar o estado que a água sai da estação, para poder avaliar quais melhorias poderão ser feitas e que tipo de análise é interessante fazer para controlar a qualidade da água tratada.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para cada parâmetro analisado da água tratada.

Tabela 2 Ensaios realizados e seus respectivos resultados.

Ensaios	**Resultados**
pH	7,51
DBO_5	70,00
DQO	1216,0
Detergentes (mg/L)	2,3
Cloretos (mg/L)	1040,0
Sulfatos (mg/L)	12,0
Dureza (mg/L)	139,9
Ferro (mg/L)	0,275
Manganês (mg/L)	0,248
Zinco (mg/L)	0,008
Chumbo (mg/L)	0,018

Fonte: da autora, 2018.

Considerando os resultados obtidos e comparando-os com os estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores, pode-se notar que o pH está dentro do limite estabelecido pela resolução do CONAMA n° 430/2011, que é entre 6 e 9.

O limite máximo da DBO_5, segue o valor de despejo do efluente em corpos receptores que é de 60 mgO_2/L, porém o efluente tratado é utilizado para reúso, sendo assim não é preocupante o valor ter ultrapassado o limite, uma vez que foi uma diferença pequena.

Os parâmetros DQO, cloretos, sulfatos e dureza não são regulamentados pela legislação. Os resultados obtidos dos metais estão todos dentro dos limites, o único parâmetro que ficou acima do limite foi detergente, que foi de 2,3 mg/L e o limite é 2,0 mg/L, por ser uma diferença pequena e por ter finalidade de reúso, não é preocupante.

3.7.2 Eficiência do tratamento

O cálculo da eficiência do tratamento compara os parâmetros físico-químicos do efluente bruto com o efluente tratado. O cálculo foi realizado através da equação descrita abaixo.

$$E_{\%} = \left(\frac{Efluente\ bruto - Efluente\ tratado}{Efluente\ bruto}\right).100\% \qquad (Equação\ 1)$$

Como a preocupação da empresa era com relação a água tratada, de imediato não foram feitas as análises do efluente bruto, sendo assim, dez dias depois da primeira coleta, foram realizadas algumas análises do efluente bruto e tratado, para poder calcular a eficiência da estação e poder analisar os principais parâmetros que a empresa deverá controlar para manter a qualidade da água.

A Tabela 3 mostra quais análises foram feitas do efluente bruto e tratado para calcular a eficiência do tratamento.

Tabela 3 Eficiência do tratamento.

Ensaios	Efluente bruto	Efluente tratado	Eficiência (%)
DBO_5	683,4	30,0	95,61
DQO	7840,0	3660,0	53,32
Detergentes (mg/L)	13,7	1,7	87,59
Óleos e graxas totais (mg/L)	69,6	10,5	84,91

Fonte: da autora, 2018.

Analisando a tabela podemos perceber que a estação está sendo eficiente. Quanto a comparação da DBO_5 do efluente bruto e tratado, obteve-se uma porcentagem de remoção de 95,61%, detergentes, que na primeira coleta (do efluente tratado) estava um pouco acima do limite máximo, na segunda coleta, pode-se perceber que seu valor ficou dentro do limite e obteve uma porcentagem de remoção de 87,59%.

Figura 8 Água bruta.

Fonte: da autora, 2018.

Figura 9 Água depois do floculante e coagulante.

Fonte: da autora, 2018.

Figura 10 Água tratada.

Fonte: da autora, 2018.

A análise de óleos e graxas não foi realiza na primeira coleta, porém tiveram alguns lotes com muitas garrafas de azeite, o que acabou gerando um sobrenadante gorduroso na água consequentemente a água ficou com característica mais turva, sendo necessário fazer essa análise para verificar os resultados obtidos desse parâmetro, que teve uma porcentagem de remoção de 84,91%.

3.7.3 Proposta de uma organização laboratorial na empresa

Com o intuito de controlar e melhorar o funcionamento da estação de tratamento de efluente da empresa, viu-se necessário propor uma organização laboratorial. Nessa proposta foram listadas as análises necessárias, perante a característica do efluente, e as vidrarias e equipamentos necessários para as respectivas análises.

A Tabela 4 mostra quais análises serão importantes realizar para obter uma melhor qualidade do efluente tratado.

Tabela 4 Análises propostas.

Análises	Equipamentos
pH	pHmetro
Óleos e graxas	Vidrarias e equipamentos
Teste de jarro	Jar-test

Fonte: da autora, 2018.

O controle do pH é importante, pois o mesmo determina o ponto isoelétrico e cada tipo de coagulante possui uma faixa no qual o mesmo tem seu poder de coagulação mais eficaz. Caso não se tenha o controle desse parâmetro, pode-se dosar mais coagulante que o necessário, dessa forma, a coagulação não será eficaz, prejudicando o tratamento, e consequentemente, prejudicando a qualidade da água tratada.

O parâmetro anterior, pH, tem relação direta com o teste de jarros, ou também conhecido como Jar-test, pois esse teste tem como objetivo determinar em pequena escala, a dosagem, a faixa de pH e o tempo que o coagulante e o floculante serão utilizados no processo de tratamento.

Já a análise de óleos e graxas é importante, pois os lotes de garrafas são diferentes, alguns contem mais garrafas de azeite e outros menos, com isso, a característica da água bruta muda com material que entra no processo, pode-se observar através das análises realizadas, a primeira coleta (do efluente tratado) obteve resultados diferentes da segunda coleta.

A Tabela 5 mostra as vidrarias e equipamentos necessários para realizar as análises propostas.

Tabela 5 Vidrarias, equipamentos e acessórios propostos.

Vidrarias	Equipamentos	Acessórios
Balão de fundo chato	Equipamento Jar-test	Papel filtro
Condensador	Bomba a vácuo	Mangueira (para água)
Funil grande	Estufa pequena	Suporte para destilação
Kitasato	Balança analítica	Agitador magnético
Copo de Bécker		Cartucho de extração
Pipeta volumétrica		Termômetro
Funil de Buchner		Bagueta – agitador de vidro

Proveta		Almofariz e pistilo
Placa de Petri		Sílica
Balão de destilação		
Vidro relógio		
Conjunto de extração Soxhlet completo		
Erlenmeyeres		
Dessecador		

Fonte: da autora, 2018.

Foi usadA terra diatomácea e como reagente o hexano para a análise de óleos e graxas e o PAC e o polímero para a coagulação e floculação, respectivamente, no teste de jarros. A água deionizada também é importante tratando-se de um laboratório, pois ao lavar as vidrarias e alguns equipamentos, serão reduzidas as contaminações.

A descrição das análises de óleos e graxas e do teste de jarros estão descritos nos anexos A e B.

4 CONCLUSÃO

Com a realização das análises, pode-se concluir que a empresa de reciclagem de PET, obteve resultados satisfatórios, uma vez que a água tratada é para reúso, ou seja, ela volta para o processo de lavagem de PET.

Verificou-se que as análises de DBO_5, DQO, detergentes e óleos e graxas, são importantes para esse tipo de efluente, uma vez que o material reciclado possui diferentes características. Essas análises foram realizadas para calcular a eficiência da estação, obtendo como resultados uma porcentagem de remoção de 95,61% da DBO_5, 53,32% da DQO, 87,59% de detergentes e 84,91% de óleos e graxas. Resultando em um sistema de tratamento eficiente.

No período em que o estudo foi realizado, pode-se notar que os lotes de garrafas, que entram no processo para formação de *flake*, são diferentes uns dos outros, ficando visível pela água bruta. Tem materiais que contém mais garrafas de azeite, resultando em um sobrenadante gorduroso e consequentemente a água acaba ficando um pouco mais turva.

Com isso foi proposto uma organização laboratorial que ajudará a empresa a controlar a qualidade do efluente tratado, para que o mesmo retorne ao processo com resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. M. **Análise química multi-elementar de amostras de água tratada e aspectos de saúde pública de municípios da mesorregião sul de goiás.** Goiânia, 2009. Disponível em: < http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/3107/1/Aurelio%20de%20Melo%20Barbosa.pdf > Acesso em: 28 de abril de 2018.

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da moringa oleifera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001. 76f. Dissertação (Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Ciências exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa.

BRASIL. Decreto. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília.

CARVALHO, M. J. H. **Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável**. 2008. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 1 ed. Rio de Janeiro: ABES 1993.

DI BERNARDO, LUIZ; DANTAS, ANGELA D. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A. e CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estação de tratamento de água.** São Carlos: RiMa, 2002.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007. Disponível em: < http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf> Acesso em: 4 de maio de 2018.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, HÁDEL C. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2668/1/LD_COEAM_2013_2_10.pdf> Acesso em: 3 de maio de 2018.

PRODANOV, C. C. e FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2º edição 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf > Acesso em: 5 de maio de 2018.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Blucher, 1991.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. e CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

RODRIGUES, L.P. e HOLANDA, J. N. F. **Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/ce/v59n352/10.pdf > Acesso em: 22 de abril de 2018.

ROZIN, E. M. **Pedro Demo: Pesquisa, princípio científico e educativo.** 12. Ed. São Paulo: Cortez, 2006. Disponível em < https://periodicos.ufrn.br/saberes/article/view/12308> Acesso em: 6 de maio de 2018.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

ANEXO A – Descrição da análise de óleos e graxas

10 COLETA DE AMOSTRAS

Amostras de água, esgoto ou água residuárias são coletadas em frasco de vidro, boca larga, tampa esmerilhada, capacidade de 1000mL, tendo-se cuidado de não enchê-lo completamente, deixando um espaço livre entre o líquido e a tampa do frasco.

As amostras poderão ser preservadas por 28 dias pela adição de ácido clorídrico até pH ≤ 2,0 e refrigeração a 4°C.

Para as amostras de lodo não analisadas dentro do período de 2 horas, preservar com 1ml de HCl p.a. / 80g de amostra e sob refrigeração a 4 °C.

11 PROCEDIMENTO

11.1 Método A: para amostras líquidas

Para fins didáticos, o procedimento será dividido em itens:

a) preparação das vidrarias

- deixar em refluxo todo o sistema, inclusive o cartucho de extração, o extrator e o balão de fundo chato de 250 mL, durante 1 hora utilizando-se 170 mL de n-hexano;
- após a simulação, deixar o balão de fundo chato de 250 mL, o cartucho de extração e o extrator na estufa a 70°C até evaporar todo o solvente;
- deixar o balão esfriar em dessecador, pesar e anotar P_0;
- o balão não deve ser manuseado diretamente com as mãos e sim através de pinça, pois pode haver absorção da gordura da mão e ocorrer alteração no peso inicial durante o teste.

b) filtração e secagem da amostra

- para o procedimento descrito a seguir, executar um controle de uma prova me branco, utilizando um volume de 1000 mL de água deionizada;
- transferir a amostra, do frasco de coleta, para um bécher de 2000 mL;
- deixar a amostra em agitação magnética por aproximadamente 30 minutos e transferir para uma proveta de 250, 500 ou 1000 mL, dependendo das características da amostra;
- montar o conjunto de filtração acoplando-se o funil de Buchner a um kitassato e este a bomba de vácuo;
- adicionar no funil de Buchner, com uma proveta, 100 mL de suspensão de terra diatomácea, uniformemente e aplicando-se vácuo no sistema;
- filtrar 1000 mL de água deionizada no funil de Buchner;
- para a amostra acidulada da proveta, anotar o volume a ser filtrado - V(mL) e executar a filtração no funil de Buchner;
- secar bem a amostra através da aplicação do vácuo;

- retirar do funil de Buchner, com o auxílio de pinças, o papel de filtro com o resíduo e transferi-lo a um vidro de relógio;
- limpar o funil de Buchner com pedaços do papel de filtro umedecidos no solvente e transferi-los também para o vidro de relógio;
- inserir todo o material do vidro de relógio no cartucho de extração;
- retirar todo material impregnado do vidro de relógio com um pedaço de papel de filtro umedecido com o solvente e transferi-lo ao cartucho de extração;
- levar o cartucho à estufa (103˚C) por 30 minutos ou até a secagem;

c) Extração dos óleos e graxas

- adicionar 150 mL de n-hexano, através de uma proveta, no balão de 250 mL;
- introduzir o cartucho no extrator e conectá-lo ao balão;
- conectar o conjunto extrator-balão no condensador do aparelho de Soxhlet;
- regular a temperatura tal que a taxa de extração seja de 1 ciclo a cada 3 minutos;
- deixar o sistema em refluxo por 4 horas;

d) Destilação do solvente

- retirar o balão-extrator do conjunto de extração;
- desconectar o extrator do balão e retirar o cartucho de extração;
- transferir o n-hexano que sobrou no extrator ao balão;
- conectar o balão num sistema de destilação;
- destilar o solvente a uma temperatura de 70˚C, deixando aproximadamente 10mL do n-hexano no balão, podendo-se utilizar o sistema ilustrado na figura 11.1;
- após a destilação ter finalizado, transportar o balão para a estufa e deixá-lo por pelo menos 30 minutos a 70°C. Este tempo de secagem do solvente pode variar dependendo do tipo de esgoto industrial. Deve-se garantir a secagem total do solvente na amostra, podendo-se optar por deixar em estufa a 70ºC por um período de 12 horas;
- Deixar o balão esfriar em dessecador;
- Pesar e anotar o P_1.

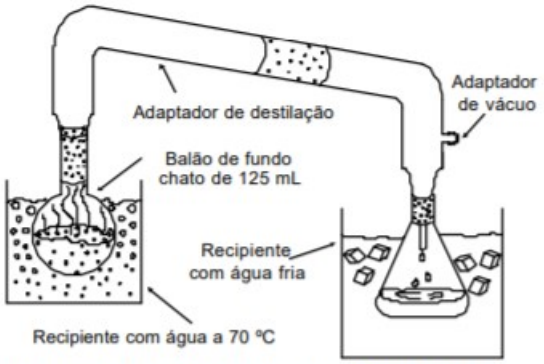


Figura 11.1 Aparelho de destilação para recuperação do solvente

Fonte: American Public Health Association (1995)

Fonte: Norma Técnica Interna SABESP NTS 005

< http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts005.pdf >

ANEXO B – Descrição do teste de jarros

5.1.4.2 Otimização da Mistura Rápida

Os ensaios realizados para otimização da mistura rápida visam à obtenção da combinação tempo e gradiente de mistura rápida que maximize principalmente a remoção de turbidez e cor aparente. Para a execução desse tipo de ensaio é necessário que a dosagem de coagulante seja feita em recipientes separados, permitindo a adição do produto nos jarros em tempos diferentes.

A seguir é descrito o procedimento detalhado para a realização deste ensaio.

Passo 1: encher os jarros de forma aleatória, visando garantir a mesma qualidade da água em todos os reatores.

Passo 2: acionar os agitadores e ajustar a rotação correspondente ao gradiente de velocidade médio na mistura rápida fixado.

Passo 3: pipetar e adicionar o volume da solução de coagulante em béqueres (mesma dosagem em todos os béqueres otimizada em ensaios anteriores).

Passo 4: acionar o cronômetro simultaneamente à adição do coagulante no jarro com maior tempo de mistura rápida (jarro 1).

Passo 5: adicionar o coagulante no respectivo jarro para cada tempo predeterminado.

Passo 6: reduzir a rotação para o valor correspondente ao gradiente de velocidade médio da floculação após o maior tempo de mistura rápida.

Passo 7: paralisar a agitação após o tempo de floculação e levantar as paletas dos agitadores.

Passo 8: coletar amostras de água decantada para a velocidade de sedimentação desejada.

Passo 9: medir os parâmetros de controle das amostras.

Passo 10: repetir os passos 1 a 9 para diferentes valores de gradientes médios de velocidade da mistura rápida.

5.1.4.3 Otimização da Floculação

Os ensaios visam relacionar o tempo e o gradiente de velocidade ótimos de floculação. Os resultados desses ensaios também servem para determinar a combinação ótima de gradientes nas câmaras de floculação por meio da metodologia desenvolvida por Pádua *et al.* (1998).

Passo 1: encher os jarros de forma aleatória, visando garantir a mesma qualidade da água em todos os reatores.

Passo 2: acionar os agitadores e ajustar a rotação correspondente ao gradiente de velocidade médio na mistura rápida fixado.

Passo 3: colocar o volume correspondente à dosagem de coagulante nas cubetas do suporte frontal.

Passo 4: acionar os agitadores e ajustar a rotação correspondente ao gradiente de velocidade médio na mistura rápida fixado.

Passo 5: adicionar simultaneamente o volume de coagulante nos jarros.

Passo 6: acionar o cronômetro simultaneamente à adição do coagulante.

Passo 7: reduzir a rotação para o valor correspondente ao gradiente de velocidade médio da floculação na mistura rápida, após o tempo e respectivo gradiente de velocidade otimizados na mistura rápida.

Passo 8: suspender as paletas dos agitadores de cada jarro separadamente, após o tempo de floculação de cada um (Figura 5.10).

Passo 9: coletar as amostras de água decantada para a velocidade de sedimentação desejada.

Passo 10: medir os parâmetros de controle das amostras.

Passo 11: repetir os passos 1 a 9 para o estudo de mais gradientes de velocidade médio da floculação.

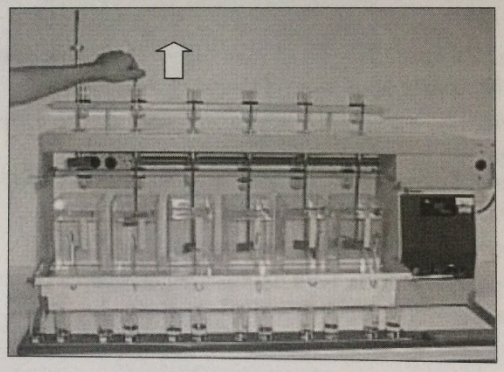


Figura 5.10 Suspensão da paleta durante o ensaio de otimização da floculação.

5.1.5 Reprodução das Condições de Mistura Rápida e Floculação de Estações de Tratamento de Água (ETAs)

O projeto de estações de água normalmente deve se basear em dados de estudos de laboratório, obtidos utilizando-se instalações constituída de reatores estáticos ou, preferivelmente, instalações piloto de escoamento contínuo.

Fonte: Di Bernardo, L.; Di Bernardo, A. e Centurione Filho, P. Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlo, 2002, p. 125-126.

ANEXO C – Laudo da primeira coleta

UNISUL

LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS.

CENTEC
Centro Tecnológico Unisul

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 2018/05/0318

INTERESSADO: GIOVANA LARA ACCO

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: EFLUENTE TRATADO.

INFORMAÇÕES GERAIS E DADOS DA AMOSTRA

Município da coleta: Tubarão – SC.	**Endereço:** R. José Alves dos Santos Passos, 5200.	
Data da Coleta: 04/05/2018.	**Local da Coleta:** Saída ETE.	**Hora da Coleta:** 13h40min.
Condições Climáticas: xxx	**Temperatura da Amostra:** xxx	**Temperatura Ambiente:** xxx
Tipo de Amostra: Efluente.	**Tipo de Amostragem:** simples.	
Amostrador: interessado.		

INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS

Data de Entrada no Laboratório: 04/05/2018. **Data de Início dos ensaios:** 04/05/2018.

Ensaios	Resultados	Limite máximo permitido	Metodologia	Limite de quantificação
pH	7,51	Entre 6,0 a 9,0	Potenciométrico	0,01
DBO_5	70,0	No máximo 60 mg/L	Respirométrico - Oxitop	1,0 mg/L
DQO	1216,0	-	Spectroquant Pharo 300 - MERCK	4,0 mg/L
Detergentes, mg/L	2,3	2,0 mg/L	Spectroquant Pharo 300 – MERCK com azul de metileno	0,2 mg/L
Chumbo, mg/L	0,018	0,5 mg/L	Espectrofotômetro de Absorção Atômica com forno de grafite	0,0005 mg/L
Cloretos, mg/L	1040,0	-	Spectroquant Pharo 300 – MERCK	2,5 mg/L
Zinco, mg/L	0,008	1,0 mg/L	Espectrofotômetro de Absorção Atômica	0,006 mg/L
Dureza, mg/L	139,9	-	Complexometria com EDTA	4,0 mg/L
Ferro, mg/L	0,275	15,0 mg/L	Espectrofotômetro de Absorção Atômica	0,006 mg/L
Sulfatos, mg/L	12,0	-	Spectroquant Pharo 300 – MERCK	5,0 mg/L
Manganês, mg/L	0,248	1,0 mg/L	Espectrofotômetro de Absorção Atômica	0,006 mg/L

OBSERVAÇÕES:

1 - Os ensaios foram realizados pela Química Cintia Souza da Silva CRQ – 13200923 e pelo Eng. Químico Elias Rodrigues Pedroso Me – CRQ 13302486.

2 - Os ensaios são realizados segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of the Wate and Wastewater. Washington: 22 st Edition, 2012.

3 - Os limites máximos permitidos são segundo Código Estadual de Meio Ambiente de 13 de abril de 2009, Lei Nº 14.675, que dispõe de padrões de emissão de efluentes líquidos no Art. 177.

4 - Os limites máximos permitidos dos parâmetros, Chumbo, são segundo Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011 que dispõe Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluente na Seção II do art. 16.

5 - Os resultados apresentados neste relatório se referem somente aos itens ensaiados.

6 - Este relatório somente poderá ser reproduzido integralmente.

7 - Coleta da amostra realizada pelo cliente. O Laboratório se isenta das responsabilidades inerentes aos procedimentos e a informações relativas à coleta.

Data de emissão do Relatório de Ensaio: Tubarão (SC), 23 de maio de 2018.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA-UNISUL
Centro Tecnológico Anael Beethoven Villar Ferrin

Elias Rodrigues Pedroso

Prof. Me. Elias Rodrigues Pedroso
Engenheiro Químico – CRQ 13ª R. 13302486
Responsável Técnico

ANEXO D – Laudo da segunda coleta (Água tratada)

LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS.

CENTEC Centro Tecnológico Unisul

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 2018/05/0349

INTERESSADO:

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: EFLUENTE TRATADO.

INFORMAÇÕES GERAIS E DADOS DA AMOSTRA

Município da coleta: Tubarão-SC.	**Endereço:** Rua José Alves dos santos Passos, Nº 5200 - Bairro São Martinho.	
Data da Coleta: 14/05/2018.	**Local da Coleta:** Saída ETE.	**Hora da Coleta:** 16h10min.
Condições Climáticas: xxx	**Temperatura da Amostra:** xxx	**Temperatura Ambiente:** xxx
Amostrador: interessado.	**Tipo de Amostra:** Efluente.	**Tipo de Amostragem:** simples.

INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS

Data de Entrada no Laboratório: 14/05/2018. **Data de Início dos ensaios:** 14/05/2018.

Ensaios	Resultados	Limite máximo permitido	Metodologia	Limite de quantificação
pH	7,10	Entre 6,0 a 9,0	Potenciométrico	0,01
DBO_5	30,0	No máximo 60 mg/L	Respirométrico - Oxitop	1,0 mg/L
DQO	3660,0	-	Spectroquant Pharo 300 - MERCK	4,0 mg/L
Óleos e Graxas totais, mg/L	10,5	50,0 mg/L	Óleos minerais até 20 mg/L, Oleos vegetais e gorduras animais até 30 mg/L	1,0 mg/L
Detergentes, mg/L	1,7	2,0 mg/L	Spectroquant Pharo 300 – MERCK com azul de metileno	0,2 mg/L
Sólidos sedimentáveis, mL/L/h	Não detectado	Até 1,0 mL/L/h	Cone Imhoff	0,1 mL/L/h
Cloretos, mg/L	900,0	-	Spectroquant Pharo 300 – MERCK	2,5 mg/L
Dureza, mg/L	147,8	-	Complexometria com EDTA	4,0 mg/L
Sólidos Suspensos Totais, mg/L	112,0	-	Spectroquant Pharo 300 – MERCK	0,1 mg/L

OBSERVAÇÕES:

1 - Os ensaios foram realizados pela Química Cintia Souza da Silva CRQ – 13200923.

2 - Os ensaios são realizados segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. Washington: 22 st Edition, 2012.

3 - Os limites máximos permitidos são segundo Código Estadual de Meio Ambiente de 13 de abril de 2009, Lei Nº 14.675, que dispõe de padrões de emissão de efluentes líquidos no Art. 177.

4 - Os limite máximo permitido do parâmetro Sólidos Sedimentáveis, é segundo Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluente na Seção II do art. 16.

5 - Os resultados apresentados neste relatório se referem somente aos itens ensaiados.

6 - Este relatório somente poderá ser reproduzido integralmente.

7 - Coleta da amostra realizada pelo cliente. O Laboratório se isenta das responsabilidades inerentes aos procedimentos e as informações relativas à coleta.

Data de emissão do Relatório de Ensaio: Tubarão (SC), 06 de junho de 2018.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA-UNISUL
Centro Tecnológico Ansel Beethoven Villar Ferrin

Prof. Me. Elias Rodrigues Pedroso
Engenheiro Químico – CRQ 13ª R. 13302486
Responsável Técnico

ANEXO E – Laudo da segunda coleta (Água bruta)

LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS.

CENTEC Centro Tecnológico Unisul

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 2018/05/0350

INTERESSADO:

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: EFLUENTE BRUTO.

INFORMAÇÕES GERAIS E DADOS DA AMOSTRA

Município da coleta: Tubarão-SC.	**Endereço:** Rua José Alves dos santos Passos, Nº 5200 - Bairro São Martinho.	
Data da Coleta: 14/05/2018.	**Local da Coleta:** Entrada ETE.	**Hora da Coleta:** 16h10min.
Condições Climáticas: xxx	**Temperatura da Amostra:** xxx	**Temperatura Ambiente:** xxx
Amostrador: interessado.	**Tipo de Amostra:** Efluente.	**Tipo de Amostragem:** simples.

INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS

Data de Entrada no Laboratório: 14/05/2018. **Data de Início dos ensaios:** 14/05/2018.

Ensaios	Resultados	Metodologia	Limite de quantificação
pH	7,61	Potenciométrico	0,01
DBO_5	683,4	Respirométrico - Oxitop	1,0 mg/L
DQO	7840,0	Spectroquant Pharo 300 - MERCK	4,0 mg/L
Oleos e Graxas totais, mg/L	69,6	Oleos minerais até 20 mg/L, Oleos vegetais e gorduras animais até 30 mg/L	1,0 mg/L
Detergentes, mg/L	13,7	Spectroquant Pharo 300 – MERCK com azul de metileno	0,2 mg/L
Sólidos sedimentáveis, mL/L/h	1,1	Cone Imhoff	0,1 mL/L/h
Cloretos, mg/L	830,0	Spectroquant Pharo 300 – MERCK	2,5 mg/L
Dureza, mg/L	143,8	Complexometria com EDTA	4,0 mg/L
Sólidos Suspensos Totais, mg/L	650,0	Spectroquant Pharo 300 – MERCK	0,1 mg/L

OBSERVAÇÕES:

1 - Os ensaios foram realizados pela Química Cintia Souza da Silva CRQ – 13200923.

2 - Os ensaios são realizados segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. Washington: 22 st Edition, 2012.

3 - Os resultados apresentados neste relatório se referem somente aos itens ensaiados.

4 - Este relatório somente poderá ser reproduzido integralmente.

5 - Coleta da amostra realizada pelo cliente. O Laboratório se isenta das responsabilidades inerentes aos procedimentos e as informações relativas à coleta.

Data de emissão do Relatório de Ensaio: Tubarão (SC), 06 de junho de 2018.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA-UNISUL
Centro Tecnológico Anael Beethoven Villar Ferrin

Elias Rodrigues Pedroso

Prof. Ms. Elias Rodrigues Pedroso
Engenheiro Químico – CRQ 13ª R. 13302486
Responsável Técnico

APÊNDICE A – Fotos da estação da empresa

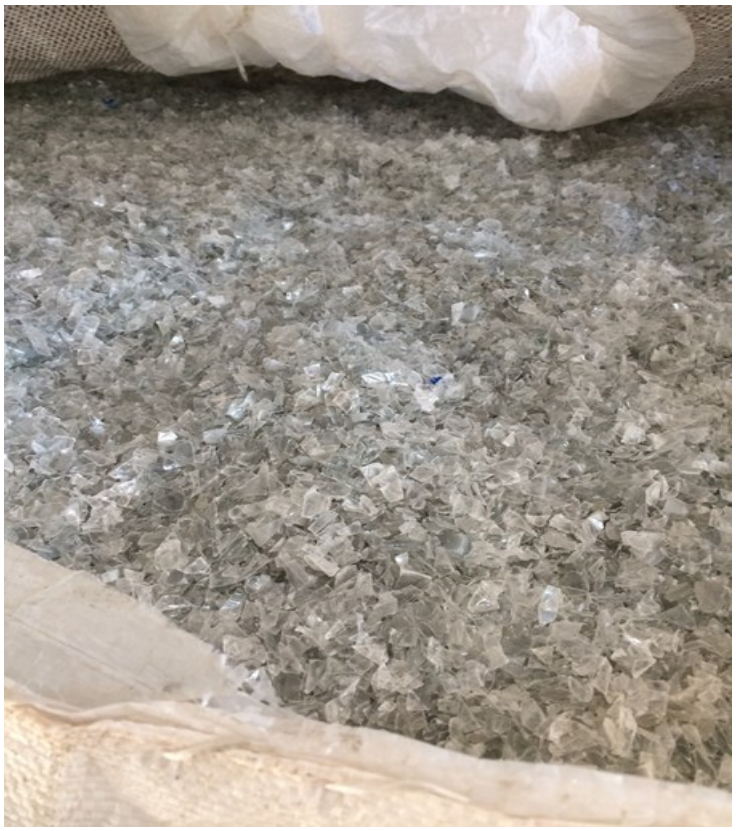
Estação de tratamento.

Caixa onde a água fica armazenada depois que sai da estação de tratamento.

Filtro.

Tanques onde são feitas as dosagens de PAC, Polímero, Hidróxido de sódio e Cloro.

Água tratada indo para a cisterna, para poder retornar ao processo.

Vertedouro entre os tanques de flotação e o de sedimentação

Flake – material final