



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GUILHERME SILVA AMORIM DOS SANTOS

**ENSAIOS DE TRATABILIDADE DE ÁGUA UTILIZANDO A CASCA DE
TAMARINDO COMO COAGULANTE**

PAU DOS FERROS – RN

2018

GUILHERME SILVA AMORIM DOS SANTOS

**ENSAIOS DE TRATABILIDADE DE ÁGUA UTILIZANDO A CASCA DE
TAMARINDO COMO COAGULANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
Campus Pau dos Ferros, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina
Lopes de Figueredo.

GUILHERME SILVA AMORIM DOS SANTOS

**ENSAIOS DE TRATABILIDADE DE ÁGUA UTILIZANDO
A CASCA DE TAMARINDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
Campus Pau dos Ferros, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO 17/09/2018

BANCA EXAMINADORA

Kytéria Sabina Lopes de Figueiredo
Prof.^a Dra. Kytéria Sabina Lopes de Figueiredo UFERSA/CMPF
Presidente

Sharon Dantas da Cunha
Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha UFERSA/CMPF
Primeiro Membro Examinador

Luiz Eduardo Vieira de Arruda
Prof. Dr. Luiz Eduardo Vieira de Arruda UFERSA/CMPF
Segundo Membro Examinador

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D237e Dos Santos, Guilherme Silva Amorim.
 Ensaios de tratabilidade de água utilizando a
 casca de tamarindo como coagulante / Guilherme
 Silva Amorim Dos Santos. - 2018.
 42 f. : il.

Orientadora: Kytéria Sabina Lopes de
 Figueredo.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2018.

1. Tratamento de água. 2. Coagulante. 3. Casca
 de tamarindo. I. Figueredo, Kytéria Sabina Lopes
 de , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Dedico...

Este trabalho, em primeiro lugar, a Deus pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. À minha família e a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer ainda mais a pena.

AGRADECIMENTOS

Apresento os meus sinceros agradecimentos a todos que direta ou indiretamente me ajudaram na elaboração deste trabalho, sendo que de forma especial:

A professora. Dr^a. Kyteria Sabina Lopes de Figueredo, minha orientadora, pelo apoio, incentivo e todo empenho dedicado nas orientações e correções para a realização deste trabalho.

Ao Marcelo Nascimento de Moraes, técnico do laboratório de química, pelas orientações práticas e por todo o suporte técnico necessário para que todos os objetivos fossem alcançados.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, por dispor de seu laboratório para execução dos ensaios e das análises.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos; a minha companheira e melhor amiga de todos os momentos Renata Pessoa de Freitas que esteve ao meu lado e me apoiou em todas as formas possíveis e em todos os momentos para que conseguisse êxito neste trabalho.

Ao meu grande amigo Cristiano Benevides Firmino, pelas dicas e sugestões, além de fornecer alguns dos materiais necessários para a realização deste trabalho.

Aos amigos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação ou contribuíram de alguma forma e que vão continuar presentes em minha vida.

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível." (Charles Chaplin)

RESUMO

O estudo tem grande impacto na área ambiental, uma vez que o mesmo vem com o propósito da redução de agentes químicos presentes no lodo das estações de tratamento de água, assim não contaminado o meio onde este lodo será destinado ao seu fim como também na redução de gastos que uma ETA pode obter com o consumo do coagulante convencional. Objetivou-se assim o presente trabalho estudar os ensaios de tratabilidade de água com a troca do coagulante convencional sulfato de alumínio pela casca de tamarindo que pode ser obtida do Tamarindeiro. Com auxílio da literatura, normas brasileiras e a partir de observações de ensaios reproduzidos em laboratório com destaque para estação de floculação e decantação que ocorre em uma estação de tratamento de água, foram analisados em tanques projetados e desenvolvidos para este fim, mas, em escala menor. Foi coletado o efluente da mesma fonte e foram analisadas três vezes na mesma estação de ensaio, alternando somente o coagulante, para que se obtivessem comparações significativas. Assim foram analisados o sulfato de alumínio, a casca de tamarindo e a mistura entre o sulfato de alumínio com a casca de tamarindo em conjunto, exatamente para se obter resultados consideráveis e a busca pela melhoria nas estações de tratamento de água. Logo foi possível concluir que a Casca de Tamarindo e seu poder de adsorção são capazes de atuar como coagulantes em uma estação de tratamento de água.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, Resíduos de fruta, Estação de decantação.

ABSTRACT

The study has great impact in the environmental area, since it comes with the purpose of reducing chemical agents present in the sludge of the water treatment plants, thus not contaminated the environment where this sludge will be destined to its end as well as in the reduction of expenses that an ETA can obtain with the consumption of the conventional coagulant. The objective of this work was to study the water treatability tests with the exchange of the conventional aluminum sulphate coagulant by the tamarind bark that can be obtained from the Tamarindeiro. With the help of the literature, Brazilian standards and based on observations of laboratory tests, highlighting the flocculation and decantation station that occurs in a water treatment plant, were analyzed in tanks designed and developed for this purpose, but at scale smaller. The effluent from the same source was collected and analyzed three times in the same test station, alternating only the coagulant, in order to obtain significant comparisons. Thus, the aluminum sulfate, the tamarind bark and the mixture between the aluminum sulfate and the tamarind bark together were analyzed, in order to obtain considerable results and the search for improvement in the water treatment plants. It was soon possible to conclude that the Tamarind peel and its adsorption capacity are capable of acting as coagulants in a water treatment plant.

KEYWORDS: Water treatment, Fruit waste, Decontamination station

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do ensaio 1.....	27
Tabela 2 - Dados ensaio 2.....	30
Tabela 3 - Dados ensaio 3.....	32
Tabela 4 - Parâmetros iniciais.....	38
Tabela 5 - Parâmetros finais.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Flocculador hidráulico com chicanas, fluxo horizontal.....	17
Figura 2 - Flocculador mecânico.....	18
Figura 3 - Decantador convencional.....	18
Figura 4 - Processo de coagulação com o sulfato de alumínio.....	19
Figura 5 - Fruta Tamarindo.....	21
Figura 6 - Piloto do tanque de floculação.....	22
Figura 7 - Piloto de Decantação.....	23
Figura 8 - Projeto Real.....	24
Figura 9 - Casca de tamarindo para o projeto.....	25
Figura 10 - Ponto de coleta (UFERSA).....	26
Figura 11 - Tanque de floculação ensaio I.....	27
Figura 12 - Pesagem do sulfato de alumínio e adição na água.....	28
Figura 13 - Casca sendo preparada para adição.....	29
Figura 14 - Água Bruta e coleta dos parâmetros ensaio 2.....	29
Figura 15 - Pesagem casca de tamarindo.....	30
Figura 16 - Água Bruta e coleta dos parâmetros ensaio 3.....	31
Figura 17 - Pesagem casca e sulfato.....	32
Figura 18 - Antes e Depois do ensaio 1.....	33
Figura 19 - Resultados ensaio 1.....	34
Figura 20 - Antes e depois ensaio 2.....	34
Figura 21 - Resultados ensaio 2.....	35
Figura 22 - Antes e depois ensaio 3.....	35
Figura 23: Resultados ensaio 3.....	36
Figura 24 - Comparação entre todos os parâmetros.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 BREVE HISTÓRICO DA ÁGUA.....	16
3.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA	17
3.2.1 FLOCULADOR	18
3.2.2 DECANTADOR.....	19
3.3 SULFATO DE ALUMÍNIO	20
3.4 MATERIAIS VEGETAIS PARA REDUÇÃO DE AGENTES QUÍMICOS.....	21
3.5 TAMARINDO	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 TANQUES PILOTOS.....	23
4.1.2. DECANTADOR DO PROJETO	24
4.2 PROJETO REAL	25
4.3 ENSAIOS DE TRATABILIDADE DA ÁGUA	27
4.3.2 ENSAIO 2 – CASCA DE TAMARINDO	29
4.3.3 ENSAIO 3 – SULFATO DE ALUMÍNIO E CASCA DE TAMARINDO	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 RESULTADO DAS AMOSTRAS E PARAMETROS.....	34
5.1.1. ENSAIO I.....	34
5.1.2. ENSAIO II	35
5.1.3. ENSAIO III	36
5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	37
5.3 VARIAÇÃO DOS PARAMETROS.....	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A água ao ser captada para estação de tratamento passa por processos a fins de sua objetivação que cada etapa fornece. Logo as grandes formações de lodo que podem ser gerados nessas estações podem proporcionar impactos, a níveis ambientais, uma vez que a disposição final deste lodo geralmente é a sua disposição no manancial de captação ou no próprio solo, assim havendo a contaminação dos mesmos, devido às grandes concentrações do sulfato de alumínio que ali estão presentes. É necessário cada vez mais o emprego de tecnologias e idéias inovadoras de tratamento que se promovam de formas positivas e apropriadas para compensar a degradação que os mananciais sofrem, tais como melhorias nas práticas de tratamento de água. Logo, deve ser considerada a tamanha importância das estações de tratamento, levando em consideração que a água é o fator primordial para existência de vida na terra, como para bem essencial de consumo humano, desde que se tenham seus padrões de potabilidade alcançados.

Os processos de tratamento de água são os conjuntos de ações físicas, químicas e biológicas. Tais processos são realizados em uma estação de tratamento de água, em um ambiente adequado para os fins e com objetivo final de disponibilizar água potável para o consumo humano (PIMPÃO, 2011). Assim a ETA se dividi em setores onde cada um trata determinado parâmetro, apresentando as seguintes fases: captação, coagulação, floculação, filtração, desinfecção e fluoretação (PIANTA, 2008). O foco deste trabalho será voltado para floculação e decantação. São nos decantadores que serão removidas as partículas suspensas, logo os decantadores são desenvolvidos de forma sistemática, para que a remoção das impurezas seja feita de forma mais eficaz.

As utilizações de substâncias químicas estão presentes em quaisquer que sejam o ramo ou setor industrial. Em estações de tratamento de água são indispensáveis as utilizações dos mesmos, como coagulantes, com fim para a floculação de partículas que não se decantam por peso próprio. Segundo Piantá (2008), o lodo formado em uma ETA que utiliza o sulfato de alumínio como coagulante é removido por métodos de limpeza dos decantadores. Este lodo terá como destino final muita das vezes à volta ao manancial de origem ou em outros corpos receptores, podendo acarretar em problemas ambientais esta destinação, na maioria das vezes não fornece uma perspectiva de um ponto de vista ambientalmente correto, e existe uma preocupação em decorrência ao uso do sulfato de alumínio como coagulante, tanto como sua extração na natureza quanto no lodo formado, entretanto é viável a alternativa Levando em consideração os dias atuais, deve ser enxergado todo e qualquer tipo de ação que possa trazer

um ponto de vista a mais no patamar sustentável e socioambiental. Assim é viável haver a troca do sulfato de alumínio para com a casca de tamarindo, evitando assim a contaminação do lodo, da água, do solo e podendo reutilizar o mesmo para fins na agricultura como compostagem e adubagem.

Os métodos usados para o estudo foram formulados a partir de ensaios de tratabilidade de água. Os ensaios foram feitos em tanques pilotos de floculação e decantação que foram projetados a partir dos tanques reais a fim de simular de forma similar a de uma ETA.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar o desempenho da casca de tamarindo em ensaios de tratabilidade de água, visando o seu emprego em estações de tratamento de água em alternância ao sulfato de alumínio.

2.2 ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma estação de tratamento de água piloto, para realização de ensaios de tratabilidade de água em escala laboratoriais.
- Realizar ensaios de tratabilidade de água utilizando sulfato de alumínio e casca de tamarindo.
- Comparar o processo utilizando o sulfato de alumínio e a casca de tamarindo, levando em consideração e as unidades de floculação e decantação.
- Verificar a viabilidade do uso da casca de tamarindo no processo de tratabilidade de água.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 BREVE HISTÓRICO DA ÁGUA

A água é um bem essencial para vida no planeta, desde o princípio a preocupação em atender as necessidades sejam elas quais fossem deviam atender determinados padrões para cada utilidade, como na qualidade para consumo. Logo essas qualidades partem desde aspectos físicos, químicos e biológicos que serão adequados nas unidades de tratamento e também com uma quantidade que pudesse atender a toda civilização.

Assim a água tem uma importância significativa no desenvolvimento histórico, segundo Schniff (1996 apud SILVA, 1999, p 12) as culturas milenares da China, Índia, Mesopotâmia, Egito, Roma e povos das culturas americanas são exemplos das grandes civilizações que nasceram às margens dos cursos de água. À medida que uma civilização passa a ter domínio de algo tão valioso e essencial, temos de fato um aumento da sua demanda, fazendo com que cada sociedade passe a tratar com uma devida importância e consequentemente suas idéias de como suprir tal demanda. Logo, de acordo com Leme (1984 apud SILVA 1999, p12),

À medida que as aglomerações humanas foram tornando-se mais densas com a formação das cidades, a necessidade de grandes volumes de água passou a constituir um problema que obrigou os antigos a executarem grandes obras destinadas a captação, transporte e armazenamento deste líquido. Destas obras destacam-se os antigos tanques de Aden na Arábia (600 anos depois de Cristo). Porém, foram os romanos que possuíram o sistema de abastecimento mais completo. Após a poluição do rio Tigre os romanos, ampliaram o seu sistema de abastecimento, construindo aquedutos que traziam água de pontos distantes da cidade, até hoje existentes.

Com o aumento da demanda e mecanismos que aumentavam o consumo de água foi notório que esses progressos trariam benefícios, mas a contaminação da mesma ainda era um problema. Assim o tratamento da água é proporcional ao controle de doenças que a mesma pode trazer. Segundo a Funasa (2013), para cada um real que é utilizado no tratamento de água juntamente com o saneamento, quatro reais são economizados na saúde.

3.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA

De acordo com a Funasa (2004, p 36) o sistema de abastecimento Público de água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

Em uma ETA do tipo físico-químico convencional ou completa têm-se, normalmente, as seguintes etapas principais: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (COMUSA, 2011).

Na estação de tratamento de água, temos as unidades de processos, onde serão feitas as padronizações para que atinja o seu valor final, uma ETA passa a se caracterizar a partir da captação da água, constituída por bombas e motores que irão possibilitar a retirada do manancial e proporcionar que a mesma possa passar para os próximos níveis de tratamento. Segundo a Comusa (2011) a coagulação é um processo unitário que consiste na formação de coágulos, através da reação do coagulante, geralmente o sulfato de alumínio que a partir de calhas será adicionado à água e se misturar com a mesma. Essa mistura ocorre de forma rápida que se dará com desníveis no local e dar continuidade a próxima etapa. Na floculação, serão formados flocos com os coagulantes adicionados na etapa anterior, se aglutinando o coagulante em partículas minúsculas presentes na água, fazendo com que seu peso aumente e adiante possa se decantar ao fundo do tanque. Ainda de acordo com a Comusa (2011) na decantação os flocos que foram formados irão se sedimentar com ajuda da gravidade e a uma baixa velocidade para que todas as partículas possam ter tempo suficiente de se sedimentar e não passar a mesma para etapas sucessivas, assim se depositando no fundo do tanque que tem um lado mais inclinado que o outro geralmente servindo como ponto de descarga de impurezas. Filtração, será feito o tratamento de impurezas que ainda permanecem em conjunto com a água, consiste na remoção de partículas suspensas e de microrganismos presentes na água, através da passagem dessa água por um meio geralmente constituído de brita e areia. A desinfecção é o ultimo passo antes de a água ser distribuída, nela consiste a adição de flúor e cloro para que sirvam como prevenção de caries e desinfecção de bactérias respectivamente (COMUSA, 2011).

O fator principal para este trabalho se encontra nas estações de floculação e decantação onde serão feitos os testes de tratabilidade com o coagulador casca de tamarindo.

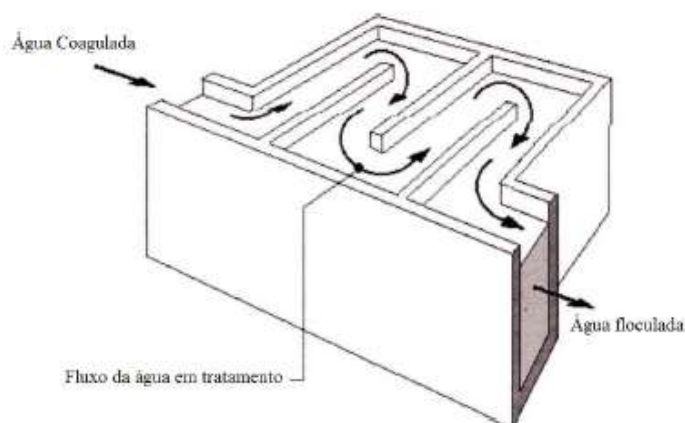
3.2.1 FLOCULADOR

Antes de entrar no floculador a água é coagulada, logo essa coagulação é feita através da adição de agentes químicos, neste caso na maioria das vezes pelo sulfato de alumínio. De acordo com Castro (2011b), o contato entre as partículas já desestabilizadas por conta dessa etapa, permite a sua agregação entre as mesmas e consequentemente a formação dos flocos. Esses flocos poderão se sedimentar com a força gravitacional atuando nas partículas com densidade maior que a da água, fazendo assim com que estas partículas se depositem no fundo do tanque, também conhecido como decantadores, onde antes apenas pela sedimentação simples sem o auxílio do coagulante não era possível e assim dando continuidade ao processo de tratamento.

Na floculação também conhecido como mistura lenta a velocidade com que a água atravessa essa etapa, deve condizer com seu nome, segundo Castro (2011b) a velocidade nesta etapa não deve ultrapassar 30 cm/s, pois pode haver a quebra das mesmas e nem ser inferior a 10 cm/s para que não haja deposição no fundo do tanque. A NBR 12216 (1992) afirma que nos floculadores a agitação da água pode ser provida por meios hidráulicos ou mecânicos. As Figuras 1 e 2 demonstram a representação de floculadores hidráulicos e mecânicos respectivamente e como o fluxo da água o percorre.

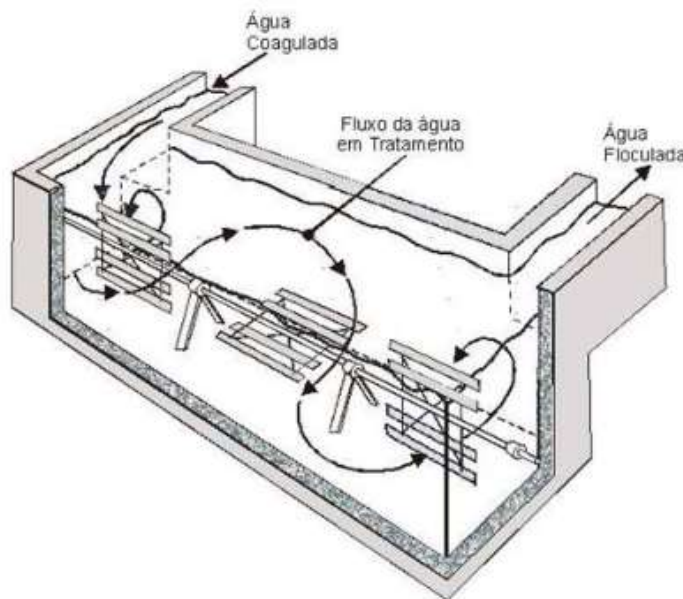
Nos floculadores hidráulicos, a agitação deve ser obtida por meio de chicanas ou outros dispositivos direcionais de fluxo que conferem à água um movimento horizontal, vertical ou helicoidal. Os tanques de floculação mecanizados devem ser subdivididos preferencialmente em pelo menos três compartimentos em série, separados por cortinas ou paredes, interligados, porém, por aberturas localizadas de forma a reduzir a possibilidade de passagem direta da água de uma abertura para outra. (NBR 12216, p 06)

Figura 1 - Floculador hidráulico com chicanas, fluxo horizontal



Fonte: Vianna, 2002.

Figura 2 - Floculador mecânico com diferentes direções de fluxo devido às pás



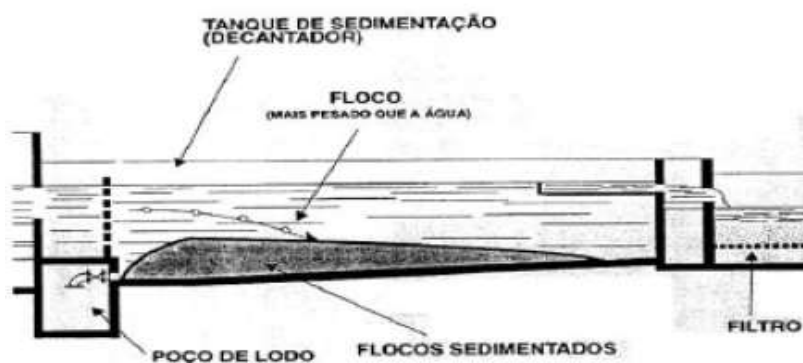
Fonte: Vianna, 2002.

3.2.2 DECANTADOR

Os decantadores são unidades presentes na ETA com a função de sedimentar todas as impurezas já floculadas. A NBR 12216 (1992) define os decantadores como sendo as unidades destinadas à remoção de partículas presentes na água, pela ação da gravidade.

Inicialmente a água floculada entra no tanque decantador e sua velocidade é bastante baixa para que os flocos possam se sedimentar, logo em seguida estes flocos sedimentados se aglomeram em uma parte mais profunda do tanque como observa – se na Figura 3, provinda da estrutura dos decantadores, essa aglomeração de flocos gera o lodo dessa unidade.

Figura 3 - Decantador convencional



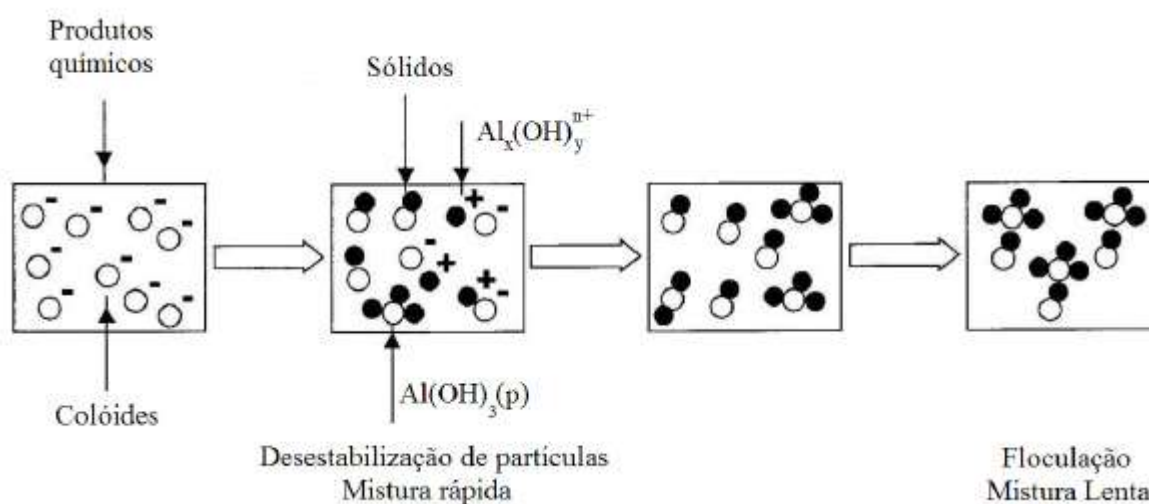
Fonte: Vianna, 2002.

O lodo gerado nos decantadores é resultado dos processos citados e logo mais retirado dos tanques. Toda característica desse lodo depende da água captada e do tipo de processo que irá sofrer, como quando há adição do sulfato de alumínio.

3.3 SULFATO DE ALUMÍNIO

O sulfato de alumínio é um dos principais atuantes quando o assunto é coagulação, sendo muito utilizado nas ETA's, a Figura 4 mostra o processo de coagulação feita pela desestabilização das partículas presentes na água. Segundo Coral (2009) o mesmo vem sendo utilizado a mais de 100 anos em todo o mundo, visando à remoção de substâncias orgânicas via coagulação química.

Figura 4 - Processo de coagulação pela desestabilização com o sulfato de alumínio



Fonte: Vianna, 2002.

Com seu uso extensivo e excessivo tem sido um assunto discutido devido à presença de alumínio na água tratada e no lodo gerado ao final do processo das estações de tratamento, muitas vezes em concentrações elevadas. Uma vez que tal pode trazer prejuízo à disposição do lodo no solo ou onde o mesmo for destinado, este excesso caso seja no lodo, de acordo com estudos concentrações variando de 2.800 a 30.000 mg/kg presentes no lodo possibilitam uma forte capacidade de ligação com o fósforo (ELLIOTT e DEMPSEY, 1991 apud ABOY, 1999). Além da contaminação que a água pode sofrer caso o mesmo seja destinado à mesma e os seres que ali habitam. Assim visando a necessidade da troca do mesmo por um coagulante que de certa forma venha trazer benefícios ambientais.

O uso do sulfato de alumínio como principal coagulante nas estações de tratamento vem das suas principais vantagens, por ter como matéria prima o sal, seu acesso e preço já estimulam as grandes indústrias pelo seu uso. Assim diminuindo o sulfato de alumínio podem-se ter algumas vantagens como:

- Redução de agentes químicos.
- Utilizar um coagulante de matéria vegetal natural.
- Lodo e água sem contaminações do mesmo.

3.4 MATERIAIS VEGETAIS PARA REDUÇÃO DE AGENTES QUÍMICOS

O uso de coagulantes com origem de base vegetal, já vem sendo uma realidade em diversos estudos. Essa alternância encontrada é justificável ao fato dos possíveis impactos ambientais causados pelos coagulantes de origem química, como o sulfato de alumínio. De acordo com Cruz (2005, p 02) os produtos convenientes para a correção de pH são agentes inorgânicos que acrescentam elementos químicos a água como também ao lodo.

Cruz (2005) traz em seu trabalho como objetivo principal a substituição do sulfato de alumínio por um coagulante a base vegetal de Taninos para o tratamento de efluentes de uma lavanderia industrial a partir de ensaios. Ele pode concluir que os resultados foram bem similares quando comparado aos de sulfato de alumínio e com algumas vantagens, menor custo, uso de matéria renovável, menor geração de lodo. Levando por fim que o Tanino é um coagulante eficiente para o tratamento de efluentes de lavanderias.

Gonsalves (2014) traz um trabalho também com origens da base vegetal, seu estudo trata-se do uso da casca de Tamarindo para adsorção. Ele tem como objetivo estudar as características da casca do fruto do tamarindeiro em sua forma natural e realizar estudos de cinética de adsorção do corante azul de metileno e do metal cromo empregando-se a técnica de banho finito de líquido. Também obteve resultados positivos, concluindo que este resíduo natural é uma boa alternativa para a remoção destes possíveis poluentes a partir do meio aquoso. A diferença do presente estudo para o de Gonsalves (2014) é devido a utilização da casca de tamarindo, Gonsalves busca a adsorção para com corantes e o trabalho busca a utilização da mesma para a coagulação de uma estação de tratamento de água.

O trabalho de Coral (2009) que vem com a iniciativa da troca do coagulante sulfato de alumínio por um polímero natural ao invés de uma base de origem vegetal. Objetivo principal é avaliar a eficiência de um polímero natural Tanfloc em comparação ao sulfato de

alumínio na etapa de coagulação/floculação, no tratamento de águas destinadas ao abastecimento. Ele pode concluir que o Tanfloc se mostra eficiente no tratamento da água utilizada em seu estudo. Para os parâmetros estudados, foi possível verificar uma equivalência nos resultados de ambos os coagulantes que o mesmo utilizou.

3.5 TAMARINDO

O tamarindo é uma fruta de origem Africana e encontrada com facilidade em regiões com climas tropicais, seus fins geralmente são alimentícios e sua polpa é bastante usada como laxante Filho (2014, p 01). Sua casca tem cor marrom e um aspecto lenhoso e quebradiço, variando de quatro até dezessete centímetros e por fim é um resíduo de origem natural.

De acordo com Gonsalves (2014, p 02), com sua casca é possível recorrer a diferentes métodos para serem aplicados no tratamento de efluentes poluídos, coagulação, sedimentação, precipitação, além disso, Gonsalves (2014, p 02), também afirma que a mesma tem um poder de adsorção que é um processo de extração em fase sólida onde uma espécie química presente numa fase líquida ou gasosa, chamada de adsorvato, sofre retenção na superfície de um substrato sólido denominado adsorvente. De um modo geral a casca que está no estado sólido e carregada negativamente irá atrair as impurezas presentes na água que estão carregadas negativamente, assim se aglutinando uma nas outras e formando os flocos.

Figura 5 – Cascas que foram utilizadas nos ensaios



Fonte: Autor, 2018.

Levando em consideração este aspecto da fruta, é possível recorrer ao método de coagulação em estações de tratamento de água a partir de tentativas de tratabilidade da água com a casca do tamarindo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de atender os principais objetivos deste trabalho são cumpridos a partir de experimentos com ensaios de tratabilidade da água nas estações de floculação e decantação com fim de alcançar o máximo de realidade, foram desenvolvidos tanques pilotos de ambas as unidades de tratamento.

Durante a pesquisa foram feitos ensaios no laboratório, que permitiram traçar um estudo comparativo do desempenho entre o coagulante *Casca de Tamarindo* e o sulfato de alumínio que é usado nas unidades de tratamento de água. Estudos estes, feitos em termos econômicos e dos possíveis impactos ambientais decorrentes dos produtos químicos utilizados nas ETA's.

Para que se possa ter uma noção apurada dos resultados do projeto, foram usadas como simuladores de efluentes, água poluída para ambos coagulantes nos tanques pilotos para fins comparativos.

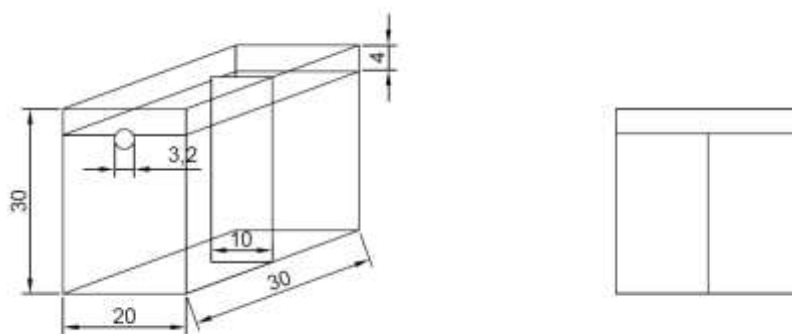
4.1 TANQUES PILOTOS

Os tanques pilotos deste projeto se baseiam nos tanques reais de uma ETA, logo, o projeto foi feito com auxílio de um programa computacional AutoCAD 2014. Um software que contém ferramentas para auxiliar o desenvolvimento de desenhos. A redução na escala foi de 1:100, ou seja a cada 1 cm no projeto equivalem a 100 cm no projeto real de uma ETA.

4.1.1 FLOCULADOR DO PROJETO

A Figura 6 demonstra o projeto feito no software do tanque de floculação

Figura 6 - Piloto projeto do tanque de floculação



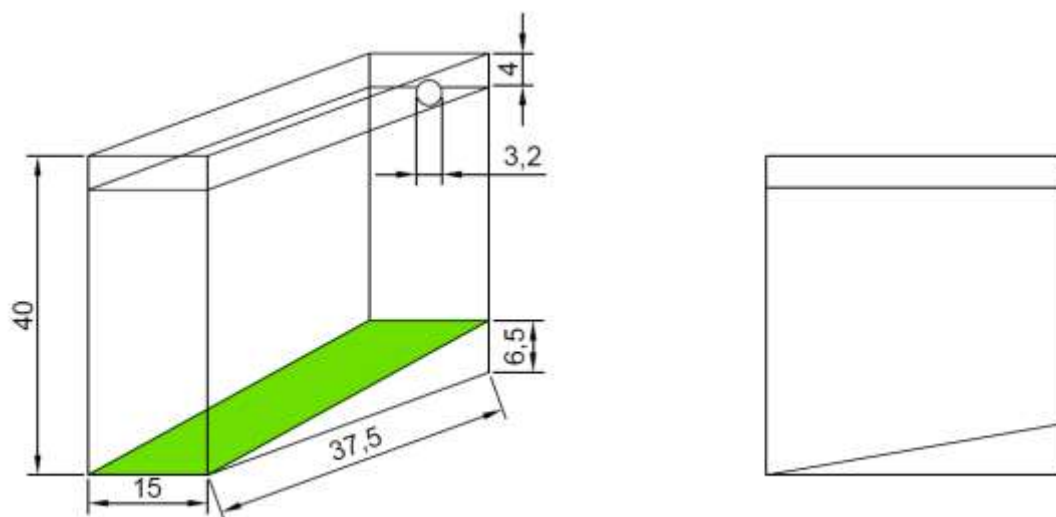
Fonte: Autor, 2018.

O projeto mostra o tanque de floculação onde foram feitos os testes, a NBR 12216 (1992) que retrata do Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público não designa nenhuma especificação com relação ao dimensionamento desta unidade. Logo por se tratar de um projeto piloto e em escala bem menor que a real, este tanque não teve padrões reais. Mas a NBR 12216 (1992) ressalta que a velocidade da água ao longo dos canais deve ficar entre 10 cm/s e 30 cm/s e para que isso aconteça à mesma cita que a distancia entre as chicanas devem ser de 60 cm. Assim o comprimento do projeto tem 30 cm e uma chicana no meio apenas para fins observatórios.

4.1.2. DECANTADOR DO PROJETO

Para o dimensionamento do decantador como mostra a Figura 7 foram tomados como base alguns dados dos decantadores reais, para o seu dimensionamento a fim de se chegar ao mais próximo da realidade. Logo, para tais conclusões foram usados cálculos simples.

Figura 7 - Piloto de Decantação



Fonte: Autor, 2018.

Segundo a FUNASA (2004) para decantadores retangulares, o comprimento deve ser mais ou menos três vezes o tamanho da largura, assim para o projeto acima, temos:

$$C / L = 2,5$$

$$C = 2,5 \times L$$

Onde:

C = Comprimento

L = Largura

O valor arbitrário para a largura foi de 15 cm visando em não deixar o projeto piloto muito grande, assim:

$$C = 37,5 \text{ cm}$$

E para a profundidade ainda a partir dos fundamentos da FUNASA (2004), a mesma pode ter uma variação de 2,5 até 5,5 metros. Por fim por meios práticos, foi adicionado um decaimento no fundo do tanque para fins da remoção do lodo de aproximadamente 9° de inclinação.

4.2 PROJETO REAL

Os tanques foram produzidos como é possível observar na Figura 8 a partir do projeto apresentado, seu desenvolvimento foi realizado em uma vidraçaria e seu material principal é o vidro juntamente com cola e silicone.

Figura 8 - Projeto Real



Fonte: Autor, 2018.

A passagem da água de um tanque para o outro funciona por meio da gravidade e o primeiro tanque é elevado com o auxílio de um caixote de madeira. A água é transferida por meio de uma mangueira de $\frac{3}{4}$ com uma chave interruptora que fecha e abre o sistema, para que assim a água só passe quando for necessário.

A casca de tamarindo foi obtida em uma indústria de fabricação de polpas para fins alimentícios e o sulfato de alumínio foi doado pela mesma.

Figura 9 - Casca de tamarindo para os ensaios



Fonte: Autor, 2018.

Os dados encontrados neste trabalho foram coletados com o auxílio da sonda HORIBA U-50 Series, que tem por finalidade detectar os seguintes parâmetros da qualidade da água:

- Temperatura, °C;
- Potencial de hidrogênio, pH;
- Potencial de oxidação redução, ORP;
- Condutividade elétrica, mS/cm;
- Turbidez, NTU;
- Oxigênio dissolvido, OD;
- Total de sólidos dissolvidos, TDS; e
- Salinidade, em %.

4.3 ENSAIOS DE TRATABILIDADE DA ÁGUA

4.3.1 ENSAIO I - SULFATO DE ALUMÍNIO

Os ensaios de tratabilidade foram reproduzidos no laboratório de Química Aplicada da UFERSA. O sistema foi montado em uma bancada com menos acesso assim evitando qualquer tipo de erro e transtorno.

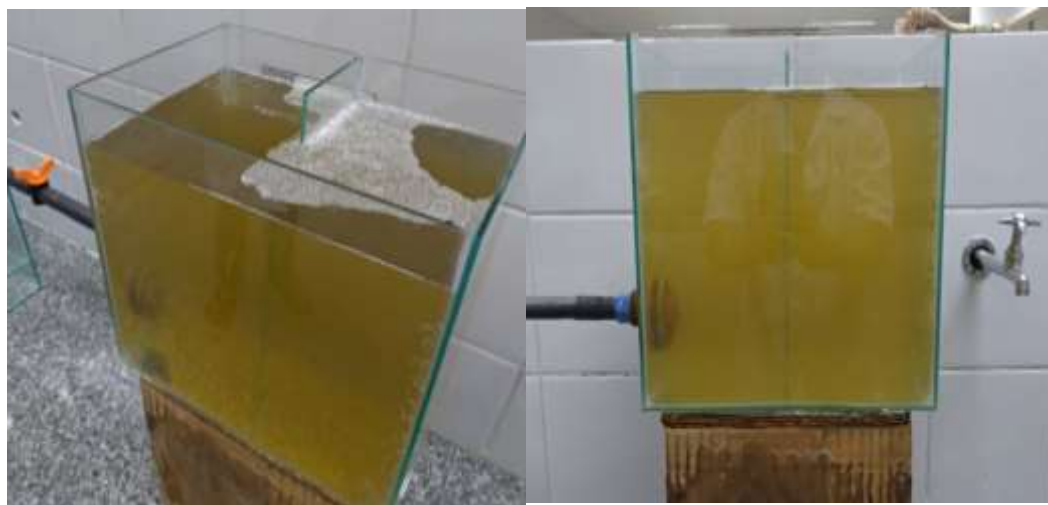
O primeiro ensaio foi feito com o coagulante Sulfato de Alumínio onde se baseava etapa de floculação e decantação e a água utilizada foi extraída da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade, Figura 10. Ao coletar a água o primeiro sinal era o odor e sua cor altamente escura, a seleção desse efluente foi escolhida justamente para que fosse obtida a visão do projeto com uma água altamente poluída.

Figura 10 - Ponto de coleta (UFERSA)



Fonte: Autor, 2018.

O tanque de floculação como mostra a Figura 11 tem uma capacidade de 18 litros de água e foram adicionados inicialmente 15 litros para o primeiro ensaio. Ao adicionar o efluente foram medidos os parâmetros com auxílio da sonda HORIBA.

Figura 11 - Tanque de floculação do ensaio I

Fonte: Autor, 2018.

De acordo com Filho (2012), a dosagem ideal para adição do sulfato de alumínio em uma ETA varia entre 5 a 100 mg/L. Assim, com essa metodologia foi encontrado um valor de 1,5g para os 15 L que seriam adicionados no floculador. Logo por se tratar de um efluente e ter uma comparação com dados idênticos para com a casca de tamarindo, foi aplicado o dobro da dosagem, logo foram adicionados 3 g de sulfato de alumínio. Com o auxílio de um bastão de vidro foi feita a mistura rápida assim tendo a agitação das partículas. Os parâmetros iniciais deste teste e de toda metodologia foram feitos a partir de duas medidas iniciais com a sonda com a finalidade de assim obter – se uma média entre de cada segmento que estava no ensaio. A seguir é apresentada a Tabela 1 com os parâmetros coletados neste ensaio.

Tabela 1: Dados do ensaio 1

Parâmetros iniciais coletados com a sonda HORIBA.

Parâmetros Iniciais	Parâmetros coletados Sulfato de alumínio
Temperatura	28,63 °C
pH	7,80
ORP	-361 mV
Condutividade	2,22 mS/cm
Turbidez	14,4 NTU
OD	3,91 mg/L
TDS	1,42 g/L
SAL	0,11 %

Fonte: Autor, 2018.

A Figura 12 mostra a utilização da balança, para a pesagem do sulfato de alumínio e adição do mesmo no tanque de floculação.

Figura 12 - Pesagem do sulfato de alumínio e a adição na água



Fonte: Autor, 2018

Após a formação dos flocos, foi esperado por volta de 24 horas para que ocorresse a decantação dos sedimentos e em seguida foi realizada a medição dos parâmetros finais.

4.3.2 ENSAIO 2 – CASCA DE TAMARINDO

O ensaio dois ocorreu da mesma forma do primeiro, mas, neste caso o coagulante foi alternado para a casca de tamarindo.

Para este ensaio foi primeiramente feito a seleção das cascas retirando cada impureza que estivesse ali presente como, por exemplo, terra, raízes e até mesmo insetos. Após a seleção as cascas foram transferidas para um almofariz e com o auxílio de um pistilo foram trituradas até que se apresentassem um aspecto granulado para terroso e com auxílio de uma peneira, ficando assim somente os grãos mais finos. Pode ser observado na Figura 13, o preparo da casca antes de ser adicionado ao ensaio.

Figura 13 - Casca sendo preparada para adição



Fonte: Autor, 2018.

Logo após o acerto da casca, a água coletada na ETE foi depositada novamente no tanque que já estava limpo e também foram medidos seus parâmetros iniciais com a sonda como pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 - Água Bruta e coleta dos parâmetros ensaio 2



Fonte: Autor, 2018

A Tabela 2 apresenta os parâmetros coletados no ensaio II.

Tabela 2 - Dados ensaio 2.

Parâmetros iniciais coletados com a sonda HORIBA.

Parâmetros Iniciais	Parâmetros coletados Casca de Tamarindo
Temperatura	29,53 °C
pH	7,83
ORP	-333,5 mV
Condutividade	2,24 mS/cm
Turbidez	12,4 NTU
OD	4,55 mg/L
TDS	1,44 g/L
SAL	0,11 %

Fonte: Autor, 2018.

Em seguida a coleta de dados foi acrescentada 3 g da casca de tamarindo como mostra à figura 15, com a mesma metodologia que foi empregada no sulfato de alumínio, adicionada ao tanque e feito à mistura rápida com o auxílio do bastão de vidro, como feito no ensaio anterior.

Figura 15 - Pesagem casca de tamarindo.



Fonte: Autor, 2018.

A primeira dificuldade se apresentou ao tentar misturar a casca de tamarindo com o efluente, pois não se tinha uma mistura como no sulfato de alumínio. Assim a mistura foi sendo feita com o bastão até que a mesma estivesse sido totalmente concretizada.

Neste teste foi aguardado por volta de 24 horas para que se pudesse ter um tempo de decantação e em seguida a medição dos parâmetros.

4.3.3 ENSAIO 3 – SULFATO DE ALUMÍNIO E CASCA DE TAMARINDO

Neste ensaio o objetivo era descobrir se os dois coagulantes tinham resultados consideráveis quando em conjunto, assim foi feito com metade do sulfato de alumínio e metade com a casca de tamarindo.

A Figura 16 mostra a mesma metodologia usada nos anteriores, a água bruta para com auxílio da sonda, feita a medida dos parâmetros deste ensaio.

Figura 16 - Água Bruta e coleta dos parâmetros ensaio 3



Fonte: Autor, 2018.

Tabela 3 - Dados ensaio 3

Parâmetros iniciais coletados com a sonda HORIBA.

Parâmetros Iniciais	Parâmetros coletados Mistura
Temperatura	28,55 °C
pH	7,32
ORP	-329,5 mV
Condutividade	2,27 mS/cm
Turbidez	16,0 NTU
OD	3,2 mg/L
TDS	1,46 g/L
SAL	0,12 %

Fonte: Autor, 2018.

O ensaio três foi feito com a mesma metodologia dos anteriores, fazendo a mistura rápida com auxílio do bastão de vidro, mas, agora com metade de cada coagulante. Logo foram adicionados 1,5 g de cada para este ensaio totalizando 3 g como mostra a figura 17.

Figura 17 – Pesagem da casca e do sulfato*Fonte:* Autor, 2018.

Neste ensaio o tempo de espera para decantação foi o mesmo que nos anteriores, assim todos os ensaios com padrões de tratabilidade iguais com exceção da água coletada, pois as coletas foram feitas em dias diferentes na ETA da Universidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADO DAS AMOSTRAS E PARAMETROS

5.1.1. ENSAIO I

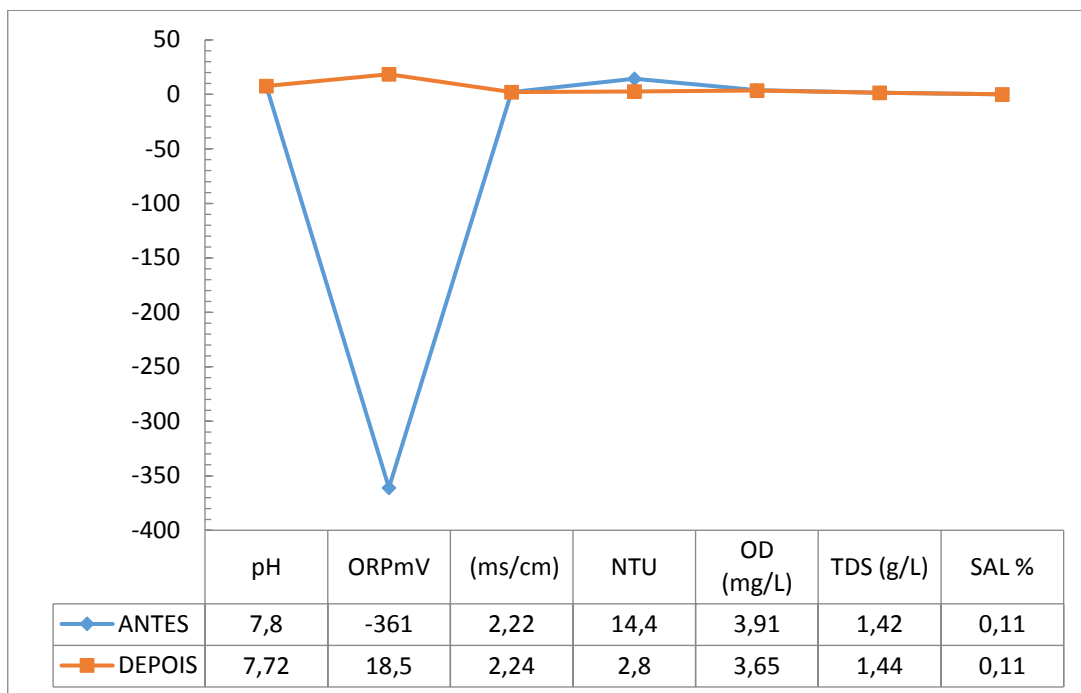
A caracterização do efluente bruto seguiu a metodologia descrita com os ensaios de tratabilidade feitos no laboratório.

Figura 18 - Antes e Depois da adição do sulfato de alumínio no ensaio I



Fonte: Autor, 2018.

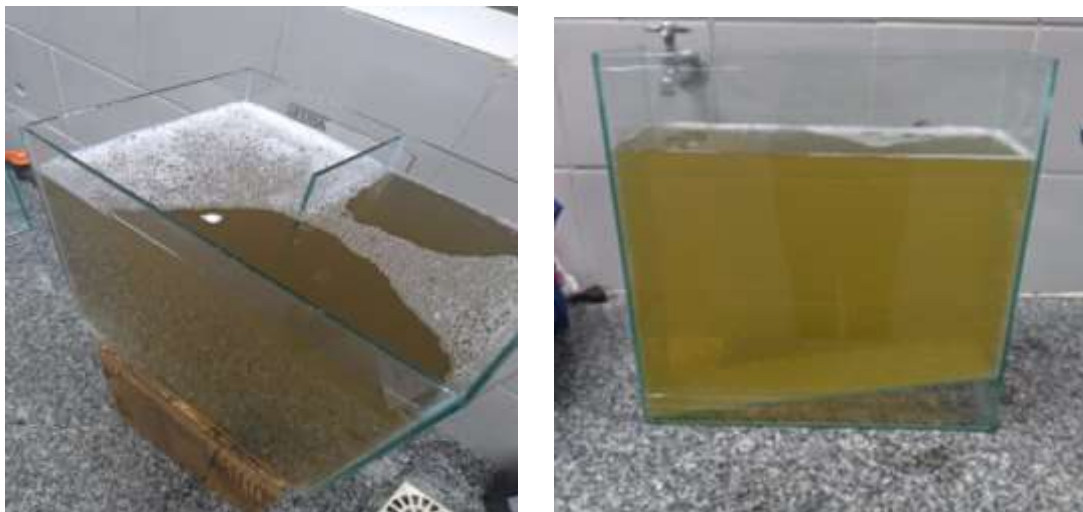
Aparência após o primeiro ensaio com o sulfato de alumínio, os resultados dos parâmetros estão expressos na Figura 19 a baixo.

Figura 19 – Resultado do primeiro ensaio após a adição do coagulante

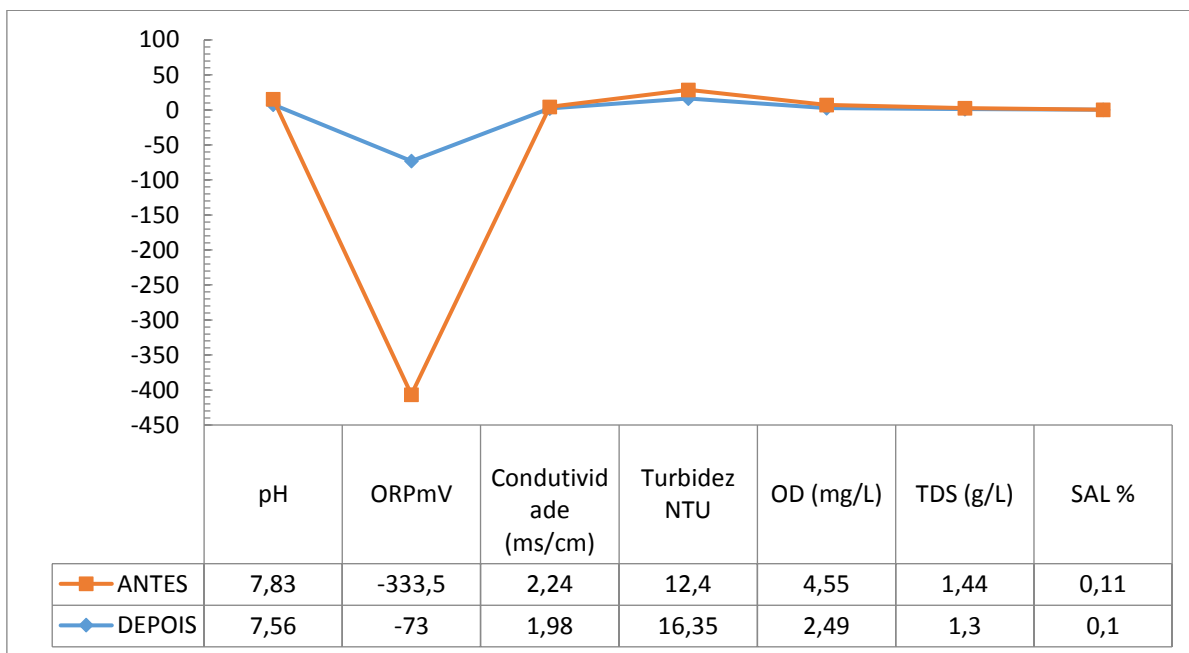
Fonte : Autor, 2018.

5.1.2. ENSAIO II

Este ensaio foi de suma importância seus resultados, pois é nele que se pode ter a visão dos objetivos deste trabalho. Na figura 20, pode ser observado o resultado após a adição da casca de tamarindo, decantada, cor aparentemente mais clara, mas com um tom amarronzado, devido à coloração que a casca tem em suas propriedades.

Figura 20 - Antes e Depois da adição da casca de tamarindo no ensaio II

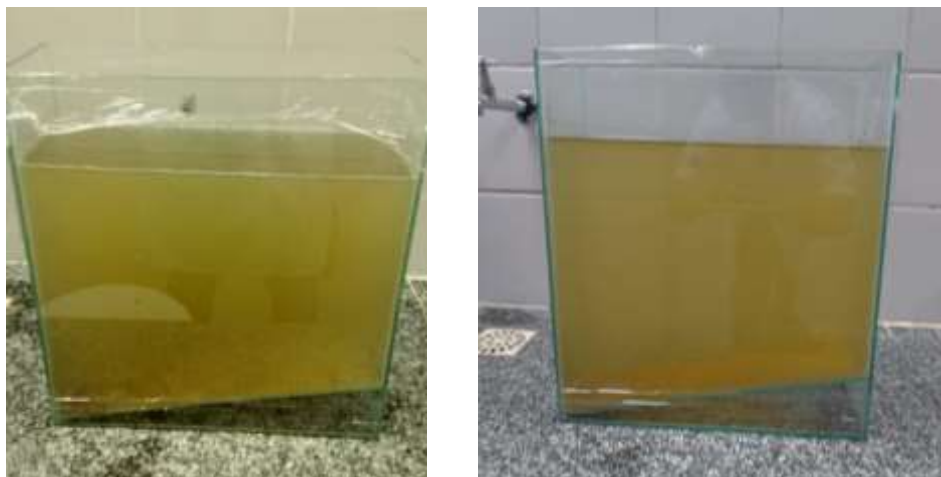
Fonte: Autor, 2018.

Figura 21 - Resultado do segundo ensaio após a adição do coagulante

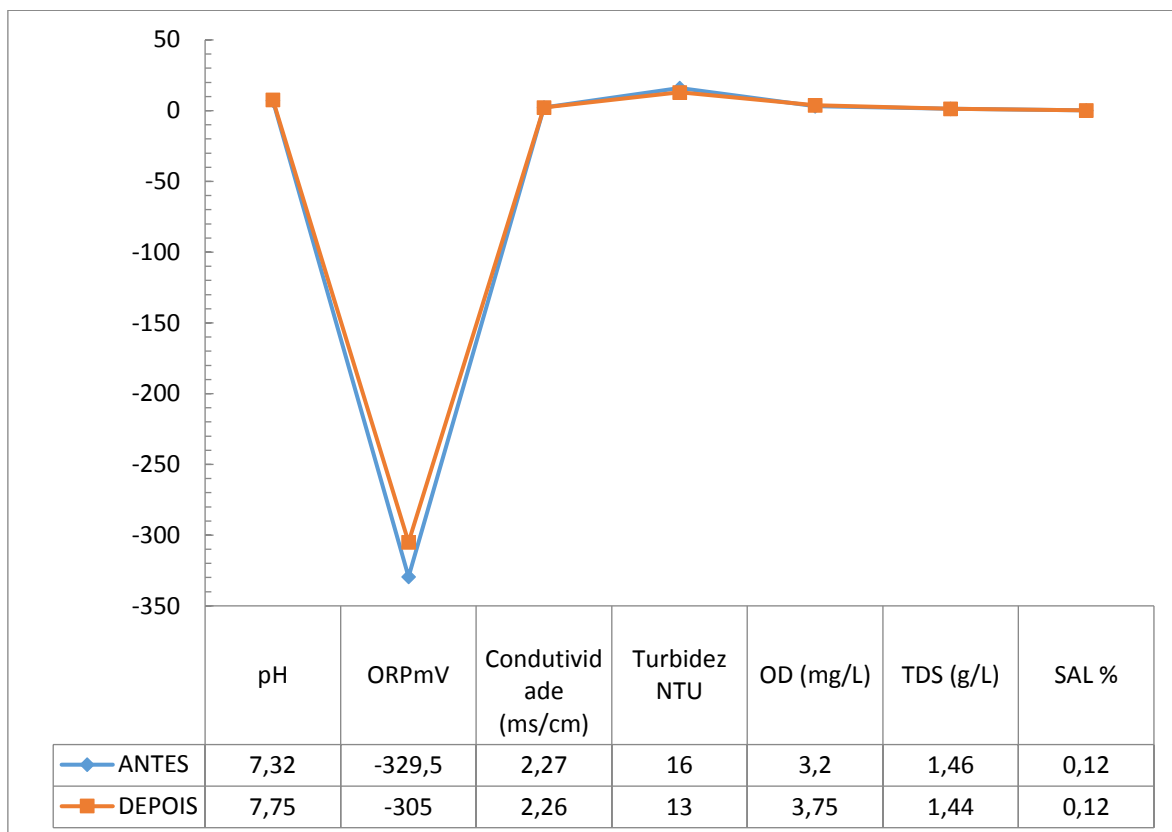
Fonte: Autor, 2018.

5.1.3. ENSAIO III

Neste ensaio como visto na figura 22 foi feita a mistura dos dois coagulantes, com a perspectiva da diminuição do sulfato de alumínio nas Estações de Tratamento. Neste teste houve uma mudança, pois a estação piloto de floculação não estava mais agüentando a pressão exercida pela água e conseqüentemente vazamentos ocorreram. Assim todo processo foi feito no tanque de Decantação.

Figura 22 - Antes e depois da adição da mistura dos dois coagulantes no ensaio III

Fonte: Autor, 2018.

Figura 23: Resultado do terceiro ensaio após a adição do coagulante

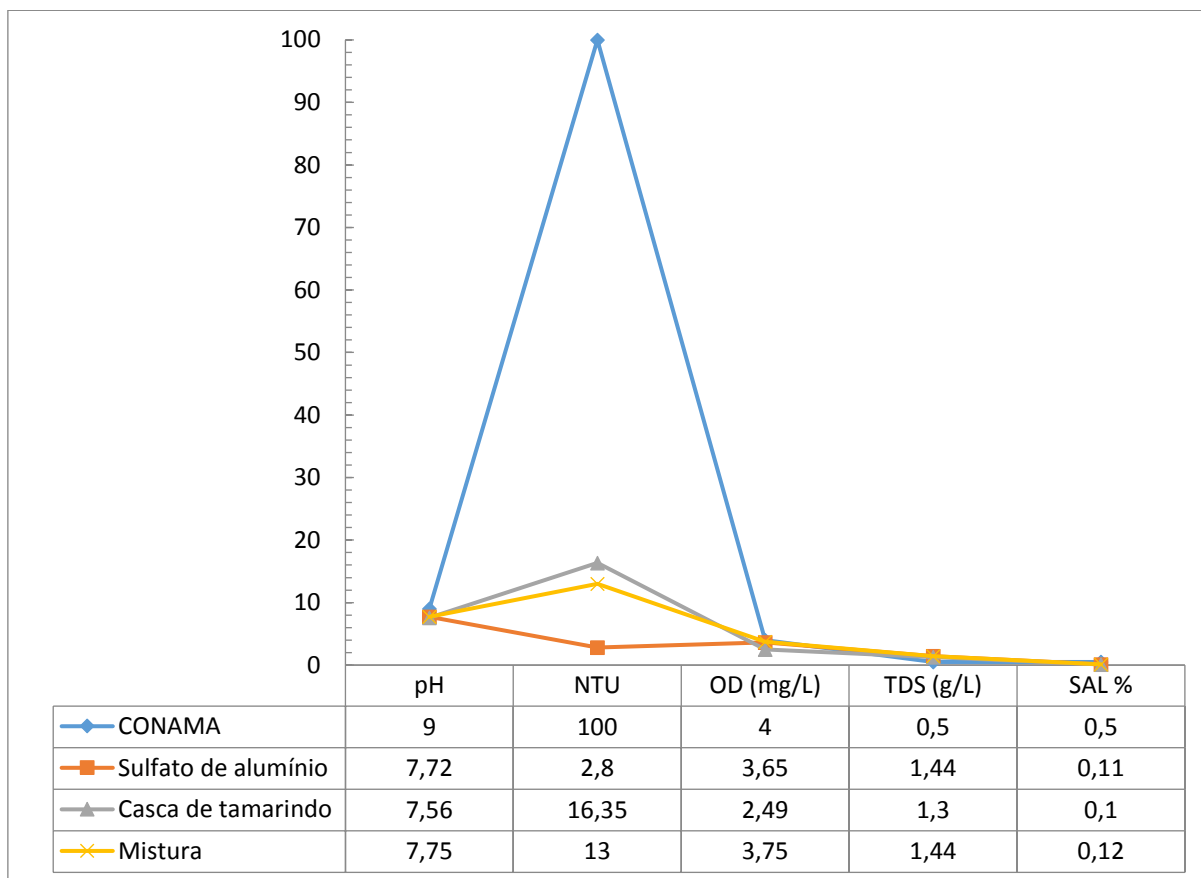
Fonte: Autor, 2018.

5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Levando em consideração as características iniciais da água por se tratar de um efluente que passou apenas com fins de ensaios para decantações, os resultados obtidos se adequam a novos parâmetros. De acordo com a CONAMA (2005), as águas de classe 3 estão destinadas para fins de consumo humano desde que passem por tratamento convencional ou avançado.

Assim a figura 24 apresenta o resultado de todos os parâmetros, dando uma ressalva que conforme a CONAMA (2005) pode variar a turbidez até 100 NTU nesta classe de água.

Figura 24 - Comparação entre todos os parâmetros.



Fonte: Autor, 2018.

5.3 VARIAÇÃO DOS PARAMETROS

Os valores dos parâmetros coletados da água bruta após passarem pelos ensaios sofreram algumas modificações. O pH nos ensaios 1 e 2 apresentaram uma redução, mas no ensaio 3 com a mistura formada entre esses coagulantes o pH aumentou. Levando em consideração que esta etapa do processo não é uma estação de correção do pH e sim a sedimentação de partículas.

A turbidez decaiu nos ensaios 1 e 3, já no ensaio 2 da casca de tamarindo sofreu um aumento de 3,95 NTU em relação ao parâmetro inicial. Tal fato deve ter advindo devido à presença do seu pigmento que as cascas apresentam. Assim vendo que o mesmo coagulante talvez tenha deficiência neste parâmetro. Sólidos dissolvidos totais também sofreram reduções nos ensaios 2 e 3, nos ensaios em que foram usados a casca de tamarindo já para o ensaio 1 com o sulfato de alumínio sofreu um aumento de 0,02 g/L de TDS.

As Tabelas 4 e 5 a baixo apresentam todos os dados iniciais e finais respectivamente, assim podendo ter uma observação melhor quanto aos resultados obtidos.

Tabela 4 - Parâmetros iniciais nos três ensaios

Todos os parâmetros coletados inicialmente nos três ensaios.

Parâmetros Iniciais	Sulfato de alumínio	Casca de Tamarindo	Mistura
Temperatura	28,63°C	29,53°C	28,55 °C
pH	7,80	7,83	7,32
ORP	-361 mV	-333,5mV	-329,5 mV
Condutividade	2,22 mS/cm	2,24 mS/cm	2,27 mS/cm
Turbidez	14,4 NTU	12,4 NTU	16,0 NTU
OD	3,91 mg/L	4,55 mg/L	3,2 mg/L
TDS	1,42 g/L	1,44 g/L	1,46 g/L
SAL	0,11 %	0,11 %	0,12 %

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 5 - Parâmetros finais nos três ensaios

Todos os parâmetros coletados ao fim dos três ensaios.

Parâmetros Finais	Sulfato de alumínio	Casca de Tamarindo	Mistura
Temperatura	29,26 °C	27,38 °C	26,94 °C
pH	7,72	7,56	7,75
ORP	18,5 mV	-73 mV	-305 mV
Condutividade	2,24 mS/cm	1,98 mS/cm	2,26 mS/cm
Turbidez	2,8 NTU	16,35 NTU	13,0 NTU
OD	3,65 mg/L	2,49 mg/L	3,75 mg/L
TDS	1,44 g/L	1,30 g/L	1,44 g/L
SAL	0,11 %	0,10 %	0,12 %

Fonte: Autor, 2018.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento dos ensaios comparativos entre o sulfato de alumínio e coagulante orgânico de origem vegetal foi possível observar que o tratamento com a casca de tamarindo apresenta boa eficiência de coagulação/floculação e redução na turbidez.

O fato de uma diminuição de sais metálicos no tratamento quanto à geração do lodo e também a formação do mesmo pela adição de coagulante orgânico é passível de uso direto na agricultura ou na compostagem é um benefício a ser levado em conta, quando o mesmo não tem uma utilização final e é destinado ao solo ou ao manancial de origem e sendo assim contaminado.

Os parâmetros obtidos nos resultados do projeto constataram que os valores estão bem próximos aos que foram obtidos com o sulfato de alumínio para com estas unidades.

Uma vez em que a casca pode ser obtida em indústrias alimentícias onde geralmente seu destino final é o lixo. É relevante o pensamento quanto ao seu uso nas estações de tratamento, acarretando na diminuição de elementos químicos e também economia para com a empres

REFERÊNCIAS

ANA (Ed.). **Quantidade e Qualidade da água**. 2017. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/quantiquali>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BASTOS, K.x.; FREITAS. de; NASCIMENTO. **ENSAIOS DE TRATABILIDADE E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO. RECURSOS FUNDAMENTAIS DE PROJETO E OPERAÇÃO DE ETAS COM VISTAS À OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO E DA QUALIDADE DA ÁGUA**. 2005. 10 f. Artigo - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

BRASIL. Funasa. Fundação Nacional de Saude (Ed.). **Manual do Saneamento**. 3. ed. Brasília: Núcleo de Editoração e Mídias de Redes, 2004. 165 p.

PIANTÁ, Cyro Antônio Vianna. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao sulfato no tratamento de água**. 2008. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ufrs, Porto Alegre, 2008.

NOVO HAMBURGO. Comusa. Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo (Ed.). **Tratamendo de Água**. 2011. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoagua>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

BRASIL. NBR. (Ed.). **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. 1992. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=2898>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

CRUZ, João Guilherme Heinz. **Alternativas para a aplicação de coagulantes a base vegetal de tanino no tratamento de efluente de uma lavanderia industrial**. 2005. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Ufrs, Porto Alegre, 2005.

CARVALHO FILHO, Nelson Virgilio. **Tecnicas de Tratamento**. 2014. Disponível em: <<https://net/neoson/aula-06-tecnicas-de-tratamento-parte-2-0109>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

CURI, DENISE. Gestão Ambiental. 1 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

GONSALVES, de. LEITE FILHO; MEDEIROS, S. Casca do Tamarindo: Caracterização e Estudos de Absorção de Azul de Matileno e Cromo (VI) usando a Técnica de Banho Finito de Líquido. **Revista Virtual de Química**, Petrolina, v. 6, n. 5, p.1-2, 09 jul. 2014.

LA ROVERE, Emílio L. (coordenador). **Manual de auditoria ambiental**. Rio de Janeiro, Editora Quality mark.151 p. 2002.

PIMPAO, H. **Avaliação dos impactos ambientais da estação de tratamento de esgoto do bairro CPA III - Lagoa Encantada em Cuiabá/MT utilizando indicadores ambientais**. Dissertacao de Mestrado – Programa de Pos-Graduacao em Engenharia de Edificacoes e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiaba - MT, 105 p. 2011. Disponível em <http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/25.pdf> Acesso em 25 de Maio 2018.

SILVA, da; **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto**. 1999. 87f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Publica, Rio de Janeiro, 1999.