

## MELHORIAS NO SISTEMA DE COAGULAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO DE UM ABATEDOURO DE AVES

**Juliana Spillere Pizzolo<sup>1</sup>**

**Débora De Pellegrin Campos<sup>2</sup>**

**Resumo:** O tratamento do efluente industrial é assunto importante no meio empresarial, visto que as empresas que utilizam grande quantidade de água devem tratar, obrigatoriamente, seu efluente antes de liberá-lo novamente em corpos d'água. O policloreto de alumínio, neste trabalho, teve sua eficiência comparada com a do coagulante cloreto férrico. Sendo verificado cor, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e nitrogênio total. Como alternativa para melhoria do sistema de coagulação, testou-se a adição de um terceiro reagente ao tratamento, o cloreto férrico. Os ácidos sulfúrico e clorídrico foram adicionados previamente ao coagulante PAC 18%, com intuito de enquadrar o pH do efluente bruto aos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA e consequentemente diminuir o volume de reagentes utilizados no processo. O HCl apresentou ótimos resultados, tendo eficiência na acidificação do pH e resultados de turbidez e cor dentro dos parâmetros. A eficiência do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foi menor do que a com ácido clorídrico, visto que foi necessário mais ácido sulfúrico para acidificar o pH. O cloreto férrico como coagulante teve melhores resultados de pH, turbidez e principalmente cor quando comparado com o PAC 18%. As análises específicas de DBO e nitrogênio apresentaram resultados um pouco acima do permitido, porém aceitáveis, já a DQO ficou muito acima do permitido, podendo assim trazer problemas a longo prazo.

**Palavras-Chave:** pH. Reagentes. Coagulante. Floculante.

### 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano e industrial necessita do recurso híbrido mais usado no planeta, a água. Sendo essa de uso indispensável em algumas áreas industriais, como por exemplo na agroindústria e na indústria alimentícia, que segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura) são os setores manufatureiros que mais consomem água no mundo (FAO, 2021).

A reutilização do efluente industrial é um assunto que vem sendo cada vez mais estudado no nosso país. Segundo o Serviço Nacional de Saúde (SNS) (2018-A), nos curto e médio prazos, é estimado que a água de reúso de efluente tratado de

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Química. Ano 2021-2. E-mail: jupizzolo@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora do Centro Universitário UniSATC E-mail: debora.campos@satc.edu.br

esgoto doméstico para fins industriais no Brasil cresça para 10 a 15 m<sup>3</sup>/s em diferentes cenários estipulados (SNS, 2018).

Devido a presença dos mais variados tipos de substâncias químicas, o efluente industrial se caracteriza como grande poluidor dos rios e mares. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Conama nº 357, de 17 de março de 2005, p. 1, determina que “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, [...]”.

Os procedimentos de abate e processamento de carne geram efluentes com características muito distintas. Devido à alta toxicidade do efluente, é extremamente necessário tratá-lo antes de sua disposição em corpos d’água ou no solo (PEREIRA; PAIVA; SILVA, 2016).

De todos os padrões de lançamento de efluentes, os parâmetros mais importantes analisados, fixados pelo Conama, na indústria avícola são: o potencial hidrogeniônico (pH), a temperatura, os materiais sedimentares, os óleos e graxas, o nitrogênio total e o fósforo total. Neste respectivo trabalho o potencial hidrogeniônico será o principal parâmetro analisado.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi realizar o acompanhamento do tratamento de efluentes em um abatedouro de aves, a fim de encontrar a causa da frequente oscilação do pH do efluente e realizar a melhoria do sistema de coagulação testando diferentes reagentes.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A demanda mundial por água tem aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% por ano e continuará a aumentar de forma significativa durante as próximas duas décadas (ONU, 2018).

### **2.1 LEGISLAÇÃO APLICADA AOS FRIGORÍFICOS**

O Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) é o órgão responsável por fazer a fiscalização higiênico-sanitária de abatedouros e frigoríficos de aves no Brasil. Anexo ao DIPOA está o Sistema de Inspeção Federal

(SIF) responsável por analisar a qualidade da água de abastecimento na fabricação de produtos de origem animal (MAPA, 2017). As seguintes regulamentações brasileiras referentes à qualidade da água são aplicadas aos frigoríficos e abatedouros de aves, tais como o Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977 e o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, atribuem ao Ministério da Saúde (MS) a competência para estabelecer o padrão de potabilidade da água.

A água de abastecimento dos estabelecimentos registrados no SIF pode ser proveniente de rede de distribuição ou de captação subterrânea ou superficial.

## 2.2 ABATEDOURO DE FRANGOS

Entre as carnes, as que projetam maiores taxas de crescimento da produção anual no período 2020/21 a 2030/31, são a carne suína, com 3,0% e bovina com 2,3%, respectivamente. Já produção de carne de frango tem um crescimento projetado de 2,6% ao ano (MAPA, 2021).

### 2.2.1 Processo produtivo

O processo produtivo dos abatedouros de frangos é dividido em: recepção de aves, pendura, abate/sangria, escaldagem, evisceração, miúdos, sala de cortes, *pré-chiller*, *chiller*, congelamento e expedição.

Na etapa de recepção, as aves chegam dentro de gaiolas através de caminhões. Para garantir o bem-estar animal e reduzir a mortalidade antes de entrar no abatedouro, as aves aguardam com ventilação adequada na área externa, denominada box de recepção. Após a retirada das aves os caminhões e as gaiolas são higienizados. Os resíduos gerados neste ponto são fezes, poucas penas e água de limpeza (MATSUMURA, 2007).

Na etapa de sangria, as aves passam por um atordoamento, por meio de um pequeno choque. Após isso elas recebem um corte na veia jugular e seguem por um túnel onde o sangue escorre por canaletas seguindo para a fábrica de farinhas ou para a estação de tratamento (BARZOTTO, 2013).

O próximo setor que as aves são encaminhadas é a escaldagem. Nessa etapa elas passam por um tanque com água de temperatura regulada, de no mínimo

54,5 °C e no máximo de 59 °C, e seguem para a depenadeira, na qual é responsável pela retirada de todas as penas das aves (ROSA, 2014). Esse equipamento tem entrada constante de água para lavagem da carcaça.

Na etapa de evisceração, posterior a escaldagem, caracterizada como início da área limpa, inicia a operação de corte da pele do pescoço, até o final das carcaças (BARZOTTO, 2013). Até a etapa de evisceração as aves são transportadas por ganchos.

Após esta etapa, as aves caem em um tanque aberto para pré-resfriamento (sistema de resfriadores contínuos por imersão), chamado pré-*chiller*, seguindo para o tanque de resfriamento, *chiller*, onde a água permanece a 4 °C pela adição de gelo (MATSUMURA, 2007). Ao sair do resfriamento, as aves seguem para o congelamento e expedição para o mercado interno e/ou externo.

## 2.2.2 Caracterização dos efluentes de um frigorífico de aves

Nesse processo, a água residuária dos frigoríficos avícolas é composta de gordura, material proteico, ossos, sangue e penas e possui as características descritas no Qd. 1. Antes de chegar à Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), o que determina a qualidade do efluente são a segregação das penas, vísceras, ossos e sangue, sendo fundamental que ocorra essas separações para um tratamento eficiente e redução dos produtos químicos utilizados (LIBERATTI, 2018).

Quadro 1: Características de efluentes de abatedouro.

Parâmetro	Unidade de medida	Valor referenciado
Temperatura do efluente bruto	Celsius (°C)	Acima de 95
Pressão de ar	Quilograma (kg)	≥ 6,0 e ≤ 8,0
Potencial hidrogeniônico (pH) do efluente bruto	--	≥ 6,5 e ≤ 7,8
pH do efluente tratado	--	≥ 6,0 e ≤ 9,0
Turbidez do efluente tratado	Turbidez Nefelométrica (NTU)	12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente bruto	Miligrama por litro (mg.L <sup>-1</sup> )	1.600
DBO do efluente tratado	Miligrama por litro (mg.L <sup>-1</sup> )	80
Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente bruto	Miligrama por litro (mg.L <sup>-1</sup> )	3.000

Fonte: Adaptado de Liberatti (2018) e CONAMA (2005)

Parâmetros como o pH, a turbidez e a demanda bioquímica e química de oxigênio são essenciais para manter a qualidade do efluente final. Como estabelecido pelo Conama, o potencial hidrogeniônico precisa estar dentro do padrão estabelecido para que a água possa ser reutilizada após o tratamento. Já o pH do efluente bruto precisa estar entre  $\geq 6,5$  e  $\leq 7,8$ , a fim de garantir que o tratamento secundário, realizado no flutador, seja de melhor qualidade (LIBERATTI, 2018; CONAMA, 2005).

A DBO e a DQO são necessários para medir a matéria orgânica presente na água. A demanda bioquímica de oxigênio é a quantidade de oxigênio requerida por microrganismos para oxidar os compostos presentes na amostra (MARTINS, 2018).

A demanda química de oxigênio é a quantidade de oxigênio que os processos químicos necessitam para degradar os materiais orgânicos (MATRIX, 2021).

### **2.2.3 Padrões de lançamentos de efluentes**

O Estado de Santa Catarina obedece aos limites estipulados, no âmbito federal, pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005, que dispõe a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento, assim como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes industriais.

No âmbito estadual (SC), as indústrias catarinenses seguem os padrões de lançamento de efluentes dispostos nas Resoluções CONAMA de números 357 (melhoria da qualidade ambiental) e 397 (proteção ambiental).

## **2.3 PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA EMPRESA DE FRIGORÍFICOS**

Em um abatedouro há separação ou segregação inicial dos efluentes líquidos em duas linhas principais: a linha verde, que recebe principalmente os efluentes gerados na recepção dos animais e a linha vermelha que possui efluentes originados no processo industrial com conteúdo proteico e gorduroso (CREMONINI; NEDEL; HIGARASHI, 2018).

Os principais tipos de tratamentos de efluentes podem ser separados por etapas: tratamentos preliminares, primários, secundários e terciários, no caso de

estações que possuem lagoas de tratamento, tendo cada um desses estágios, uma função principal e um processo predominante (FOGAÇA, 2016).

### **2.3.1 Tratamentos preliminar, primário e secundário**

A primeira etapa do tratamento dos efluentes tem por objetivo remover os sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes através do gradeamento, peneiramento, separação de óleos e gorduras, sedimentação e flotação, obtendo como resultado, somente o efluente líquido (NOTARI et al., 2020).

O tratamento primário acontece no tanque de equalização. Esse tanque recebe os efluentes e os guarda, tendo como objetivo homogeneizar e regularizar a vazão aduzida para as etapas subsequentes. A homogeneização consiste em regularizar a cor, o pH, a temperatura, a carga orgânica e a turbidez. Para finalizar essa etapa, o efluente vai para o flotador, onde acontece a coagulação e floculação (SANCHES, 2016).

Como tratamento secundário de indústria de frigorífico, têm-se o sistema de lodos ativados, que é a etapa aeróbia. Esse sistema é conhecido pelo alto índice de mecanização, o que demanda maior consumo de energia e maior dificuldade de operação (CREMONI; NEDEL; HIGARASHI, 2018).

## **2.4 SISTEMA DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO**

O processo de coagulação ocorre com a adição de um coagulante químico que retira as cargas eletrostáticas negativas dos colóides, diminuindo o seu potencial repulsivo e os aglutinando (SILVA et al., 2019). Para auxiliar neste processo as indústrias têm aplicado coagulantes inorgânicos a base de ferro e alumínio (HARNAUER et al., 2017). Os reagentes mais utilizados nessa etapa são o sulfato de alumínio, cloreto férrico e o policloreto de alumínio.

O PAC é um coagulante inorgânico, catiônico pré-polimerizado, solúvel em água e de alto peso molecular. É encontrado na forma de líquido com aparência viscosa e considerado muito eficiente na floculação em uma ampla faixa de pH e temperatura, por isso, substitui com excelência o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. (CAGLIARI, 2018).

Para o processo de coagulação são necessárias duas etapas: a mistura rápida e a mistura lenta. O processo de mistura rápida tem por objetivo dissipar o coagulante visando o maior aproveitamento possível, desde que já tenha ocorrido a verificação de parâmetros como o pH, fator que interfere diretamente na formação dos coágulos. Após a desestabilização das partículas e formação dos coágulos se inicia a floculação, que ocorre na fase de mistura lenta (ASSUNÇÃO, 2018).

A floculação ocorre em sequência, com uso de um floculante fazendo com que as partículas se organizem em flóculos de maior dimensão e densidade, podendo ser retirados posteriormente por filtração ou decantação (ZHANG et al., 2019).

Nessa etapa acontece a formação de flocos pela aglutinação dos colóides neutralizados. A agitação contínua e leve introduz energia capaz de promover esse contato (CAGLIARI, 2018). Polímero aniônico e catiônico são muito utilizados para essa etapa.

A sedimentação é uma operação unitária de separação sólido-líquido utilizada para a remoção de partículas discretas e floculentas, como sólidos suspensos, partículas coloidais e compostos orgânicos (HUA et al., 2016). A flotação por ar dissolvido (FAD) é uma alternativa à sedimentação. Na FAD a ascensão de partículas previamente floculadas ocorre com a introdução de água saturada com ar na base da unidade de tratamento, que à pressão próxima da atmosférica precipita microbolhas que se aderem aos flocos, diminuindo sua densidade efetiva (LOPES et al., 2020).

#### **2.4.1 Coagulante e ajustadores de pH estudados**

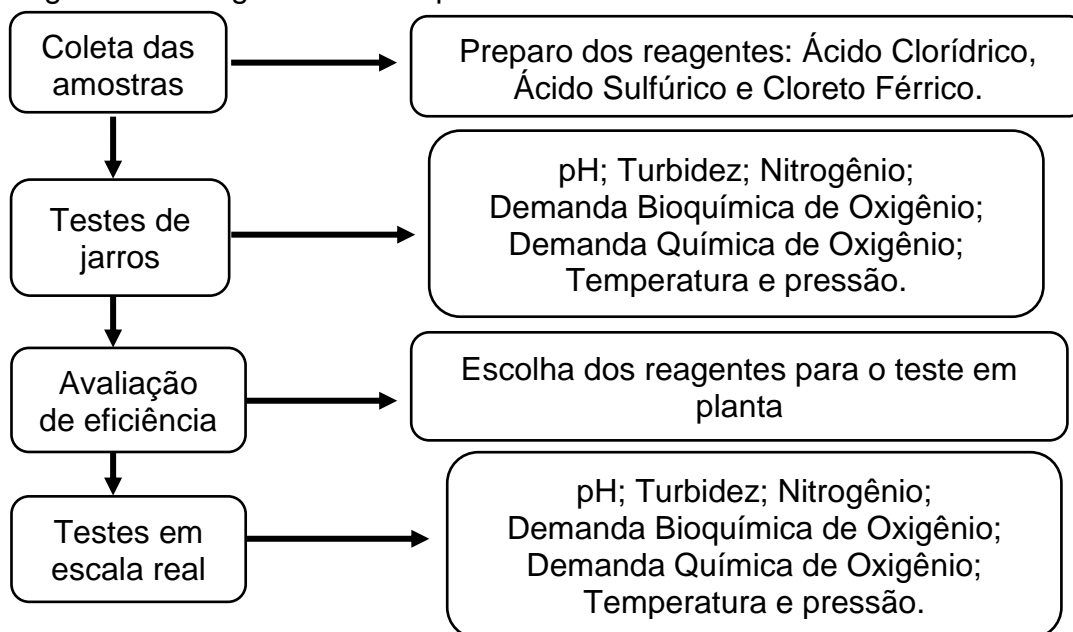
Para melhoria do sistema de coagulação bruta, estuda-se dois ácidos e um coagulante como reagentes. O ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), segundo sua Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), possui aspecto líquido incolor e levemente turvo, com odor característico e pH ácido. O outro ácido estudado é o ácido clorídrico (HCl). De acordo com as informações encontradas nas FISPQ, o ácido muriático é considerado um ácido forte de classificação 3 ao risco à saúde, seu aspecto é líquido, incolor a ligeiramente amarelo (AMBIENTALY, 2017).

Como coagulante estuda-se o cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), muito utilizado no tratamento de efluentes que contém uma carga proteica alta, com grande quantidade de sangue animal (AMBIENTALY, 2017).

### 3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O procedimento experimental foi baseado segundo os autores Liberatti, (2018) e Harnauer et al., (2017). Na Fig. 1 está o fluxograma de cada parte que foi desenvolvida.

Figura 1: Fluxograma das etapas de estudo.



Fonte: Do autor (2021)

No Qd. 2 estão apresentados os reagentes que foram utilizados para os testes. Sendo os ácidos sulfúrico e clorídrico os ajustadores de pH, fornecidos pelas Empresas Projesan e Ambientaly e o cloreto férrico, coagulante inorgânico, também fornecido pela Empresa Ambientaly.

Todas as informações presentes no quadro foram retiradas das FISPQ's dos produtos, fornecida pelos fornecedores.



Quadro 2: Características dos produtos testados na 1ª etapa.

Produto	Fórmula	Tipo	Fabricante	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Estado físico
Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ajustador de pH	Projesan	1,83	Líquido
Cloreto Férrico	FeCl <sub>3</sub>	Coagulante	Ambientaly	2,9	Líquido
Ácido clorídrico	HCl	Ajustador de pH	Ambientaly	Não disponível	Líquido

Fonte: Do autor (2021)

Ambos os ácidos utilizados são considerados fortes e foram usados puros, sem diluição. O ácido sulfúrico usado foi o de concentração 98%, enquanto o ácido clorídrico era 33% concentrado.

### 3.1 AVALIAÇÃO DO SETOR DE MAIOR GERAÇÃO DE EFLUENTE

Foram realizados estudos em todos os setores da Empresa para descobrir a quantidade de efluente gerado por cada um deles. Para isso, mediu-se o consumo de água de cada um dos equipamentos de cada setor, pois toda água que entra no equipamento é transformada em efluente que vai para o tratamento.

Dessa forma, foi verificado em um tempo de 16 horas a quantidade de água que entrou em cada uma das máquinas para verificação da vazão volumétrica de consumo de água de cada equipamento.

### 3.2 AVALIAÇÃO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE OSCILAÇÃO DE pH DO EFLUENTE E AVALIAÇÃO DO pH DOS REAGENTES USADOS EM TODA EMPRESA

O parâmetro pH foi verificado durante um mês, através do pHmetro da marca Digimed e modelo DM-22. A temperatura, pressão e vazão do efluente bruto do tanque de equalização também foram verificados através do painel de controle da central de comando da Estação de Tratamento de Efluente (ETE) a fim de determinar as possíveis causas da oscilação frequente do pH.

Também foram realizadas análises externas de DBO, DQO e nitrogênio amoniacal para observar a vida do micro crustáceo *Daphnia magna*, terceirizados pelos Laboratórios de Análise de Alimentos (LANALI), situado em Cascavél-PR e

Laboratório de Análises Químicas e Ambientais da SATC (LAQUA), situado em Criciúma - SC. Esse organismo sofre com o nível de nitrogênio alto, causando sua morte e desestabilização da cadeia alimentar, podendo alterar o pH do efluente.

Utilizando o pHmetro DM-22, todos os reagentes utilizados na Empresa, sendo na limpeza do chão, dos caminhões e das bacias, passaram pela análise de pH. O pH do sangue do frango também foi analisado.

### 3.3 COLETA DAS AMOSTRAS E TESTE EM JARROS

A coleta das amostras foi realizada em dois dias diferentes, para se observar as características físico-químicas. A coleta foi realizada na entrada da estação de tratamento, como apresentado na Fig. 2. O efluente bruto foi retirado do tanque de equalização, onde o mesmo fica armazenado para posterior tratamento.

Figura 2: Tanque de equalização.



Fonte: Do autor (2021)

O tanque de equalização da Empresa possui um agitador lateral e capacidade de armazenagem de 420 m<sup>3</sup> de efluente. Na Empresa não há separação dos efluentes oriundos das linhas verde e vermelha, ambos se encontram no tanque (Fig.2). Observa-se também que o processo de tratamento se finda no secundário pelo fato da Empresa não possuir lagoas de estabilização.

#### 3.3.1 Pré-testes

Para descobrir a dosagem ideal de coagulante e polímero para o teste, realizou-se um pré-teste no Jar-test, momentos antes de fazer os testes com os ajustadores. Esse pré-teste foi realizado para poder comparar a quantidade de reagente utilizado no tratamento atual que possui pH alcalino, conforme a Tab. 1 apresenta, com a quantidade necessária para tratar o efluente em que seria adicionado os ácidos para a acidificação do pH.

**Tabela 1: pH do efluente antes dos pré-teste e testes.**

<b>Horário</b>	<b>pH do efluente bruto</b>
05:00	8,56
06:00	8,43
07:00	8,31
08:00	8,45
09:00	8,50

Fonte: Do autor (2021)

O Qd. 3 apresenta as misturas realizadas no pré-teste. O jar-test usado possui três jarros, dessa forma, são apresentadas três misturas, diferenciadas apenas pelos volumes de reagentes usados.

**Quadro 3: Mistura dos reagentes para o pré-teste.**

<b>Jarro</b>	<b>Mistura</b>
1	0,1mL de PAC 18% + 4mL de Poliacrilamida
2	0,2mL de PAC 18% + 5mL de Poliacrilamida
3	0,3mL de PAC 18% + 6mL de Poliacrilamida

Fonte: Do autor (2021)

A partir do resultado do pré-teste com as misturas dispostas no quadro acima, foi possível iniciar os testes para verificação do volume necessário de reagente para o tratamento em um cenário ideal do parâmetro de entrada de pH.

### 3.3.2 Testes

Os testes em jarros foram realizados através do equipamento Jar-Test da marca MILAN, com 3 números de provas de até 1000 mL e velocidade máxima de 250 rotações por minuto (rpm).

O teste foi realizado em três etapas. Na primeira adicionou-se no jarro o coagulante (PAC 18%), o polímero poliacrilamida (Flopan™) e o ácido clorídrico como ajustador. Os volumes em todos os testes foram variados segundo o pH analisado naquele momento. No segundo teste foi realizado a adição de ácido sulfúrico, dessa forma, adicionou-se o coagulante, floculante (polímero) e o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como ajustador. No terceiro teste não foi adicionado ajustador de pH, nesta etapa alterou-se o coagulante usado para o cloreto férrico, assim a mistura ficou apenas entre o cloreto férrico como coagulante e a poliacrilamida como floculante.

Segundo Harnauer (2017), os valores de PAC e polímero em 1 litro de efluente varia entre 0,1 e 0,4 mL de coagulante e de 2 a 6 mL de polímero. Por meio desses resultados os testes foram iniciados. Já para os ácidos supõe-se, de acordo com a literatura, que a dosagem inicie a partir de 0,2 mL.

Em cada jarro foi adicionado 1 litro de efluente bruto. Neles, como citado, adicionou-se os reagentes PAC 18%, Poliacrilamida e os ácidos ajustadores no primeiro e segundo jarro, já no terceiro foi adicionado cloreto férrico como coagulante e poliacrilamida como floculante, como apresenta o Qd. 4.

Quadro 4: Mistura dos reagentes para os testes.

Jarro	Mistura de Reagentes
1	PAC 18% + Flopan™ + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2	PAC 18% + Flopan™ + HCl
3	FeCl <sub>3</sub> + Flopan™

Fonte: Do autor (2021)

O primeiro reagente adicionado foi o ajustador de pH, no caso dos dois primeiros testes com os ácidos, pois o objetivo era enquadrar o pH do efluente bruto antes dele chegar ao flotador, onde o efluente é tratado. Os testes foram realizados em duplicata, ou seja, foram 6 jarros em cada etapa, sendo em cada um deles adicionado um volume diferente de coagulante, floculante e de ácido, para observar

diferentes cenários. As dosagens dos ácidos iniciaram em 0,2 mL e foram até 0,3 mL. Os reagentes ajustadores escolhidos para o teste foram misturados em rotação lenta (40 rpm). Dessa forma, o coagulante e o floculante foram adicionados após obter-se o pH ideal conforme a legislação vigente.

O CONAMA exige que o efluente no tanque de equalização, ou seja, o efluente bruto, esteja em uma faixa de pH entre  $\geq 6,5$  e  $\leq 7,8$ . Para isso, fez-se a adição dos ácidos, pois o efluente estudado estava em uma faixa de pH entre  $\geq 8$  e  $\leq 11$ , com essa faixa, para atingir o tratamento ideal, usa-se o dobro ou o triplo de reagentes para tratamento no flotador.

As amostras em bancada foram retiradas do tanque com pH alcalino em dois dias diferentes. Após a adição do ácido para adentrar na faixa de pH, adicionou-se o coagulante e o floculante, Policloreto de alumínio e a poliacrilamida (Flopan).

Já o terceiro teste, com o cloreto férrico, foi realizado para comparar a eficiência do PAC 18%, que é um coagulante orgânico assim como o  $\text{FeCl}_3$ . Sendo assim, não teve pré adição de ácido, somente foi realizado a troca dos coagulantes.

Para calcular a dosagem de reagentes para o volume do tanque, a partir dos resultados do jar-test, utilizou-se a Eq. 1, dada por EnvironQuip (s.d.), empresa fornecedora do equipamento de flotação.

$$q = \frac{Q \cdot d}{C} \quad (1)$$

Onde:

Q = volume de efluente a tratar no flotador ( $\text{m}^3$ ; L; mL);

d = dosagem determinada (PPM ou  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ );

C = concentração da solução ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ );

q = vazão de solução ( $\text{L} \cdot \text{hora}^{-1}$ ).

### 3.3.3 Avaliação da eficiência

O teste de pH foi realizado esperando um resultado entre  $\geq 6,5$  e  $\leq 7,8$ . O parâmetro de turbidez foi encontrado por meio do turbidímetro DM-TU da Digimed. Já a temperatura e pressão foram controlados pelo painel de controle do tanque de

equalização onde as amostras foram retiradas. A demanda bioquímica e química de oxigênio foram terceirizadas pelo laboratório LAQUA, da SATC.

### 3.3.4 Teste em escala real

A segunda etapa dos testes aconteceu em escala real, diretamente no tanque de equalização da Empresa com o ácido clorídrico como ajustador. Esse ácido foi escolhido por ter apresentado melhores resultados quando testado em bancada para acidificar o efluente.

O teste durou aproximadamente 1 hora e 40 minutos. De 5 em 5 minutos, adicionou-se o volume de 100 mL de ácido clorídrico, até totalizar 2 litros do reagente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No estudo foi realizado uma pesquisa interna na Empresa durante um mês, a fim de estabelecer quais os setores que consomem mais água diariamente e conseqüentemente produzem mais efluente. No levantamento encontrado na Tab. 2, considerou-se o número de equipamentos de cada setor e o tempo de produção diário.

Tabela 2: Pontos de maior geração de efluente na Empresa.

Setor	Quantidade de equipamentos	Tempo de uso diário
Lavação de gaiolas	9	15,4 horas
Escaldagem	23	15,4 horas
Evisceração	32	15,4 horas
Lavadora de bacias	3	6 horas

Fonte: Do autor (2021)

Percebe-se que os pontos de maior geração são os setores que recebem o frango inteiro, ou seja, ainda com penas, vísceras e a cabeça. Na lavação de gaiolas é necessário o uso constante de água para desinfecção das gaiolas transportadoras de aves. Na escaldagem e evisceração o frango começa o processo de industrialização, onde são retiradas as suas penas, na depenadeira, em água corrente e quente.

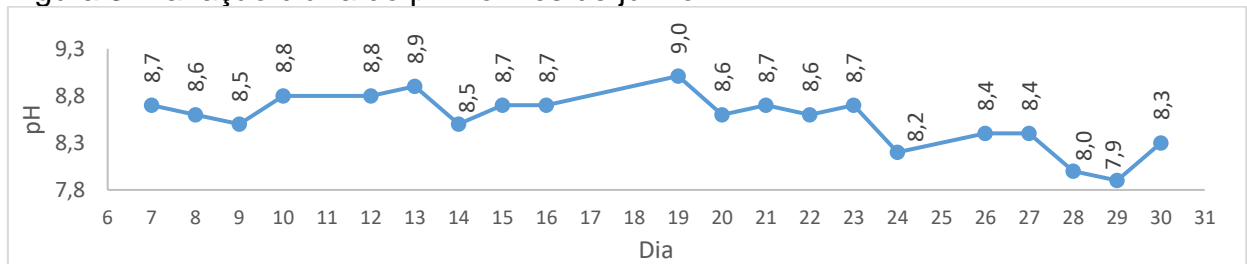
Alguns equipamentos não ficam em uso por 15,4 horas, portanto, o consumo diário de água não pode ser encontrado somente multiplicando o valor de m<sup>3</sup>/h pelo tempo de uso diário informado.

Na sala de lavação de bacias ocorre a desinfecção das bacias utilizadas no interior do abatedouro, para transporte de um setor para outro, após o frango sair da nória (esteira transportadora de frango).

#### 4.1 VARIAÇÃO DO pH E REAGENTES ALCALINOS

A Fig. 3 ilustra a variação do pH do efluente bruto da estação de tratamento do mês de junho. O pH foi medido de hora em hora durante todo o dia, de segunda à sexta-feira.

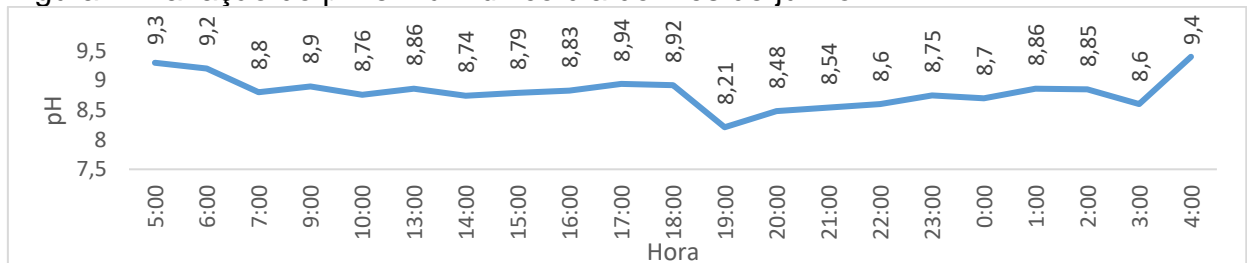
Figura 3: Variação diária do pH no mês de junho.



Fonte: Do autor (2021)

A Fig. 4 ilustra a variação desse parâmetro em um único dia do mês, apresentando as leituras realizadas a cada uma hora, durante os três turnos de operação da ETE.

Figura 4: Variação do pH em um único dia do mês de junho.



Fonte: Do autor (2021)

Os resultados apresentados em ambos os gráficos demonstram uma grande variação do parâmetro estudado, isso se justifica pelo fato do uso em grande

quantidade de reagentes alcalinos para limpeza da Empresa no geral. O uso aumenta em determinadas horas do dia, sendo maior entre 4h e 6h da manhã, pois nesse horário a empresa passa pelo Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO). Pode-se observar que nesse período o pH é superior a 9.

Inúmeros reagentes de limpeza são utilizados em grande quantidade pela Empresa. A fim de descobrir o real motivo do efluente bruto ser muito alcalino os produtos químicos passaram por análise de pH. Dentre todos os reagentes analisados, o Tekton Alcalino e o Tecpon ADX, usados para limpeza de todo o pátio e dos equipamentos se destacaram, apresentando pH 13 e 13,5 respectivamente, já diluídos em água.

O uso desses detergentes ultrapassa 100 litros diários, sendo assim, capaz de influenciar diretamente no pH do efluente bruto. Nas FISPQs desses reagentes se encontra o valor de pH deles, sendo para o Tekton  $\geq 12,5$  e  $\leq 14$ , já o Tecpon  $\geq 13$  e  $\leq 14,5$ . O pH do sangue também foi analisado, apresentando resultado 6,8, sendo considerado neutro.

#### 4.2 TESTES EM BANCADA

Foi realizado um pré-teste com o Jar-Test para determinação dos volumes de PAC e Polímero que seriam dosados no momento dos testes conforme a Tab. 3.

Tabela 3: Teste em bancada para tratamento atual.

<b>Volumes adicionados</b>	Jarro 1	<b>Jarro 2</b>	Jarro 3
Coagulante: PAC 18%	0,1 mL	<b>0,2 mL</b>	0,3 mL
Polímero: Poliacrilamida	4 mL	<b>5 mL</b>	6 mL
<b>pH</b>			
Inicial: Tanque de equalização	8,47	<b>8,21</b>	8,40
Final: Flotador	8,00	<b>7,99</b>	8,18

Fonte: Do autor (2021)

A partir desses resultados, determinou-se a dosagem ideal do coagulante, policloreto de alumínio e do floculante, poliacrilamida, levando-se em consideração os volumes utilizados no jarro 2, que apresentou o pH final mais baixo (7,99). Com os dados do jarro 2, pode-se fazer o cálculo com a Eq. 1. Considerando: Q = 180000 L (vazão de entrada do flotador); d = 0,2 mL de coagulante (dosagem determinada) e C



= 1 g.L<sup>-1</sup>, fez-se o cálculo para o coagulante e posteriormente ao floculante, sendo alterado somente o valor da dosagem determinada.

A partir dos cálculos obteve-se o volume para o coagulante de 3600 mL/h ou 600 mL/min e para o floculante o volume de 900000 mL/h ou 15L/min.

#### 4.2.1 Testes com o ácido clorídrico

Após a determinação da quantidade necessária, fez-se o teste com ácido clorídrico em bancada em dois dias diferentes. A Tab. 4 ilustra os resultados do primeiro dia, já a Tab. 5 apresenta os resultados do segundo dia de testes.

Tabela 4: Teste em bancada com ácido clorídrico: dia 1.

Amostra	pH inicial	Vol. HCl	pH	Vol. PAC	Vol. Polímero	pH final
HCl-1	8,43	0,2 mL	7,81	0,1 mL	3 mL	7,60
HCl-2	8,42	0,2 mL	7,78	0,1 mL	3 mL	7,68
HCl-3	8,43	0,2 mL	8,01	0,1 mL	3 mL	7,80

Fonte: Do autor (2021)

No dia seguinte uma nova amostra de efluente foi coletada diretamente do tanque para o segundo dia de testes com o ácido clorídrico.

Tabela 5: Teste em bancada com ácido clorídrico: dia 2.

Amostra	pH inicial	Vol. HCl	pH	Vol. PAC	Vol. Polímero	pH final
HCl-4	8,51	0,3 mL	7,67	0,1 mL	2,5 mL	7,60
HCl-5	8,42	0,25 mL	7,66	0,05 mL	2,2 mL	7,68
HCl-6	8,43	0,2 mL	7,89	0,07 mL	2,3 mL	7,80

Fonte: Do autor (2021)

Fez-se a medição do pH do efluente bruto, oriundo do tanque de equalização e anotou-se. A partir dessa medida o ácido clorídrico foi adicionado para enquadrar o pH nos padrões exigidos pelo CONAMA (de 6,5 a 7,8). Ao adentrar os parâmetros, realizou-se os testes com o jar-test para determinar o volume de reagente necessário para o tratamento ideal.

A amostra HCl-4 apresentou maior pH inicial, quando comparado com os demais, dessa forma o volume necessário de ácido clorídrico foi de 0,3 mL. Após adicionar o reagente ajustador, o pH se enquadrou nos padrões e o teste foi realizado, obtendo resultados positivos, os quais os volumes necessários de PAC e polímero

diminuíram consideravelmente. No teste HCl-5 o volume de coagulante diminuiu para um terço da quantidade obtida no pré-teste.

Na Tab. 4, pode-se observar que o volume de coagulante e floculante foram idênticos, dessa forma, realizou-se o cálculo para dosagem no tanque usando a Eq. 1, com os mesmos dados, obtendo os seguintes resultados para o coagulante: 18000 mL/h ou 300 mL/min; e para o floculante: 540000 mL/h ou 9 L/min.

A Tab. 6 ilustra todos os resultados obtidos a partir dos cálculos com a Eq. 1, comparando-os com os resultados do pré-teste.

Tabela 6: Comparativo dos resultados da Eq. 1.

Pré-teste		HCl	PAC (mL/min)	Polímero (L/min)
Volume PAC	<b>600 mL/min</b>	HCl-1	300	9
		HCl-2	300	9
		HCl-3	300	9
Volume Polímero	<b>15 L/min</b>	HCl-4	300	7,5
		HCl-5	150	6,6
		HCl-6	210	6,9

Fonte: Do autor (2021)

Ao comparar os resultados é notório que os volumes usados para o tratamento após adição do ácido diminuíram para até menos da metade do necessário no pré-teste sem ácido clorídrico.

#### 4.2.2 Testes com o ácido sulfúrico

A segunda etapa dos testes com ácido sulfúrico também se mostrou positiva em relação aos resultados de pH. Assim como nos testes com HCl, essa etapa também foi realizada em dois dias, dessa forma, as Tab. 7 e Tab. 8 apresentam os resultados do dia 1 e dia 2 respectivamente.

Tabela 7: Teste em bancada com ácido sulfúrico: dia 1.

Amostra	pH inicial	Vol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	pH	Vol. PAC	Vol. Polímero	pH final
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -1	10	0,25 mL	7,2	0,25 mL	5 mL	6,99
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -2	9,9	0,2 mL	6,85	0,2 mL	4 mL	7,01
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -3	10,06	0,3 mL	7,06	0,2 mL	5 mL	7,05

Fonte: Do autor (2021)

No dia seguinte uma nova amostra de efluente foi coletada diretamente do tanque para o segundo dia de testes com o ácido sulfúrico.

Tabela 8: Teste em bancada com ácido sulfúrico: dia 2.

Amostra	pH inicial	Vol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	pH	Vol. PAC	Vol. Polímero	pH final
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -4	9,2	0,2 mL	7,6	0,2 mL	7 mL	7,01
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -5	9,19	0,2 mL	7,5	0,2 mL	7 mL	7,0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -6	9,18	0,2 mL	7,6	0,2 mL	7 mL	6,9

Fonte: Do autor (2021)

A Tab. 9 compara todos os resultados obtidos através da Eq. 1 com os resultados obtidos no pré-teste.

Através da Eq. 1, fez-se os cálculos para descobrir o volume dos reagentes para o dia 1, como apresenta a Tab. 7. Já no segundo dia, obteve-se os mesmos valores, pois o pH nos jarros não sofreu grandes variações, dessa forma, tem-se um volume de PAC (coagulante) de 600 mL/min, o que é igual ao tratamento sem adição de ácido. Já para o volume de floculante (polímero), é de 21 L/min de polímero, o que é superior aos 15 L/min do tratamento inicial.

Tabela 9: Comparativo dos volumes pela Eq.1.

Pré-teste		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	PAC (mL/min)	Polímero (L/min)
Volume PAC	<b>600 mL/min</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -1	750	15
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -2	600	12
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -3	600	15
Volume Polímero	<b>15 L/min</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -4	600	21
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -5	600	21
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -6	600	21

Fonte: Do autor (2021)

Pode-se visualizar na Tab. 9, que compara os resultados com o pré-teste, que os volumes não diferenciaram muito dos volumes encontrados no pré-teste. Sendo que no jarro 1 o volume de PAC foi superior ao pré-determinado, que era 600 mL/min. A partir desses resultados é possível ver que o teste com ácido sulfúrico não foi tão eficiente quanto o teste com ácido clorídrico.

#### 4.2.3 Testes com o cloreto férrico

O terceiro reagente utilizado nos testes foi o cloreto férrico, que diferente dos anteriores, não é um ajustador de pH e sim um coagulante. Dessa forma, o teste foi realizado trocando o PAC 18% pelo FeCl<sub>3</sub>. Na Tab. 10 é possível visualizar os resultados obtidos em um dia de teste.

Tabela 10: Teste em bancada com cloreto férrico.

Amostra	pH	Vol. Cloreto	Vol. Polímero	pH final
FeCl <sub>3</sub> -1	9,1	0,3 mL	7 mL	7,45
FeCl <sub>3</sub> -2	8,67	0,2 mL	5 mL	7,01
FeCl <sub>3</sub> -3	8,8	0,15 mL	3 mL	7,04

Fonte: Do autor (2021)

Os resultados de cor e turbidez foram respectivamente 8 NTU e 0,4 mg.PtCo.L<sup>-1</sup>, comparando com a legislação esse resultado é considerado ótimo. Coagulantes inorgânicos consomem maior alcalinidade, então, eles terão maior impacto na redução do pH (MATRYX, 2021), isso explica o fato do cloreto férrico, que sem auxílio de nenhum ácido ajustador de pH, conseguiu controlar o pH do efluente.

O cloreto férrico é um agente químico acastanhado com propriedades ácidas e coagulativas de proteínas, as quais favorecem a característica de agente hemostático forte, e essa hemostasia ocorre por meio de reação química com o sangue (COSTA, 2018) assim, explica-se o fato de o cloreto conseguir clarificar de forma eficiente o efluente tratado, diferentemente do PAC. Pode-se observar a diferença do clarificado quando adicionado o PAC comparado com o efluente com adição do cloreto férrico nas Fig. 5 e Fig. 6.

Figura 5: Efluente com FeCl<sub>3</sub>



Fonte: Do autor (2021)

Figura 6: Efluente com PAC 18%



Fonte: Do autor (2021)

#### 4.2.4 Comparação de cor, turbidez, DBO, DQO e nitrogênio amoniacal

Em todos os testes foi retirada uma amostra para análise da demanda bioquímica e química de oxigênio e também análise de nitrogênio. A Tab. 11 apresenta todos os resultados dos testes em bancada.

Tabela 11: Resultados de DBO, DQO e Nitrogênio.

	Dia	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)
Sem ácido	-	149,1	66,4	-
HCl - 1	1	508	887,99	88,210
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 1	1	494	914,99	91,56
HCl - 2	2	372	699,4	79,99
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 2	2	466	1246,3	19,64
FeCl <sub>3</sub>	-	250	331,83	< 0,659

Fonte: Do autor (2021)

Em todas as amostras a DBO foi superior ao permitido por lei, que é de 80 mg.L<sup>-1</sup>, quando esse parâmetro está alto significa que há muita matéria orgânica no efluente (HARNAUER, 2017). A DQO, que é a quantidade de oxigênio que os processos químicos necessitam para degradar os materiais orgânicos, ficou alta, o que significa que o material orgânico consome muito oxigênio no processo de degradação (MATRIX, 2021). Observa-se que, na adição do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, os resultados foram piores do que com a adição de HCl.

Ambos os ácidos apresentaram resultados incoerentes com a legislação, dessa forma, pode-se obter problemas com a fauna microbiana, pois o nitrogênio alto, acaba com a vida do crustáceo *Daphnia Magna*, consumidor primário e presa de muitos peixes planctívoros (BRENTANO, 2006). Já o FeCl<sub>3</sub> apresentou melhores resultados, tendo o nitrogênio dentro dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, que permite até 12 NTU.

A Tab. 12 apresenta os dados de turbidez, cor, temperatura e pressão do teste com ácido clorídrico. Já a Tab. 13, ilustra os resultados com adição de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Esses testes foram realizados para comprovar que a adição de um terceiro reagente, no caso os ácidos, não iriam interferir nesses parâmetros, que são importantes para o tratamento ser eficaz.

Tabela 12: Parâmetros analisados do teste com HCl.

	Cor inicial	Turbidez inicial (NTU)	Amostra	Turbidez (NTU)	Cor mg.PtCo.L <sup>-1</sup>	Temperatura (°C)
Dia 1	40	10,76	HCl-1	11,00	42	24
	36	11,01	HCl-2	11,60	36	24
	37	18,42	HCl-3	16,76	40	24
	40	13,00	HCl-4	13,50	41	24
Dia 2	39	13,21	HCl-5	13,22	39	24
	36	12,89	HCl-6	12,31	38	24

Fonte: Do autor (2021)

A turbidez permite evidenciar alterações na água. A água que possui turbidez faz com que as partículas em suspensão reflitam a luz, fazendo com que esta não chegue aos organismos aquáticos (VAZ, 2010). Já a cor nas águas pode suprimir os processos fotossintéticos nos cursos d'água (NOGUEIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2004).

O padrão de turbidez tem um limite de até 12 NTU, sendo assim, no dia 2 de testes e no HCl-3, obteve-se resultados um pouco acima. A pressão em todos os testes permaneceu constante, sendo 1 atm. Para a cor não é exigido um limite máximo, entretanto, como visto na Fig. 6, o efluente final ficou escuro.

Tabela 13: Parâmetros analisados do teste com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

	Cor inicial	Turbidez inicial (NTU)	Amostra	Turbidez (NTU)	Cor mg.PtCo.L <sup>-1</sup>	Temperatura (°C)
Dia 1	53	18,00	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -1	22,00	55	24
	38	18,05	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -2	20,23	41	24
	49	15,21	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -3	18,45	52	24
	46	14,26	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -4	19,26	46	24
Dia 2	48	15,00	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -5	23,21	49	24
	45	16,23	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -6	19,75	45	24

Fonte: Do autor (2021)

Ao contrário do teste com HCl, os resultados de turbidez dos testes com ácido sulfúrico se apresentaram muito acima do permitido, chegando até 23,21 NTU, quase o dobro do permitido. Vaz (2010) cita que com a turbidez alta alguns vírus e bactérias podem se alojar nas partículas em suspensão, se protegendo da ação de desinfetantes.

Analisando os resultados de cor, nota-se que todos foram superiores a 40 mg.PtCo.L<sup>-1</sup>. O que mostra que o ácido sulfúrico não auxiliou na remoção de cor do efluente, assim como o ácido clorídrico.

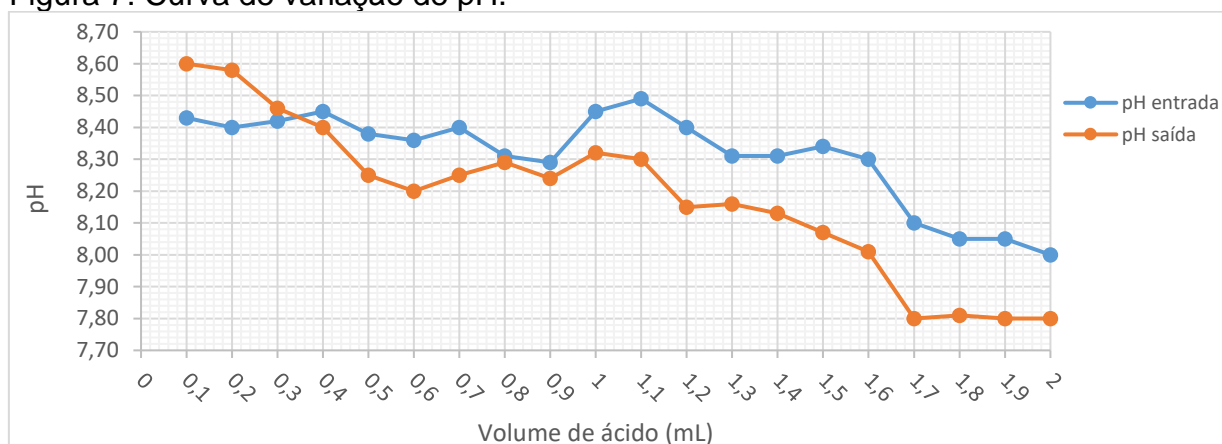
#### 4.3 TESTE EM ESCALA REAL COM HCl

O ácido clorídrico foi escolhido para o teste em escala real pois apresentou melhores resultados de turbidez, cor e eficiência na acidificação do pH nos testes em bancada, conforme as Tab. 4 a 9 mostraram.

O teste em planta foi realizado com uma proveta de 100 mL e um funil. Mediu-se o pH de entrada do tanque e após a adição do ácido, mediu-se o pH de saída, antes de ir para o flotor, ou seja, do efluente bruto.

A cada 5 minutos foi adicionado 100 mL do ácido clorídrico 33%, somando no fim um total de 2 litros de ácido e 1 hora e 40 minutos de teste. O volume do tanque se manteve constante, em 180 m<sup>3</sup> de efluente. A Fig. 7 ilustra a curva de variação de pH formada a partir dos resultados obtidos.

Figura 7: Curva de variação de pH.



Fonte: Do autor (2021)

No gráfico, visualiza-se que o ácido, depois de um período de tempo, não variou mais o pH de saída, sendo que o mesmo chegou a 7,8 e se manteve constante a partir de 1,7 litros de HCl.

A Tab. 14 apresenta os resultados de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio e Nitrogênio total analisadas pelo LabSATC.

Tabela 14: DBO, DQO e Nitrogênio do efluente bruto.

	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)
Sem ácido	3055	1850	-
Com ácido	3048	7465,4	64,05

Fonte: Do autor(2021)

Ao analisar os dados nota-se que o resultado da demanda bioquímica de oxigênio praticamente não se alterou quando comparada com uma análise feita sem adição de ácido. Já a demanda química se apresentou sete vezes mais alta, o que é ruim, pois ficou muito acima do estabelecido pelo órgão responsável. O nitrogênio passou a apresentar um valor de 64,05 mg/L, que também não deveria ter apresentado valor, uma vez que pode ocasionar problemas com a fauna microbiana, pois o nitrogênio alto acaba com a vida do crustáceo *Daphnia Magna*.

## 5 CONCLUSÃO

Visto a necessidade de buscar sempre novas maneiras de tratamentos dos efluentes ou de melhorias no sistema, buscou-se adicionar um terceiro reagente como solução imediata ao tratamento já realizado pela Empresa, que foram os ácidos. Para um tratamento eficaz a longo prazo sem causar danos a equipamentos ou a corpos de água do município, fez-se a troca do coagulante usado na Empresa, visando a melhoria dos parâmetros estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores.

Como melhoria imediata do pH, usou-se os ácidos clorídrico e sulfúrico, que apresentaram bons resultados. Ao analisar parâmetros como turbidez, cor, DBO, DQO e nitrogênio, o HCl se mostrou melhor quando comparado aos resultados apresentados com o uso do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Para adentrar o pH aos padrões do Conama (de 6,5 a 7,8 para efluente bruto), foi necessário em média, 0,2 mL de ácido para um litro de efluente. Os resultados de turbidez, nitrogênio, demanda bioquímica e química de oxigênio ficaram dentro do esperado, no entanto a cor do efluente tratado ficou um pouco escura, como mostrou a Fig.5.

O ácido sulfúrico não foi tão eficaz quanto o ácido clorídrico. Foi necessário em média 0,25 mL de ácido para atingir o objetivo de pH. Os resultados de turbidez e nitrogênio ficaram duas vezes maiores do que o esperado. A cor do efluente final ficou idêntica a cor do efluente com o outro ácido. Já a DQO e DBO ficaram muito altas, o que significa que o uso desse ácido causaria problemas no tratamento, tanto a curto e longo prazos.

A troca dos coagulantes se mostrou positiva. O cloreto férrico clarifica o efluente final, ao contrário do policloreto de alumínio que não tem tanta eficiência para



isso. Os resultados de turbidez, DBO, DQO e nitrogênio foram considerados ótimos. É necessário realizar um estudo da estação de tratamento de efluente e das tubulações para verificar se a estrutura é inoxidável para poder utilizar o  $\text{FeCl}_3$ , pois esse coagulante é altamente corrosivo.

Para manter um tratamento eficaz a um longo período de tempo não é recomendado o uso de um ácido. A causa raiz da alcalinidade do efluente é o uso em grande escala de detergentes alcalinos para limpeza do pátio. Dessa forma é sugerido que seja realizado um estudo de novos detergentes que tenham pH neutro, para assim manter a faixa de pH do efluente bruto como esperado.

O presente estudo trouxe resultados positivos, mostrando que, com o pH ideal, o volume de reagentes necessário para o tratamento se reduz pela metade, reduzindo conseqüentemente o valor que o tratamento custa para o abatedor.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTALY. **Ficha de informação de segurança de produto químico – FISPQ. ÁCIDO CLORÍDRICO**, 2017. Disponível em: <[https://www.segure.com.br/uploads/fispqs/gua%C3%83%C2%ADba-qu%C3%83%C2%ADmica-ind%C3%83%C2%BAstria-e-comercial-ltda-%C3%83%C2%81cido-clor%C3%83%C2%ADdrico\\_2017-03-02.pdf](https://www.segure.com.br/uploads/fispqs/gua%C3%83%C2%ADba-qu%C3%83%C2%ADmica-ind%C3%83%C2%BAstria-e-comercial-ltda-%C3%83%C2%81cido-clor%C3%83%C2%ADdrico_2017-03-02.pdf)>. Acesso em 17 abr. 2021.

ASSUNÇÃO, Tayane Matsuda. **Comparação entre o método físico-químico de coagulação e floculação utilizando o coagulante de policloreto de alumínio (pac) com o processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de aço inox em efluentes têxteis**. 2018. 66 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) - UTFPR. Campo Mourão, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13343/1/comparacaocoagulacao-floculacaoeletrocoagulacao.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BARZOTTO, Paula Cristina. **Riscos e Acidentes na Indústria Frigorífica: Processo de abate de frango**. 2013. 69 f. Monografia (Especialização em Gestão Engenharia de Segurança do Trabalho) - UTFPR, Curitiba, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1356/1/CT\\_CEEEST\\_XXIV\\_2013\\_27.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1356/1/CT_CEEEST_XXIV_2013_27.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRASIL. **Decreto-lei nº 79.367, de 9 de março de 1977 e o Decreto 7.217, de 21 de junho de 2010, atribuem ao Ministério da Saúde a competência para estabelecer o padrão de potabilidade da água**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BRASIL. Ministério de saúde – Serviço Nacional de Saúde (SNS). **Elaboração de proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil**. São Paulo, 2018-A. Disponível em:

<[https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/10/estudo\\_sobre\\_o\\_impacto\\_economico\\_dos\\_investimentos\\_de\\_reuso\\_de\\_efluentes\\_tratados\\_de\\_esgoto\\_para\\_o\\_setor\\_industrial.pdf](https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/10/estudo_sobre_o_impacto_economico_dos_investimentos_de_reuso_de_efluentes_tratados_de_esgoto_para_o_setor_industrial.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2021.

BRENTANO, Débora Monteiro. **Desenvolvimento e aplicação do teste de toxicidade crônica com Daphnia Magna: avaliação de efluentes tratados de um aterro sanitário**. 2006. 145 f. Dissertação (pós-graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88729/230242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 set. 2021.

CAGLIARI, Larissa. **Padronização do uso de policloreto de alumínio e poliácridamida em uma ETA de Porto Alegre**. 2018. 51 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018. Disponível em:

<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/193334/001091463.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CONAMA. **Resolução no 397 de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 07 abr. 2008.

COSTA, Danielle Clarisse Barbosa. **Estudo da ocorrência de recidivas após enucleação, seguida de ostectomia periférica e solução de carnoy no tratamento das lesões odontogênicas benignas agressivas**. 2018. 59 f.

Dissertação (Pós-graduação em Saúde Coletiva). Natal, 2018. Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27024/1/Estudoocorr%c3%aanciarecividivas\\_Costa\\_2018.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27024/1/Estudoocorr%c3%aanciarecividivas_Costa_2018.pdf)>. Acesso em: 2 out. 2021.

CREMONINI, Jaqueline; NEDEL, Tamires; HIGARASHI, Martha Mayumi. Tratamento De Efluentes Da Indústria De Refrigeríficos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 12, Vol. 04, pp. 124-138, dez. 2018.

Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/tratamento-de-efluentes>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ENVIRONQUIP. **Soluções completas na gestão de recursos hídricos**. Curitiba, 2021. Disponível em: <<http://www.vironquip.com.br/>>. Acesso em: 26 out. 2021.

FAO. **AQUASTAT - Sistema de Informação Global da FAO sobre Água e Agricultura**. Roma, 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/aquastat/en/>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

FOGAÇA, Fernando Costa. **Estudo da eficiência da eletrocoagulação aplicada a afluentes da produção de bebidas não alcoólicas e não gaseificadas**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7330/1/tese\\_10234\\_Dissertac%20a%20o%20Fernando%20Fogac%20a.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7330/1/tese_10234_Dissertac%20a%20o%20Fernando%20Fogac%20a.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2021.

HARNAUER, Tais Viviane; NDERLE, Gabriele Aline.; COSTA, Jessica Camile de; DOLINE, Joselaine; SILVA, Anthony Henrique Cruz da; HERMES, Elaine. Aplicação de coagulantes químico e orgânico para o tratamento de efluente de abatedouro avícola. **Revista brasileira de energias renováveis**. v.8, n.2, p. 1-14, jun. 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/65661/37951>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

HUA, Bin; XIONG, Huixin; ZHU, Guocheng.; WANG, Lei; YAN, Sen; YANG, John; DENG, Baolin. Physico-Chemical Processes. **Water Environment Research**, v. 88, n. 10, p. 966-1000. 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2175/106143016X14696400494452>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LIBERATTI, Arthur Silva. **Tratamento de efluente de abatedouro avícola visando o reúso da água**. 2018. 54 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso em engenharia ambiental) – UTFPR. Londrina, 2018. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10833/1/LD\\_COEAM\\_2018\\_2\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10833/1/LD_COEAM_2018_2_03.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2021.

LOPES, Verônica dos Santos; SILVA, Lorena Miranda de Almeida; MORUZZI, Rodrigo Braga; OLIVEIRA, André Luiz de. Study of coagulation/flocculation of water with moderate turbidity in sedimentation and floating by dissolved air. **Eng. Sanit. Ambient**, v.25 n.4, jul/aug. 2020. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522020000400567&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522020000400567&script=sci_arttext)>. Acesso em: 16 abr. 2021.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – **Estatísticas do Agronegócio Brasileiro**. Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> Acesso em: 08 abr. 2021.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2020/21 a 2030/31**. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, 2021, 102 p. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Proje%C3%A7%C3%B5es%20do%20Agroneg%C3%B3cio%202020-2021%20a%202030-2031.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

MARTINS, Augusto Severo. **Influência de produtos de higiene pessoal e limpeza na concentração de sólidos totais, dbó, dco, nitrogênio total e fósforo total do esgoto doméstico**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1148>>. Acesso em: 24 abr. 2021.

MATRYX. **Tecnologia para tratamento de efluentes**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<http://www.matryxpq.com.br/>> . Acesso em 10 set. 2021.

MATSUMURA, Erika Myho. **Perspectivas para conservação e reúso de água na indústria de alimentos - estudo de uma unidade de processamento de frangos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-04072007-125053/publico/ErikaMatsumuraReuso.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

NOGUEIRA, Raquel Fernandes Pupo; SILVA, Milady Apolinario da; OLIVEIRA; M. C. Estudo da aplicação do processo foto-Fenton solar na degradação de efluentes de indústria de tintas. *Revista Eclética Química*. vV. 29, n. 2, p. 19-26, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eq/a/RshFSNHTzHdFcy8YvPL5Km/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 out. 2021.

NOTARI, Carlos Alberto; GAMBINI, Ricardo; BRANDALISE; Loreni Teresinha; JOHANN, Jerry Adriani; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor. Tratamento de efluentes em um polo agroindustrial do Brasil. **Revista Brasileira Gestão Ambiental Sustentável**. v. 7, n. 16, p. 937-951, 2020. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a30.html>>. Acesso em: 19 abr. 2021.

ONU. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018**. Un Water, 2018. Disponível em: <<http://portalods.com.br/wp-content/uploads/2018/03/261594por.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

PEREIRA, Erlon Lopes et; PAIVA, Teresa Cristina Brasil de; SILVA, Flávio Teixeira da. Caracterização Físico-Química e Ecotoxicológica de Águas Residuais de Matadouro Resultantes do Abate da Linha Verde. **Water Air Solo Pollut**, v.227, n.199, p. 1-12, mai. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11270-016-2873-4>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

PROJESAN. **Ficha de informação de segurança de produto químico – FISPQ. ÁCIDO SULFÚRICO**, 2019. Disponível em: <[https://www.projesan.com.br/images/arquivos/fispq/commodities/fispq\\_acido\\_sulfurico.pdf](https://www.projesan.com.br/images/arquivos/fispq/commodities/fispq_acido_sulfurico.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2021.

ROSA, Krishna Rodrigues de. **Fatores que interferem na absorção de água em carcaças de frango**. 2014. 96 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – IFMT. Cuiabá, 2014. Disponível em: <[http://ppgcta.ifmt.edu.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/07/Rosa-K.R.-\\_-](http://ppgcta.ifmt.edu.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/07/Rosa-K.R.-_-)

Fatores-que-interferem-na-Absor%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%81gua-em-Carca%C3%A7as-de-Frango..pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

SANCHES, Daniel Jeronimo Carneiro. **Tratamento de efluentes de indústrias galvânicas**. 2016. Disponível em:

<[https://www.academia.edu/34705647/TRATAMENTO\\_DE\\_EFLUENTES\\_DE\\_IND%C3%A9ASTRIAS\\_GALV%C3%82NICAS](https://www.academia.edu/34705647/TRATAMENTO_DE_EFLUENTES_DE_IND%C3%A9ASTRIAS_GALV%C3%82NICAS)>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SILVA, Lilian Danielli da; DANTAS, Paulo Ricardo; PEREIRA, Luiz Martins Neto; ARRUDA, Valmir Cristiano Marques de; TAVARES, Rosangela Gomes; SILVA, Vicente de Paulo. Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil. **Revista GEAMA**, v.5, n.1, p. 36-40, mar/abr. 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2477-Texto%20do%20Artigo-482485420-1-10-20190424.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2021.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima; KLEN, Márcia Regina Fagundes; VEIT, Márcia Teresinha; SILVA, Edson Antonio da; BARBIEIRO, Tatiany Aparecida; BERGAMASCO, Rosângela. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor de turbidez em efluentes de galvanoplastia. **Revista Eclética Química**. Ano 2010, Ed. 35, p. 4. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eq/a/GPGnqcWnqbF9pYPqPn5jJgG/?lang=pt>>. Acesso em: 23 out. 2021.

ZHANG, Miao Lv Zhaohan; ZENG, Jiayue; LIU, Junfeng; SUN, Muchen; YADAV, Ravi S.; FENG, Yujie. Roles of magnetic particles in magnetic seeding coagulation-flocculation process for surface water treatment. **Elsevier**, v. 212, p. 337-343, abr. 2019. Disponível em: <<://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618327758>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu saúde para começar e terminar a pesquisa. Aos meus colegas de trabalho, as engenheiras ambientais Gislaíne Danieski e Marcela Rodrigues que não mediram esforços para me auxiliar. A química industrial Érica Cardoso e ao supervisor da FFO, Matheus Mendes e aos operadores da ETE.

Agradeço a minha família e ao meu namorado pelo apoio e paciência nesse ano. A SATC e aos professores que foram essenciais durante minha graduação. E por fim, minha orientadora, que com muita paciência me orientou e guiou na realização do TCC.