



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES - CFP
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA - UACEN
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

DAMIÃO ALVES DOS SANTOS SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO
SISTEMA DE TRATAMENTO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DO VALE DO
PIANCÓ - PB**

CAJAZEIRAS-PB

2019

DAMIÃO ALVES DOS SANTOS SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO
SISTEMA DE TRATAMENTO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DO VALE DO
PIANCÓ - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Química, da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e Natureza (UACEN) do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Cajazeiras – PB, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Everton Vieira da Silva.

CAJAZEIRAS – PB

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)
Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764
Cajazeiras – Paraíba

S586c Silva, Damião Alves dos Santos.
Caracterização do efluente e avaliação da eficiência do sistema de tratamento de uma indústria têxtil do Vale do Piancó-PB / Damião Alves dos Santos Silva. - Cajazeiras, 2019.
53f.: il.
Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Everton Vieira da Silva.
Monografia (Licenciatura em Química) UFCG/CFP, 2019.

1. Indústria têxtil. 2. Tingimento. 3. Fibra têxtil. 4. Despejos industriais.
I. Silva, Everton Vieira da. II. Universidade Federal de Campina Grande.
III. Centro de Formação de Professores. IV. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU - 677

DAMIÃO ALVES DOS SANTOS SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Química, da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza (UACEN) do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Cajazeiras-PB, como requisito para obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado em: 06/12/2019

BANCA EXAMINADORA



Orientador – Professor Dr. Everton Vieira da Silva – UFCG/UACEN



Examinador 1 – Professor Dr. Fernando Antônio Portela da Cunha – UFCG/UACEN



Examinador 2 – Mestre Luiz Fernando de Oliveira Coelho – UFCG/CCTA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar durante toda a minha caminhada da graduação e ter proporcionado momentos indescritíveis que vivi no curso e com as pessoas que conheci. Que ele continue me abençoando e iluminando.

A minha mãe e rainha Cícera Alves, mulher, agricultora, que mesmo com as dificuldades, sempre priorizou a educação dos filhos, por ter me incentivado a estudar e ter apoiado todas as minhas decisões. Por me ensinar a dar valor às coisas simples da vida e ter ajudado a construir meus valores através de um cabo de enxada e de uma chibanca.

Aos meus avós, Francisco Joaquim (in memoriam) e Raimunda Alves (in memoriam), por todos os ensinamentos e apoio enquanto estiveram nesse mundo, e por continuar olhando por mim lá do céu.

Ao meu exemplo de superação e força, Layane Catarina (Neusin), pelo apoio e dedicação durante esse processo, por ter me ajudado a se torna uma pessoa melhor, e por seu companheirismo de sempre.

Aos meus irmãos, Lucas e Daniel e ao meu padastro Luiz (Zito), que mesmo com todas as nossas indiferenças sempre torceram por mim.

A meu amigo Cicero, por todo seu incentivo e apoio não só durante o curso, mas em todos os momentos da minha vida.

Ao meu padrinho Pedro dos Santos (Pedão), pelos seus ensinamentos, conselhos e compartilhamento dos seus conhecimentos sobre a roça, e por ser um exemplo, de que as pessoas não necessariamente precisam frequentar a escola para adquirir conhecimento.

Ao exemplo de casal, José Alcides e Maria José, por todo apoio, incentivo e conselhos dados.

A família Palof, Layane, Camila, Itamar e Marcelo (Luizinho), por compartilharmos e vivenciarmos grandes momentos de alegria, nos quais descobrimos o verdadeiro valor da amizade.

Ao quarto 13, onde morei por mais de dois anos com Ribamar, Gilmário, Will, Kayame, Erivan e Manuel e o quarto 15 onde morei até o fim do curso com Ronier (o namorado), Ediglecio (Matemática, o psicopata), Higor (o descolado) Cleiton (o parceiro e marueiro) e Wesley (Novato, o que dorme mais) da residência universitária masculina (RUM), por todos os momentos compartilhados durante essa caminhada.

Aos meus amigos, Adriano Alves, Alexandre Alves, Melkzedec, Francisco (Tico), Poliana, Maria de Fátima, Severino dos Santos (Bio), Erivaldo (Leka), Francisco Alexandre (Chico de dorinha), Antônio Marcos (Maquinhos) e Juvenal.

Aos meus amigos de turma e colegas de curso e da UFCG, Taline Ramos, Samila Gabriel, Gutierrez Dantas, Tamires Lima, Juan Emerson, Hevilla Naiara, Yara Duarte, Francisco Mabson, Thuan Santos, Valéria Silva, Isabel Cristina, William Beserra, Kildere Pedrosa e Patrícia Poliane e Inácio por todos os momentos e experiências compartilhadas.

Aos meus amigos e parceiros da residência universitária, Luiz Antônio (Potássio), Walber, Matheus, Odinei, George, João Paulo, Izalfran, Renato, Guilherme, Denilson, Winicius, Jardel (Cinco conto), Jamerson (Dois e meio), Everton, Mateus, Messias (Boca de mel), Bruno (Safadão), Tony, Thiago, Anderson, Bruno (condado), Odoniel (O véi), Ticiano, Lucas, Junior, Gadelha, Oraldo, Rodrigo e Wesley (Well).

A minhas amigas da residência universitária feminina (RUF), Ânglidimongean (Dona branck), Ângela, Aninha, Taís, Marleide, Lilian, Aderlândia e Francisca (Fran).

Em nome de Ayane Abreu, Cícera, Vanaldo, Aldenir, Dona Sonia, Dona Neném, Vanda e Geise, agradeço a todos terceirizados do CFP que prestam serviços ao campus com toda dedicação e competência.

Ao professor Everton Vieira pelas competentes orientações e contribuições durante essa pesquisa e por ter acreditado na minha ideia.

Aos professores do curso de química, Luciano Leal, Carlos Davdson, Ezequiel Fragoso, Albaneide Wanderlei, Fernando Portela, por todos os ensinamentos e dedicação ao curso de química do CFP, e aos demais professores que fazem parte do corpo docente da UACEN.

As professoras substitutas, Geovana Vasconcelos e Georgia Batista que durante o tempo em que permaneceram como professoras do curso de química se dedicaram ao máximo, compartilhando seus conhecimentos.

Ao professor José Gorete (Seu Zé) e técnica de laboratório Maria Alcântara por todos os ensinamentos, paciência e cafés oferecidos todos os dias de manhã.

A Egle Katarinne por ter mim presenteado com um notebook, o qual se tornou meu companheiro durante os dias e as madrugadas de estudo.

Ao técnico administrativo da UACEN, Jeferson Marques, por toda sua competência e eficiência e por todos os conselhos dados.

A todos os bares da cidade de Cajazeiras, pelos momentos pelas cachaças tomadas e os momentos de descontração e “desopilamentos” proporcionados para aliviar as tensões e os estresses provocados pela dolorosa vida acadêmica.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte dessa trajetória, e que contribuíram de forma direta ou indireta para meu crescimento no curso e concretização desse sonho.

Resumo

O presente estudo tem como foco a caracterização físico-química e a análise da eficiência do método de tratamento do efluente produzido por uma indústria do setor têxtil da região do Vale do Piancó, buscando colaborar com a diminuição dos impactos ambientais gerados por este setor fabril, levando em consideração que neste segmento, são gerados uma elevada quantidade de efluentes devido aos processos de tingimento, alvejamento e lavagem que utilizam produtos químicos tais como, sais inorgânicos, oxidantes fortes como o peróxido de hidrogênio, detergentes, sabões e corantes. Esses componentes tornam-se um agravante, quando ocorre o descarte incorreto do efluente, podendo ocasionar a contaminação do solo e dos lençóis freáticos de toda a região. Deste modo, este estudo trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva com análises laboratoriais, na qual foi desenvolvido em dois momentos. No primeiro, foi realizada uma visita técnica e a aplicação de um check-list para avaliar a conformidade do sistema de tratamento adotado pela indústria. Em seguida foi realizada a caracterização e análise da eficiência do tratamento, avaliando os parâmetros físico-químicos. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões determinados pela resolução 430/2011 do CONAMA e com trabalhos relevantes da área. Diante disso, ficou evidente a heterogeneidade do efluente, tendo em vista que a diversidade dos produtos e substâncias químicas usadas durante os processos de beneficiamento da fibra têxtil contribuem para a diversidade do despejo industrial. Constatou-se ainda que o sistema adotado para o tratamento do efluente apresenta eficiência para poucos parâmetros, necessitando de melhorias ou substituição nos métodos adotados.

Palavras-chave: tingimento, fibra têxtil, despejos industriais.

Abstract

The present study focuses on the physicochemical characterization and analysis of the efficient method of effluent treatment produced by a textile industry in the Piancó Valley region, seeking to collaborate with the reduction of the environmental impacts generated by this industrial sector, considering that in this segment, a high amount of effluents are generated due to the dyeing, bleaching and washing processes that use chemicals such as inorganic salts, strong oxidizers such as hydrogen peroxide, detergents, soaps and dyes. These components become an aggravating factor when the effluent is disposed of improperly and may cause contamination of the soil and groundwater throughout the region. Thus, this study is an exploratory and descriptive research with laboratory analysis, which was developed in two moments. In the first, a technical visit was carried out and a checklist applied to evaluate the conformity of the treatment system adopted by the industry. Then, the characterization and analysis of the treatment efficiency was performed, evaluating the physicochemical parameters. The results obtained were compared with the standards determined by CONAMA Resolution 430/2011 and with relevant works in the area. Given this, the heterogeneity of the effluent was evident, given that the diversity of products and chemicals used during the processing of textile fiber contributes to the diversity of industrial waste. It was also found that the system adopted for effluent treatment presents efficiency for few parameters, requiring improvements or replacement in the adopted methods.

Keywords: dyeing, textile fiber, industrial waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática do reator de oxidação fotoquímica	24
Figura 2: Resultados obtidos através do tratamento do efluente têxtil com ozônio	25
Figura 3: Esquema das etapas utilizadas no tratamento do efluente na ET da indústria têxtil em estudo	30
Figura 4: Espectro de absorção UV-Vis. (a) espectro de absorção da água natural antes do tingimento. (b) espectro de absorção do efluente bruto	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resultado das análises utilizando a coagulação química	23
Quadro 2: Estado inicial <i>versus</i> final – Sólidos Totais	25
Quadro 3: Comparação dos parâmetros físico-químicos antes e depois da adsorção	26
Quadro 4: Análises físico-químicas realizadas para as amostras dos efluentes bruto sintético (BS), após tratamento anaeróbio (TAN) e após tratamento aeróbio intermitente (TAI)	27
Quadro 5: Descrição dos pontos de coleta das amostras do efluente na indústria têxtil	30
Quadro 6: Controle de efluente produzido na empresa de produtos têxteis	36
Quadro 7: Informações sobre do sistema de tratamento realizado pela indústria	37
Quadro 8: Informações sobre a capacitação do(s) funcionário(s) e normas de segurança.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das análises de pH, cloretos e dureza	38
Tabela 2: Resultados das análises de turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos (STD)	40
Tabela 3: Resultados das análises de sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV)	42
Tabela 4: Resultados das análises da demanda química de oxigênio (DQO)	43
Tabela 5: Resultados das análises dos metais presentes no efluente	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Indústrias Têxteis: Aspectos gerais, e produtividade no Vale do Piancó	16
2.2 Implicações ambientais geradas pela indústria têxtil.....	18
2.2.1 Implicações na água, ar atmosférico e solo.....	19
2.2.1.1 A água	19
2.2.1.2 O ar atmosférico	19
2.2.1.3 O solo	20
2.2.2 Geração de resíduos sólidos e líquidos na indústria têxtil	20
2.2.3 Geração de efluentes têxteis.....	21
2.3 Métodos de tratamento de efluentes têxteis	21
2.3.1 Tratamento químico	22
2.3.1.1 Coagulação, floculação e decantação.....	22
2.3.1.2 Oxidação.....	23
2.3.1.3 Eletroquímico	24
2.3.1.4 Ozonização	25
2.3.1.5 Adsorção.....	26
2.3.2 Tratamento Físico.....	27
2.3.3 Tratamento Biológico.....	27
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 Classificação da Pesquisa	28
3.2 Localização da pesquisa e Descrição do Ambiente de Coleta.....	29
3.4 Descrição do sistema de tratamento realizado pela indústria	29
3.5 Seleção dos pontos de coleta de Amostras	30
3.6 Métodos de coleta e preservação das amostras.....	31
3.7 Etapas da pesquisa	31

3.8 Parâmetros analisados e métodos utilizados	31
3.8.1 pH.....	32
3.8.2 Turbidez	32
3.8.3 Condutividade	32
3.8.4 Cloretos	32
3.8.5 Dureza Total.....	33
3.8.6 Demanda química de oxigênio (DQO).....	33
3.8.7 Espectro de absorção	33
3.8.8 Sólidos Totais (ST).....	33
3.8.9 Sólidos Totais Fixos (STF)	34
3.8.10 Sólidos Totais Voláteis (STV)	35
3.8.11 Quantificação de metais	35
3.8.12 Métodos de análises de dados	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
6 SUGESTÕES	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE	53

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a região do Vale do Piancó localizada no sertão paraibano vem se destacando no cenário industrial, mais especificamente na área têxtil. São inúmeros os benefícios gerados por esse setor fabril, tais como, maior oportunidade de emprego para os moradores da região e o fortalecimento do comércio regional. Levando em consideração que esse setor promove uma grande circulação de capital e com isso resulta no crescimento econômico das cidades que compõe essa região como, por exemplo, Itaporanga, que possui um polo têxtil composto por 20 indústrias e é considerada a principal cidade da região do Vale do Piancó. Seu IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) passou de 0.358 em 1991 quando não existia nenhuma fábrica para 0,615 em 2010 já com a existência de varias indústria de médio e grande porte (IBGE, 2010).

No entanto, o desenvolvimento industrial da região trás consigo uma grande preocupação com relação às questões ambientais. Os processos de beneficiamento dos fios de algodão realizado pelo setor têxtil até se obter o produto final, envolvem vários processos químicos, incluindo substâncias tóxicas e com alto poder de degradação, como é o caso dos corantes. Esses processos ainda geram como produto final, uma enorme quantidade de efluentes, que uma vez sendo descartado de maneira inadequada pode trazer inúmeros danos ao meio ambiente.

De acordo com Lei estadual nº. 4.335 (16 de Dezembro de 1981) os resíduos líquidos, sólidos, gasosos ou em qualquer outro estado de agregação de matéria, provenientes de estabelecimentos ou atividades industriais exercidas no Estado da Paraíba, só podem ser descartados no meio ambiente se não causarem ou tenderem a causar degradação da qualidade ambiental. As normas técnicas dessa lei não estão mais em vigor, entretanto a Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabelece condições e padrões para lançamentos de efluentes. Tendo em vista isso, as indústrias que produzem efluentes fora das normas padrões, devem realizar o tratamento desses rejeitos antes do seu descarte final.

Considerando que existem diversificados métodos de tratamento para os efluentes têxteis, é importante que antes de ser adotado um método de tratamento, haja uma caracterização desses rejeitos, na qual se devem analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos e, a partir dos resultados obtidos, aplicar o método mais eficaz de acordo com as características do efluente.

Analisar a eficiência do sistema de tratamento adotado por indústrias têxteis do Vale do Piancó se faz necessário por duas razões circunstanciais. A primeira se refere a uma questão ambiental, pois toda a região é banhada pelo Rio Piancó, e o descarte incorreto desses rejeitos líquidos ou métodos incorretos aplicado no tratamento destes, podem ocasionar a contaminação e poluição das águas desse rio. A segunda questão trata-se do fator econômico da região, pois o Vale do Piancó assim como a maioria das microrregiões do Nordeste tem sua economia baseada na agricultura e pecuária, tendo isto, os efluentes têxteis se não tratados podem causar a contaminação do solo, deixando as terras inférteis para a produção de alimentos e pasto para os animais.

A região do Vale do Piancó localizada no sertão da Paraíba é referência na produção têxtil no estado, em paralelo ao crescimento e desenvolvimento da região, ocasionado pelo ramo têxtil, surge um grande problema ambiental relacionado aos efluentes produzidos durante os processos de alvejamento, tingimento e lavagem. Estes rejeitos líquidos apresentam em sua composição produtos químicos que podem ser um agravante para o meio ambiente, onde seu descarte incorreto pode contribuir para a contaminação do solo e dos lençóis freáticos de toda a região.

As formas de tratamento dos rejeitos líquidos não são simples e tão pouco economicamente viável. Em virtude disso a maioria das empresas descartam seus efluentes sem realizar nenhum tratamento, gerando assim um grande problema ambiental.

Buscando contribuir para a escolha do melhor método a ser adotado pelas empresas da região, este estudo tem como foco a caracterização físico-química e a análise da eficiência do método de tratamento do efluente produzido por uma empresa do setor industrial têxtil da região e dessa forma colaborar para a diminuição dos impactos ambientais gerados por esse setor fabril. Procura ainda, identificar as práticas de tratamento utilizadas pela indústria, bem como, através da análise das amostras coletadas, conhecer as qualidades do efluente em estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústrias Têxteis: Aspectos gerais, e produtividade no Vale do Piancó

O processo de industrialização teve início a partir de um marco histórico, a revolução industrial que começou no final século XIX e com esse movimento originou-se uma verdadeira transformação em todos os setores produtivos. No Brasil, o processo de industrialização só teve seu início a partir de 1950, onde de fato todos os setores da parte

industrial sofreram um otimismo no que diz respeito ao crescimento da economia brasileira (AREND, 2015).

Dentro dessa perspectiva, a área têxtil ganha destaque, levando em consideração que esse setor possui uma grande influência econômica no Brasil, entretanto, seus diversos processos de produção podem gerar fortes impactos ao meio ambiente devido a grande quantidade de efluentes poluidores que são produzidos durante os processos têxteis (LEAL, 2014). O setor têxtil foi de fundamental importância para o desenvolvimento industrial brasileiro, e ainda hoje continua sendo uma importante fonte tanto no segmento econômico, como também no empregatício.

Segundo dados do IBGE (2010) as indústrias têxteis, através do seu faturamento, representam cerca de 4,5% do PIB (Produto Interno Bruto) do país, e emprega aproximadamente 2 % de toda a população ativa. Diante disso fica evidente que esse setor é de grande relevância no seguimento industrial, econômico e social para o Brasil.

A ascensão do setor industrial nos últimos 20 anos tem atraído novos mercados consumidores para produção na região do Vale do Piancó. O setor têxtil é o principal responsável por esse crescimento absoluto, tendo em vista que esse ramo empresarial é predominante e vem crescendo a cada ano e como consequência, coloca essa microrregião em destaque, não só a nível estadual, mas em cenário nacional, considerando que foi destaque em uma matéria publicada no ano de 2013 na revista **Pequenas Empresas Grandes Negócios**. A matéria destaca a possibilidade de desenvolvimento e geração de emprego e renda criados pelas 35 empresas instaladas no Vale do Piancó. A maioria delas estão localizadas no município de Itaporanga, e por isso é conhecida como a “rainha do vale” em virtude de ser a maior da região em termos populacional e econômico, onde um terço da sua população está envolvida direta ou indiretamente com o setor têxtil.

Segundo o IBGE (2010), dos 2.165 empregos formais (aqueles com carteira assinada) do município de Itaporanga, 1.190 (cerca de 54% deles) são oriundos do segmento têxtil. Já de acordo com dados do SEBRAE publicados em 2012, esse segmento gera aproximadamente 1.500 empregos diretos e mais de 5 mil indiretos. No total, mais de 10 mil empregos são gerados através do setor têxtil, tendo em vista que outros municípios do Vale do Piancó como, por exemplo, Boa Ventura, Diamante, Igaracy, Piancó e Pedra Branca possuem empresas têxteis.

As tecelagens, como são conhecidas as empresas do ramo têxteis de Itaporanga e região, produzem panos de prato, toalhas, panos de chão, flanelas, tapetes, coadores de café, dentre outros produtos. Segundo o SEBRAE (2012) o município de Itaporanga produziu em

média por mês 60 toneladas de tecidos, o que gerou a fabricação de 72 milhões de peças no referido ano.

De acordo com Araújo (2012) é evidente a expansão da indústria têxtil no município de Itaporanga e região, com possibilidades de desenvolvimento econômico e social através do processo de industrialização do Vale do Piancó, e que isso é em decorrência da demanda de mercado e da diversidade dos produtos, o que impulsiona o crescimento das empresas desse setor. Entretanto ressalta que é preciso ter um olhar atento para as questões ambientais, visto que em algumas etapas do processo de produção são utilizados produtos nocivos e ocorre a geração de efluentes contaminantes que podem gerar impactos ambientais resultante da atividade têxtil.

A matéria prima base de uma indústria têxtil é o algodão, a partir dele toda a produção de uma empresa deste setor é estabelecida. No caso da empresa em questão onde ocorrerão as análises dos efluentes, esta, adquire o algodão já processado na forma de fio. E a partir daí ela inicia suas etapas de produção. O fio passa por processo denominado de engomagem (processo pelo qual os fios de algodão são submetidos a uma solução de goma de amido para ganhar resistência mecânica e ser lubrificado), após essa etapa o fio segue para o setor de tecelagem onde os teares entrelaçam os fios e produz o tecido. Em seguida o tecido é submetido ao processo de tingimento, é nessa etapa que os efluentes têxteis são gerados. Ao fim desta etapa o pano tingido é submetido à secagem, logo após, é encaminhado para uma máquina denominada de flaneladeira onde é feito o acabamento final da produção do tecido e lhe é concedido uma maciez. Ao término desta etapa, o tecido é encaminhado para a mesa de corte onde suas dimensões é determinada de acordo com a demanda dos pedidos. Por fim é conduzido para o setor de costura onde é finalizada a confecção dos produtos (TONIOLLO; ZANCAN; WÜST, 2015).

2.2 Implicações ambientais geradas pela indústria têxtil

Com globalização cada vez mais eminente, esse processo tem ajudado países em seu desenvolvimento e como consequência, alcançam patamares econômicos cada vez maiores. O setor industrial talvez seja o mais beneficiado, visto que as indústrias visam à expansão dos seus produtos para o mercado internacional.

O aumento da atividade industrial que é reflexo do processo de globalização e do crescimento populacional, não apenas atinge os processos produtivos e econômicos de um país, mas também desencadeia problemas ambientais críticos e frequentes que causam alterações na qualidade do solo, ar e água (KUNZ *et al*, 2002).

A produção industrial têxtil possui diversas etapas com variados processos até chegar ao produto final desejado. No decorrer desses processos inúmeros rejeitos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos são gerados em algumas etapas da confecção desses produtos. As implicações ambientais geradas por esse tipo indústria não surgem apenas nas etapas de produção fabril. O cultivo e a produção do algodão que é a principal matéria prima do ramo têxtil, pode gerar acentuados impactos ao meio ambiente através da utilização de insumos e fertilizantes que são usados durante a produção.

2.2.1 Implicações na água, ar atmosférico e solo

2.2.1.1 A água

Tratando-se do setor têxtil, o consumo de água é bastante acentuado, uma vez que, a maioria dos processos a utiliza na forma líquida ou gasosa. O maior consumo é durante o processo de tingimento do tecido, pois em todas as etapas, a malha de algodão é submetida a processos que envolvem água líquida ou vapor d'água.

Produtos químicos como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidróxido de sódio (NaOH), fenilamina (anilina, $C_6H_5NH_2$), além dos corantes que são utilizados no processo de tingimento, são substâncias nocivas, na qual podem comprometer a qualidade da água e devido a esse fato, o descarte inadequado desses resíduos podem culminar em um sério agravante ambiental que é contaminação dos lençóis freáticos e corpos d'água (TONIOLLO; ZANCAN; WÜST, 2015).

2.2.1.2 O ar atmosférico

Apesar do setor têxtil não estar entre os principais setores da indústria que mais poluem o ar, é preciso ter um olhar atento, pois as caldeiras utilizadas para produzir vapor d'água usado em algumas etapas de beneficiamento do tecido de algodão, podem liberar partículas e gases poluentes a partir da queima da madeira (DE ARRUDA, 2009).

Outro fato que pode contribuir para a poluição do ar atmosférico, é a utilização de geradores, que são usados para produzir energia elétrica em determinadas horas do dia na qual o kW/h de energia é mais caro. Os motores desses geradores são movidos a Diesel, combustível derivado do petróleo na qual a sua combustão libera alguns gases estufas como os óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de carbono (CO_x) (KAWÁS, 2014).

2.2.1.3 O solo

O referido setor pode apresentar ameaças ao solo, pois os resíduos sólidos tais como, embalagens de produtos químicos, retalhos de tecidos, partículas de algodão, entre outros, se descartados incorretamente podem gerar grandes impactos ambientais, além dos mais os efluentes oriundos da etapa de tingimento pode tornar os sólidos inférteis e improdutivos (SANTOS, 1997).

2.2.2 Geração de resíduos sólidos e líquidos na indústria têxtil

Tratando dos resíduos sólidos gerados em uma empresa do ramo têxtil, esses resíduos de acordo com Freire e Lopes (2013) são classificados como não inertes, devido possuírem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água. Ainda de acordo com os autores citados anteriormente, a geração de resíduos sólidos têxteis no Brasil está estimada em 175 mil toneladas/ano, das quais somente 36 mil toneladas são reutilizadas para a produção de produtos secundários como barbantes, mantas e fios.

Queiroz *et al* (2016) em sua pesquisa propõe algumas ações que podem contribuir para o gerenciamento dos resíduos sólidos em uma empresa, são elas: caracterização dos procedimentos para manejo dos resíduos sólidos, constituir um programa de manutenção preventiva dos equipamentos, capacitação dos funcionários, realização de palestras de conscientização e por fim, o manejo do lodo da estação de tratamento de esgoto (ETE).

O consumo de água em uma indústria têxtil é bastante elevado, considerando que quase todas as etapas de produção exige o uso de água. Estudos apontam que 90% do consumo geral de água em uma fábrica têxtil é proveniente das etapas de produção de tecidos. Com dados mais atuais Karci (2014) ressalta que quantidade de água consumida em empresa de produção têxtil pode chegar a 3.000 m³ por dia. Considerando esse dado e que durante as etapas de produção ocorre uma pequena perda nesse volume, a quantidade de efluentes gerados podem ultrapassar os 60.000 m³ em um único mês. Os resíduos líquidos provenientes dos processos de acabamento e tingimento devem obrigatoriamente ser submetidos a tipos de tratamentos que promovam a redução total ou parcial dos contaminantes que são incorporados pelas águas durante as etapas de produção, principalmente por conta da carga orgânica de corantes, tendo em vista que o setor têxtil é responsável por quase toda emissão desse poluente. Entretanto, muitas vezes esses líquidos poluentes são jogados diretamente no solo ou em cursos d'água, levando dessa forma a impactos ambientais imensuráveis, podendo ser

um agravante para a vida de seres humanos, outros animais e plantas (DE ALMEIDA; DILARRI; CORSO, 2014).

Algumas melhorias para o gerenciamento dos efluentes podem ser adotados para diminuir a produção desses poluentes e reduzir o consumo de água, dentre elas estão: melhoria da coagulação e inclusão de processo oxidativo avançado nas etapas de tratamento para o uso do efluente da ETE, captação e aproveitamento da água da chuva, modernização dos equipamentos e aproveitamento dos banhos do tingimentos (QUEIROZ, *et al* 2016).

2.2.3 Geração de efluentes têxteis

Um dos grandes desafios enfrentados por empresas da área, é que os efluentes produzidos por elas possuem impurezas que são provenientes dos produtos químicos usados durante os processos de alvejamento e tingimento dos tecidos (TWARDOKUS, 2004).

Se apresentando como umas das maiores geradoras de rejeitos líquidos do setor industrial, no ramo têxtil a cada quilo de tecido produzido, são consumidos 150 litros de água, desse total, 12% são perdidos por evaporação durante os processos de tingimento e 88% são descartados como efluentes líquidos (PINTO; LEÃO, 2002).

Durante o processo de tingimento do tecido é usados diversos produtos químicos que podem alterar as propriedades físico-químicas da água, como: pH, cor, condutividade, turbidez e dureza. Dessa forma, os efluentes têxteis tratados ou não, quando lançados no solo ou em corpos d'água podem causar alteração nas características e/ou propriedades do receptor. Essas mudanças podem ser significativas ou não dependendo da quantidade e concentração do montante lançado. Dentre os principais danos provocados pelos lançamentos de carga líquida têxtil, podemos destacar: poluição do solo e de corpos aquáticos, modificação na característica dos recursos naturais, impedimento a passagem de radiação solar em ambientes aquáticos e danos a saúde humana, visto que possuem produtos tóxicos e forte odor que podem ser exalados (TONIOLLO; ZANCAN; WÜST, 2015).

2.3 Métodos de tratamento de efluentes têxteis

Diversos processos para o tratamento dos efluentes têxteis têm sido propostos e testados quanto a sua eficiência, com o intuito de minimizar a poluição, principalmente dos corpos de água que são contaminados com estes resíduos líquidos, que além de provocar a poluição visual, causa alterações no ciclo biológico que afetam o processo de fotossíntese.

Os métodos mais comuns empregados para descontaminação dos efluentes têxteis são os tratamentos físico-químicos que consiste na eliminação de substâncias coloridas do efluente, onde podem ser empregados os processos fotoquímicos, tratamento com ozônio (O_3) que é um poderoso agente oxidante, coagulação e flotação onde são usadas substâncias que provocam a aglutinação das partículas suspensas como é o caso do sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) e a adsorção que consiste em um método onde utiliza um material poroso com propriedades adsorventes na qual os contaminantes do efluente aderem ao material (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013).

Por apresentar uma grande carga orgânica de compostos, os efluentes têxteis podem ser submetidos a tratamento biológico, mostrando-se com eficaz no controle da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Pela ação de microrganismo tais como bactérias e fungos. Nesse tipo de tratamento a matéria orgânica dissolvida e parte da matéria inorgânica são removidas por meios de processos aeróbicos ou anaeróbicos (BELTRAME, 2000).

Alguns fatores que limitam ou gera questionamentos referentes à utilização desses processos, são a ineficiências de alguns desses métodos, o alto custo como é o caso do emprego da oxidação e/ou geração de resíduos que também necessitam de tratamento.

De acordo com Kunz *et al* (2002) os métodos básicos adotados pelas indústrias do ramo têxteis para o tratamento de seus efluentes tais como, a coagulação do material sólido, seguida da separação por flotação ou decantação que são realizados com produtos químicos que promovem a aglutinação das partículas suspensas como é o caso do $Al_2(SO_4)_3$, apresenta uma boa eficiência na remoção desse material particulado. O referido autor ainda afirma que no tratamento convencional, ao efluente é adicionado um agente floculante, essa mistura fica em repouso até as partículas suspensas se depositarem no fundo do tanque de repouso, após essa etapa a parte sólida é separada da líquida onde é submetida ao processo de aeração.

2.3.1 Tratamento químico

2.3.1.1 Coagulação, floculação e decantação

Esses processos físico-químicos são bastante utilizados pelas indústrias no tratamento de efluente têxtil por apresentarem boa eficiência na remoção de sólidos suspensos, além de ajudarem na redução da demanda química de oxigênio (DQO) e da coloração (KIM, 2016). O Quadro 1 apresenta os resultados de Da Silva, *et al* (2019) que destaca a eficiência do uso do sulfato de alumínio como agente coagulante nesse tipo de tratamento.

Quadro 1: Resultado das análises utilizando a coagulação química

Parâmetros	Valores Encontrados	Efic. (%)
pH	8,13	-
Turbidez (NTU)	43,77	70,43
DQO (mg.l⁻¹)	151,71	68,39
Cor (uH)	236	11,28

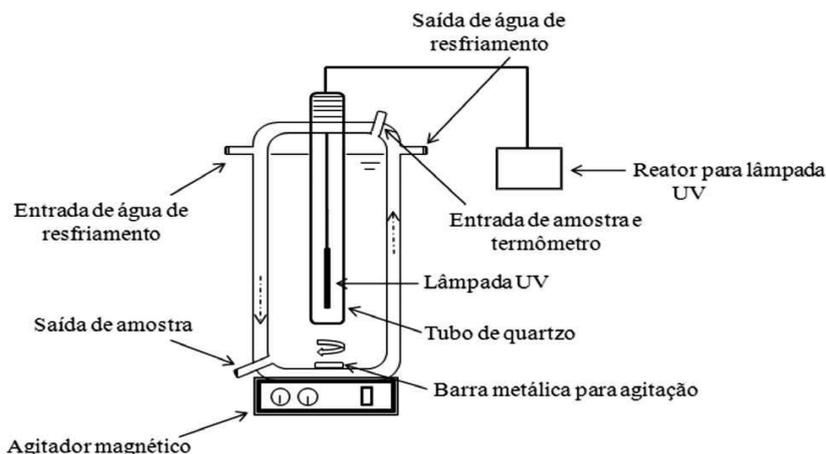
Fonte: Adaptado de DA SILVA, et al (2019)

Como podemos verificar nos resultados, o método de coagulação química demonstra eficiência significativa na redução da turbidez e DQO. O processo de coagulação química é o mais adotado pelas empresas que realizam o tratamento de seus efluentes têxteis, considerando que o método mais barato.

2.3.1.2 Oxidação

O método de oxidação é um processo químico utilizado por empresas têxteis no tratamento de seus efluentes como segunda etapa (por exemplo, após a coagulação química ou tratamento biológico). É usado especificamente para a remoção de cor e polimento final desses líquidos. Os processos oxidação avançados (POAs) apresenta uma grande vantagem quando comparado a outros métodos. Ele não gera outra fase como os demais, pois é um tratamento destrutivo em que o contaminante é degradado por uma série de reações químicas (LAFI; AL-QODAH, 2006) A Figura a seguir ilustra um esquema de um reator UV de bancada. A fonte de radiação usada é uma lâmpada de vapor de mercúrio que é suportada por um tubo de quartzo. O reator é constituído de um sistema de recirculação de água para evitar o superaquecimento da lâmpada e manter a temperatura do sistema estável. É instalado sobre um agitador magnético para que a amostra fique em agitação durante todo o ensaio.

Figura 1: Representação esquemática do reator de oxidação fotoquímica



Fonte: HASSEMER; CORAL; LAPOLLI (2012).

A aplicação do processo fotoquímico utilizando a radiação ultravioleta (UV) apresenta resultados efetivos para remoção de cor e degradação dos corantes presentes, e quando combinado com outros métodos de tratamento, como por exemplo, o biológico, pode tornar os efluentes reutilizáveis no processo industrial, levando dessa maneira, a redução do consumo de água e a diminuição dos impactos ambientais (HASSEMER; CORAL; LAPOLLI, 2012).

2.3.1.3 Eletroquímico

O tratamento eletroquímico é realizado através da eletrofloculação, onde é usada uma corrente elétrica para promover as reações químicas. Para Fleck, Tavares, Eyng (2013) esse processo é considerado uma nova tendência, pois permite um maior controle na liberação do agente de coagulação em comparação com os processos físico-químicos convencionais usados para a remoção de poluentes dos efluentes industriais. Esse método é de simples operação e aplicação, podendo ser usado em diversos tipos de efluentes.

O método eletroquímico viabiliza a eletrofloculação como uma prática eficiente para redução do grau poluidor dos despejos industriais têxteis. Porém para obter resultados satisfatórios deve-se considerar as propriedades do material poluidor. Um dos principais parâmetros físico-químicos que apresenta redução significativa quando aplicado esse método, são os sólidos totais.

O Quadro 2 evidencia a evolução em termos de remoção da quantidade dos sólidos totais presente tanto no efluente têxtil bruto, como no tratado analisado por Santos (2018).

Quadro 2: Estado inicial *versus* final – Sólidos Totais

Sólidos Totais (mg/L)			
Item amostral	Efluente bruto	Efluente tratado	Redução (%)
01	477,2	37,0	92,25
02	477,1	37,1	92,22
03	477,6	37,2	92,21
04	476,9	36,8	92,28
05	477,1	37,3	92,18
06	476,8	36,6	92,32
07	477,2	37,4	92,16
08	477,1	37,7	92,10
09	477,0	37,0	92,24
10	477,1	37,1	92,22
11	477,1	37,3	92,18
12	477,1	37,3	92,18
Média	477,11	37,15	92,21

Fonte: SANTOS (2018).

Um das funcionalidades da eletrofloculação no tratamento dos resíduos líquidos têxteis é a redução nas concentrações dos sólidos totais e cor. Como descrito no Quadro 2, os resultados de Santos (2018) apontam resultados consideráveis na redução dos sólidos totais, tornando esse método viável para purificação de líquidos poluentes.

2.3.1.4 Ozonização

Caracterizado como sendo um poderoso agente oxidante, o ozônio vem sendo utilizados em processos de oxidação avançados (POAs). Considerado um dos POAs mais utilizados, o método de ozonização se destaca no tratamento de águas industriais, uma vez, que possui elevado potencial de degradação, principalmente em compostos orgânicos que não são removidos durante o processo biológico (CHAVES; VERONA; NOGUEIRA & BUUS, 2016). A Figura a seguir evidencia a eficiência desse tipo de tratamento, onde cada amostra do efluente em estudo sofreu injeção de ozônio em intervalos de tempos diferentes. O primeiro recipiente refere-se a amostra não tratada e o último a amostra que recebeu a maior quantidade de ozônio. Da esquerda para a direita temos: amostra inicial (efluente bruto), após 60s, 70s, 80s, 90s, 100s, 110s, 120s da injeção de ozônio.

Figura 2: Resultados obtidos através do tratamento do efluente têxtil com ozônio.



Fonte: MAIDANA; KREUTZ; BERNARDI (2015).

Os resultados de Maidana; Kreutz; Bernardi (2015) mostram a eficiência da aplicação do ozônio para a remoção dos compostos orgânicos, visto que, a mudança de cor nas amostras indica que houve degradação das moléculas destes compostos que compõe os corantes e pigmentos utilizados no processo de tingimento nas indústrias têxteis.

2.3.1.5 Adsorção

O uso da adsorção de tem sido empregado frequentemente para tratamento e o reuso de água. Esse método apresenta grande eficiência na remoção do material particulado. Um fator determinante para alcançar resultados satisfatórios utilizando esse processo é a escolha do agente adsorvente, na qual possui algumas características, tais como: alta capacidade de adsorção, vida longa, baixa geração de resíduos e baixo custo. Alguns adsorventes como, argila, casca de arroz e coco, coroa de abacaxi, algas e folhas de Neem, são usados no tratamento de efluentes (IMMICH, 2006).

Abaixo, temos o Quadro 3 com resultados de Barbosa (2018) que compara alguns parâmetros físico-químicos antes e depois da aplicação do método de adsorção usando argila como agente adsorvente.

Quadro 3: Comparação dos parâmetros físico-químicos antes e depois da adsorção.

Parâmetros	Antes	Depois	Remoção (%)	Padrão da amostra*
Sólidos Totais (mg/L)	2785	2785	0,0	500
DQO (mg/L)	347	137	60,5	NE
Nitrato (mg/L)	8,8	7,5	14,7	10
Cor (mg/L)	137	25	81,7	NE
Turbidez (UNT)	19,8	2,16	89,1	NE
Ph	19,8	7,74	4,6	5 A 9
Condutividade (µS/cm)	8,12	3910	0,0	NE
Fósforos Totais (mg/L)	3910	3,18	62,7	0,10

Fonte: BARBOSA (2018).

*Resolução CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.

Segundo os trabalhos de Barbosa (2018) acima apresentados, o método de adsorção é eficiente na redução de cor, turbidez, DQO, porém, apenas aplicação desse processo não torna possível o reuso desse efluente, pois mesmo após esse tipo de tratamento, os parâmetros de sólidos totais e fósforos totais ainda apresentam índices acima do limite perimido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

2.3.2 Tratamento Físico

O efluente têxtil também pode ser submetido a um tratamento físico. Esse tipo de processo é mais usado em uma etapa do tratamento denominada de tratamento preliminar. Nessa fase utiliza-se um gradeamento ou peneiramento para retirar os sólidos grosseiros que podem provocar o entupimento das tubulações e equipamentos usados nas próximas etapas do tratamento (SILVA, 2016).

2.3.3 Tratamento Biológico

Considerado um tipo de tratamento mais econômico quando comparado a alguns processos físicos e químicos, os tratamentos biológicos podem se aplicados a descontaminação de efluentes têxteis, agindo principalmente na degradação microbiológica, redução da biomassa e degradação parcial dos corantes presentes que conseqüentemente promove a descoloração do efluente com a redução da cor (PIZATO, *et al*, 2017). O Quadro que se segue, têm-se os resultados de Souza (2017), na qual compara alguns parâmetros físico-químicos do efluente bruto e depois de submetido aos tratamentos anaeróbicos e aeróbicos.

Quadro 4: Análises físico-químicas realizadas para as amostras dos efluente bruto sintético (BS), após tratamento anaeróbio (TAN) e após tratamento aeróbio intermitente (TAI).

Parâmetros físico-químicos							
Amostras	pH	Potencial de Oxirredução	Alcalinidade parcial (mg CaCO ₃ /L)	Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	OD (mg/L)	DQO bruta (mg O ₂ /L)	Cor (ABS 476 nm)
BS	7,73	-6,70	636,1	803,25	0,13	1.118	1,4
TAN	7,52	-299,50	663,8	846,93	0,0	260	0,325
TAI	8,26	-14,20	613,41	613,41	0,46	211	0,353

Fonte: SOUZA (2017).

Além da redução significativa da cor, os dados acima descritos, apontam que o tratamento biológico apresenta uma redução considerável no índice de DQO do efluente analisado tanto nas condições aeróbicas (ocorre na presença de oxigênio) como na anaeróbica (ocorre na ausência de oxigênio). Os parâmetros de cor e DQO são determinantes da poluição ambiental aquática.

Conhecer o tipo do efluente gerado em uma indústria, bem como suas características físico-químicas é fundamental para que se aplique o método de tratamento mais adequado a esses rejeitos. Faz-se necessário também o acompanhamento constante em todo o sistema de tratamento, verificando a eficiência dos processos adotados e identificando as possíveis falhas que podem ocorrer durante as etapas. Mesmo que um determinado método de tratamento esteja sendo a eficaz na redução dos poluentes têxteis, é fundamental que as indústrias estejam sempre na busca por novos métodos que reduzam os custos e potencializem a eficiência do tratamento.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

O estudo em questão se baseia em uma pesquisa exploratória, pois estabelece critérios, métodos e técnicas para a elaboração da pesquisa e visa oferecer informações sobre objeto em estudo e orientar na formulação de hipótese (CERVO, DA SILVA e BERVIAN, 2006). Trata-se também de uma pesquisa descritiva onde busca fazer o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos dados e resultados obtidos a partir das análises laboratoriais e formulário tipo check-list (PEROVANO, 2014).

No ponto de vista dos procedimentos técnicos, refere-se também a uma pesquisa de cunho bibliográfico, considerando que se faz necessário ao pesquisador conhecer o que a literatura aborda sobre o tema do estudo em questão, selecionando e comparando os autores na discussão teórica (PRODANOV e DE FREITAS, 2013). A pesquisa bibliográfica a respeito da temática em questão foi realizada adotando como banco de dados, o Google Acadêmico, repositórios de universidades e revistas que publicam trabalhos na área abordada, utilizados nas buscas, palavras-chaves tais com: sistemas de tratamento de efluentes têxteis, caracterização de efluentes industriais, tipos de tratamento para efluentes, eficiência dos tratamentos e grau de poluição dos despejos industriais têxteis.

3.2 Localização da pesquisa e Descrição do Ambiente de Coleta

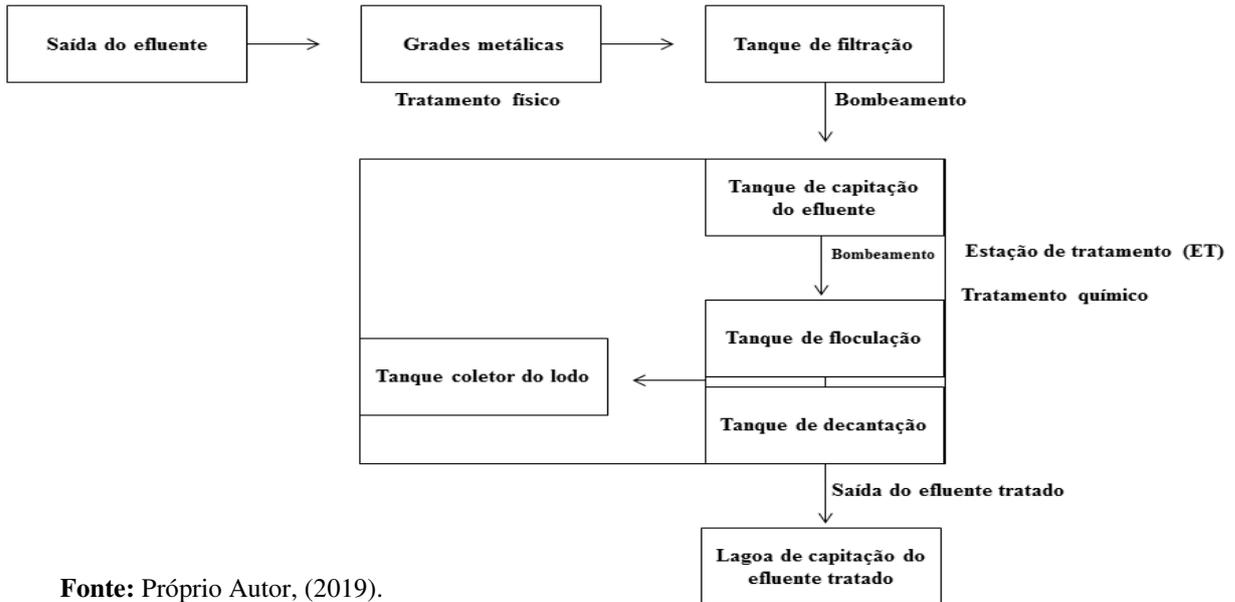
Os efluentes foram coletados em uma indústria do ramo têxtil, localizada no Sítio Vaca Morta, as margens da PB 368 no município de Itaporanga – PB, cidade pertencente à micro região do Vale do Piancó, distante 428,5 km da capital João Pessoa-PB. A referida empresa foi fundada em 1996 e atualmente funciona em prédio próprio com área total de 6 mil m². É representada pelos seus produtos em 90% das cidades do território brasileiro, oferecendo itens têxteis como: flanelas, panos de chão, panos de prato, tapetes, aventais, coadores de café, entre outros. Além de ter seus produtos comercializados em quase todo o território brasileiro, a empresa exporta seus produtos para país africanos, tendo como principal importador a Nigéria.

3.4 Descrição do sistema de tratamento realizado pela indústria

O efluente em estudo gerado pela indústria têxtil é oriundo dos processos de alvejamento, tingimento e lavagem dos tecidos. No início do tratamento, o material é submetido a um processo físico que é realizado por grades metálicas que atuam como peneiras e tem como finalidade reter materiais sólidos provenientes da etapa de beneficiamento da fibra têxtil. Logo após, é coletado em um tanque de filtração, onde ocorre a remoção do material sólido que não foi removido pelas grades metálicas. Em seguida, o efluente bruto é bombeado para o tanque de capitação da estação de tratamento (ET). Na ET, o efluente é bombeado para o tanque de floculação, onde é adicionado cal desidratada (CaO) e o poli cloreto de alumínio (PAC). Após essa etapa, a mistura é transferida para o tanque de decantação, em sequência, o efluente tratado é liberado para o corpo receptor e lodo resultante da decantação é escoado para um tanque coletor para secagem do material sólido.

A ET é composta por: tanque de capitação do efluente bruto, tanque de floculação, tanque de decantação e tanque coletor de lodo. A seguir, a Figura 3 esquematiza todos os processos aqui descritos.

Figura 3: Esquema das etapas utilizadas no tratamento do efluente na ET da indústria têxtil em estudo.



3.5 Seleção dos pontos de coleta de Amostras

Foram definidos cinco (5) pontos de coletas de amostras para as análises, onde para cada ponto de coleta foram coletadas duas (02) amostras, totalizando 10 amostras ao todo, vale salientar que a escolha foi determinada de acordo com as possíveis variações físico-químicas que o efluente poderia sofrer durante seu percurso até a lagoa de captação. Os pontos estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5: Descrição dos pontos de coleta das amostras do efluente na indústria têxtil.

S1	Água natural – usada no abastecimento de toda a indústria.
S2	Coletado no tanque que recebe o efluente logo após o processo de tingimento do tecido.
S3	Coletado no tanque em que o efluente é bombeado para a estação de tratamento.
S4	Coletado logo após o tratamento – local de saída do efluente tratado.
S5	Coletado na lagoa de captação que recebe o efluente tratado.

Fonte: Próprio Autor, (2019).

A empresa funciona 24 horas por dia, por esse motivo, o efluente analisado pode apresentar variações em sua característica em determinadas horas do dia, tendo em vista que as etapas de beneficiamento e tingimento dos tecidos envolvem diferentes produtos químicos que apresentam propriedades variadas. Por esse fato a coleta das amostras foi realizada por volta das seis (6) horas da manhã, horário em que ocorre a troca de turno dos funcionários e na qual todos os processos de tingimento para a aquele turno de trabalho já tenham se encerrado.

3.6 Métodos de coleta e preservação das amostras

Os procedimentos de coleta e armazenamento das amostras foram realizados de conforme as instruções de Santa Catarina (2008).

3.7 Etapas da pesquisa

O estudo foi desenvolvido em quatro momentos que partiram desde a análise do sistema de tratamento adotado, a coleta dos efluentes, a caracterização das amostras coletadas e a orientação através da apresentação dos resultados obtidos. Todas as etapas estão descritas a seguir:

Como primeiro momento, foi realizada uma visita técnica ao local em estudo, onde foram observados todos os processos fabris, bem como, o sistema de tratamento de efluente adotado para análise. Em seguida, aplicou-se um ckeck-list (Apêndice A) para avaliar a conformidade do sistema de tratamento adotado como padrão na empresa após os processos de alvejamento, tingimento e lavagem dos tecidos.

No segundo momento, foi feita coleta do efluente bruto e tratado na indústria em questão. As amostras foram analisadas em triplicata quanto aos conforme métodos descritos pelo Manual de Bolso da Funasa (2013), cujas análises foram realizadas no Laboratório de Química do Centro de Formação de Professores da UFCG e a presença de metais, sendo sódio e potássio quantificados por fotômetro de chama e os níveis de ferro foram determinados por absorção atômica em parceria com o laboratório de análises de água do CCTA/UFCG.

Para as análises físico-químicas realizadas no laboratório de química do campus de Cajazeiras – PB, as amostras foram coletadas em recipientes plásticos de 500 mL, enchendo-os totalmente, sendo os mesmos lavados e enxaguados previamente com água destilada. As amostras analisadas no laboratório de análise de água do campus da cidade de Pombal – PB foram coletadas em recipientes de plásticos de 70 mL.

3.8 Parâmetros analisados e métodos utilizados

Os parâmetros analisados nos cinco (5) pontos definidos foram: pH, condutividade, turbidez, sólidos totais, temperatura, cloretos, dureza, DQO, espectro de absorção (espectroscopia UV-VIS) e determinação de metais (fotômetro de chama e absorção atômica).

3.8.1 pH

No efluente analisado, este parâmetro foi determinado através do método direto usando um pHmetro do fabricante TCNOPON, modelo mPA210, que foi calibrado previamente em soluções padronizadas, conforme método descrito por Manual do Bolso da Funasa (2013).

3.8.2 Turbidez

Esse parâmetro é medido a partir do grau de interferência à passagem da luz através de um líquido. A turbidez é decorrente da quantidade de partículas suspensas existentes no sistema. Ela é medida pelo método de leitura direta utilizando um turbidímetro (BRASIL, 2014). Nas amostras em estudo foi utilizado um turbidímetro da marca DelLab, modelo DLT-WV.

3.8.3 Condutividade

Foi determinada através do modo de leitura direta com um condutímetro digital do fabricante SCHOTT, conforme modelo descrito CG 853.

3.8.4 Cloretos

Sua determinação é feita através da titulação, usando como titulante na maioria das vezes, o nitrato de prata (AgNO_3) e com indicador, o de cromato de potássio (K_2CrO_4). Para a quantificação deste parâmetro no efluente analisado, foi adotada a metodologia proposta por Brasil (2006), onde foi utilizado 5 mL das amostras, acrescentando hidróxido de sódio (NaOH) para ajustar o pH entre 7 e 10 e adicionado 1 mL da solução indicadora de cromato de potássio (K_2CrO_4) e em seguida, realizada a titulação até ocorrer o aparecimento da cor amarelo avermelhado. A concentração de íons cloretos pode ser determinada por:

$$[\text{Cl}^-]_{(\text{mg/L})} = \frac{(A-B) \times N \times 35.450}{\text{ml da amostra}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

A: mL do titulante gasto na amostra.

B: mL do titulante gasto no branco.

N: Normalidade do titulante.

3.8.5 Dureza Total

Este parâmetro é dado por meio da técnica de titulação. Para as amostras analisadas aplicou-se o método indicado por Brasil (2006). Para determinação da dureza, usou-se 5 mL de cada amostra diluindo em 100 ml de água destilada, na qual foi usado como titulante, uma solução do ácido etileno diamino tetracético (EDTA) e como indicador o eriochrome black T, a titulação foi encerrada quando ocorreu a mudança da cor púrpura avermelhada para a cor azul, indicando o ponto de viragem. A dureza total é quantificada pela seguinte fórmula:

$$\text{Dureza Total}_{\text{mg/L}} = \frac{\text{mL de EDTA} \times 100 \times \text{Fc}}{\text{mL da amostra}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde

Fc: fator de correção do EDTA

3.8.6 Demanda química de oxigênio (DQO)

Para essa análise foi utilizada a metodologia de APHA (2005) Apud Bado, Percio e Lindino (2012) usando o método de refluxação fechada em meio ácido, utilizando-se o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e como agente oxidante forte foi utilizado o dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), sendo a reação catalisada por sulfato de prata (Ag_2SO_4).

Em um tubo de digestão pipetou-se 1,50 mL da solução digestora ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), em seguida foi adicionado 1 mL da amostra diluída na porção de 1/100 em água destilada e 3,50 mL da solução catalisadora (Ag_2SO_4). Efetuou-se a digestão em refluxo a 150 °C em uma estufa durante duas (2) horas, esperando o resfriamento, adicionou-se uma gota de solução indicadora de ferroína e em seguida foi realizada a titulação com sulfato ferroso amoniacal.

3.8.7 Espectro de absorção

Para verificar a região de absorbância e comprimento de onda do efluente industrial utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis modelo Cary 60 e do fabricante Agilent Technologies, entre os comprimentos de onda 200 a 800 nm.

3.8.8 Sólidos Totais (ST)

O teor de sólidos totais é caracterizado como sendo toda matéria que se mantém como resíduos após a evaporação de todo o líquido em temperaturas entre 100 e 110°C. Para as

amostras do efluente, as análises foram feitas em triplicata, aplicando o método gravimétrico descrito por APHA (2005) apud Berger (2013).

Transferiu-se uma alíquota de 3 mL do efluente medido em uma pipeta para um cadinho (pesado e aferido antes) de 9 mL. O recipiente foi levado a estufa por 1 (uma) hora á temperatura de 105°C, em seguida o cadinho foi esfriado no dessecador por 45 minutos, e após esse tempo realizou-se a pesagem. O resultado dos sólidos totais pode ser expresso por:

$$ST \text{ (mg/L)} = \frac{(P1 - P0) \times 1.000.000}{V \text{ da amostra (mL)}} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

P1 = peso do cadinho mais o resíduo seco à 105°C, em g.

P0 = peso do cadinho vazio, em g.

V = volume da amostra, em mL.

3.8.9 Sólidos Totais Fixos (STF)

É a porção que permanece como resíduo após a calcinação das amostras utilizadas anteriormente para determinação dos ST em temperaturas entre 545 a 555°. Para esta análise aplicou-se o método gravimétrico apontado por método gravimétrico descrito por APHA (2005) apud Berger (2013).

Após anotar o valor de P1, transferiu-se o cadinho para a mufla a 550°C onde permaneceu por 1 (uma) hora. Dado esse tempo, o mesmo recipiente foi deixado esfriar na estufa em uma temperatura de 105°C por 30 minutos seguindo logo depois para o dessecador para esfriar por 45 minutos e em seguida foi pesado. A concentração dos STF é dada por:

$$STF \text{ (mg/L)} = \frac{(P2 - P0) \times 1.000.000}{V \text{ da amostra (mL)}} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

P2 = peso do cadinho após ignição à 550 °C, em g.

P0 = peso do cadinho com o resíduo seco á 105°C, em g.

V = volume da amostra, em mL.

3.8.10 Sólidos Totais Voláteis (STV)

É determinado como sendo a quantidade de sólidos que se perde após a calcinação da amostra em uma temperatura de 550°C, ou seja, é diferença entre os sólidos suspensos totais (SST e os sólidos suspensos fixos (APHA, 2005 apud BERGER, 2013). O cálculo para essa análise é dado pela equação:

$$\text{STV (mg/L)} = \text{ST} - \text{STF (Equação 5)}$$

3.8.11 Quantificação de metais

O método adotado para análise deste parâmetro foi a espectroscopia de absorção atômica e o fotômetro de chama que são os mais indicados para esse tipo de ensaio. Os metais analisados foram: ferro (Fe), sódio (Na) e potássio (K).

3.8.12 Métodos de análises de dados

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente adotando-se a comparação das médias, conforme o teste de Tukey, com relevância ao nível de 5% de probabilidade (VIEIRA, 2006 apud SEGTOVIC *et al.*, 2013) e processados através do programa de computador Assistat® (SILVA; AZEVEDO, 2009 apud DE MEDEIROS *et al.*, 2016).

Para fins comparativos foram adotados as condições e padrões de lançamentos de efluentes da Resolução N° 430/2011 do CONAMA. Os parâmetros analisados que não estão descritos na Resolução foram comparados com diferentes pesquisadas que adotaram o mesmo método de análise e realizados por pesquisadores da área.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens do check-list foram divididos em quadros para a melhor análise dos resultados, estão organizados de acordo com a semelhança entre os quesitos verificados. A primeira coluna de cada quadro refere-se à numeração de cada item no check-list (Apêndice A).

No Quadro 6 estão dispostos alguns dos itens a respeito do controle do efluente produzidos na empresa.

Quadro 6: Controle de efluente produzido na empresa de produtos têxteis.

Item	Itens de verificação de informações sobre a empresa	Sim	Não
05	A empresa possui um plano de logística para controle dos resíduos sólidos e líquidos gerados?		X
06	Possui um controle com relação á quantidade de efluente gerado?		X
07	Possui estação de tratamento para o efluente gerado?	X	
10	Realiza análises periódicas para verificar a qualidade do efluente?		X
13	Possui acompanhamento de um profissional qualificado?	X	

Fonte: Próprio autor (2019).

O fato da empresa não possuir um plano de logística para controle dos resíduos sólidos e líquidos, propícia à omissão quanto ao controle do volume de efluente gerado, situação essa considerada preocupante, pois segundo Lucena (2018) conhecer a quantidade de poluentes líquidos produzidos é fundamental para a aplicação do tratamento e propor alternativas para reduzir os impactos ambientais.

Os rejeitos industriais resultantes dos diversificados tipos de processos de beneficiamento têxtil podem possuir seus parâmetros físico-químicos fora dos padrões permitidos pela legislação brasileira, dessa forma, as indústrias deste setor devem possuir uma estação de tratamento para realizar a correção desses parâmetros, evitando punições pelos órgãos fiscalizantes, bem como, alterações ambientais com alta gravidade. Faz-se necessário que ocorra um monitoramento periódico da qualidade do efluente produzido, pois esses rejeitos líquidos, segundo Moraes (2010), possuem composição complexa e variante, tendo em vista que para cada tipo de tecido produzido, adota-se processos e substâncias químicas diferentes.

O Quadro 6 ainda destaca que a indústria em estudo possui o acompanhamento de um profissional qualificado, porém esse profissional realiza apenas visitas técnicas para observar como estão as condições de funcionamento da estação de tratamento, e não com o objetivo de realizar análises qualitativas e/ou quantitativas do efluente bruto e tratado.

Como na indústria possui estação de tratamento, o Quadro 7 traz informações sobre os tipos de tratamento realizados e o destino do efluente após ser tratado. A verificação desses itens é importante para conhecer as práticas adotadas pela empresa em estudo, bem como sua preocupação com as problemáticas ambientais que podem surgir a partir do descarte do seu efluente têxtil.

Quadro 7: Informações sobre do sistema de tratamento realizado pela indústria.

Item	Itens de verificação sobre os tipos de tratamento	Sim	Não
01	A empresa realiza tratamento do efluente?	X	
02	Realiza tratamento físico?	X	
03	Realiza tratamento químico?	X	
04	Realiza tratamento biológico?		X
14	Faz o reuso do efluente tratado?		X
15	Faz a destinação correta do efluente tratado e lodo gerado durante o tratamento?		X

Fonte: Próprio autor (2019).

Na tentativa de minimizar os danos à natureza e respeitar a legislação do país quanto ao descarte de efluentes, a fábrica têxtil adota um processo de tratamento para seus efluentes gerados. O tratamento físico é realizado com grades metálicas que fazem a retenção de linhas, fios e pedaços de tecidos que se juntam ao efluente nos processos de tingimento da fibra. Já com relação ao processo químicos, adota-se o processo de floculação, que é o mais convencional e de menor custo, onde é usado o poli cloreto de alumínio como agente floculante e cal virgem para correção do pH. No entanto, não é realizado nenhum tipo de tratamento biológico. Esse fato pode ser justificado pelo alto custo deste tipo de tratamento como, aparelhagem e agentes biológicos, bem como a falta de profissionais capacitados na região objeto de estudo.

Uma atitude sustentável por parte do setor têxtil seria que toda indústria desse ramo, fizesse o reuso da água pós-tratamento, pois com essa ação, diminuiria tanto os impactos ambientais como reduziria o consumo de água potável. Entretanto, apesar da fábrica em estudo realizar o tratamento do efluente, o reuso tem sido negligenciado, pois os processos de tratamento adotados não são suficientes para torná-lo disponível pra tal fim. Em consequência disso, o efluente tratado é lançado para uma lagoa onde permanece neste local para sua evaporação natural.

Outro detalhe importante descrito acima, é que, o lodo gerado no tratamento não possui uma destinação correta e não recebe um cuidado especial, apesar de não informarem qual a destinação desses resíduos, seu destino final, provavelmente é um lixão. Dutra *et al* (2015) alerta que o lodo produzido nos processos de tratamento de efluentes têxteis apresentam toxicidade e podem ocasionar a poluição de solos e cursos de água.

No Quadro 8 estão expostas informações sobre a verificação de alguns itens que tratam das normas de segurança e condições para funcionamento da estação de tratamento.

Quadro 8: Informações sobre a capacitação do(s) funcionário(s) e as normas de segurança.

Item	Itens de verificação sobre os tipos de tratamento	Sim	Não
08	O(s) funcionário(s) que trabalham na estação de tratamento realizaram algum curso de capacitação?		X
09	O(s) funcionário(s) que trabalham na estação de tratamento usam os EPIs necessários?	X	
11	Os produtos químicos utilizados no tratamento dos efluentes são todos rotulados e identificados?	X	
12	A estação de tratamento possui um mapa de risco do local?	X	

Fonte: Próprio autor (2019).

Atualmente apenas 1 (um) funcionário da empresa, trabalha na estação de tratamento e quando indagado sobre ter realizado algum curso de capacitação para trabalhar no local, o mesmo, expõe que não realizou nenhum curso, apenas o químico industrial que realiza as visitas técnicas, o orientou em como proceder os processos tratamento.

Durante a visita técnica e as coletas das amostras, o funcionário estava usando os equipamentos de proteção individual (EPIs) tais como: máscara, óculos, luvas, botas de borracha e protetor auricular. Também foi verificado que todos os produtos químicos usados no tratamento estavam rotulados e identificados, o que é importante para evitar acidentes ou ingestão. Assim como todos outros setores da empresa, a estação de tratamento possui um mapa de classificação de risco do local, onde expõe os principais riscos que o trabalhador estar exposto e os acidentes que podem ocorrer casos as medidas de segurança não sejam cumpridas.

Cada efluente têxtil possui suas características específicas quanto aos seus parâmetros físico-químicos, conhecer esse poluente é indispensável para a escolha do melhor método de tratamento a ser aplicado. Diante disso, a Tabela 1 expõe os valores de pH, cloretos e dureza para os diferentes efluentes (bruto e tratado).

Tabela 1: Resultados das análises de pH, cloretos e dureza.

Parâmetro	Amostra	Média	Desvio padrão	CONAMA 430/2011
	S1	7,1 ^c	±0,0041	5 a 9
	S2	6,5 ^e	±0,0082	
pH	S3	6,7 ^d	±0,0041	
	S4	7,7 ^b	±0,0041	
	S5	8,1 ^a	±0,0163	

	S1	154,5 ^c	±2,8600	-
	S2	1680 ^b	±48,9	-
Cloreto Cl⁻ (mg/L)	S3	1815 ^a	±4,08	-
	S4	1730 ^b	±16,3	-
	S5	1745 ^{ab}	±20,4	-
	S1	320 ^d	±0,01	-
	S2	380 ^b	±0,01	-
Dureza CaCO₃ mg/L	S3	370 ^b	8,16	-
	S4	600 ^a	±0,01	-
	S5	340 ^c	±0,01	-

Fonte: Próprio autor (2019).

Estatisticamente os valores de pH e dureza variam na maioria das amostras, com exceção a S2 e S3 que não variaram estatisticamente entre si em relação ao parâmetro de dureza. Já com relação aos resultados de cloretos, as amostras S2, S3, S4 e S5 não apresentam variação estatística, confirmando a proximidade ou similaridade dos valores obtidos.

O pH é um importante parâmetro de controle na qualidade de um efluente, sendo que a partir dele pode ser determinado qual tipo de tratamento deve ser aplicado (GILI, 2015). Na empresa em estudo, aplica-se o método de floculação/decantação para tratar seu efluente produzido, onde um dos objetivos deste tipo de tratamento é a correção do pH (RODRIGUES, 2014). Nas amostras S2 e S3, que se refere ao efluente bruto percebe-se uma redução no valor desse parâmetro quando comparado à amostra S1 que refere-se a água antes do processo de tingimento, desta forma, tal processo produtivo confere uma baixa acidez aos efluentes.

Analisando o resultado da amostra S4, que foi coletada depois de todo processo de tratamento, fica evidente que tal técnica é importante para o controle deste parâmetro, pois de acordo com a resolução 430/2011 do CONAMA, um efluente para ser descartado deve possuir um pH entre 5 e 9, com isso, todas as amostras estão dentro dos padrões determinados pela legislação.

Tendo em vista que, parte do processo de tingimento das fibras têxteis utiliza-se sais de sódio, preferencialmente no cloreto de sódio para melhor fixação do corante e proporcionar maior resistência ao tecido, a presença de íons Cl⁻ é uma característica marcante dos efluentes têxteis (PIZATO *et al*, 2016). Para Sen e Demirer (2003), um típico rejeito de uma indústria desse ramo, apresenta valores de cloretos próximos de 550 mg/L. Nos resultados apresentado na tabela acima, verifica-se que em S2, S3, S4, S5 os valores estão superiores ao do

encontrado na literatura. Outro fato que merece destaque, é que os índices de cloretos permanecem praticamente constantes antes e após o tratamento, evidenciando que o método aplicado não remove quantidades significativas dos íons cloretos.

A legislação brasileira não determina a concentração de cloretos ideal para o descarte de efluente, entretanto elevados valores desses íons provoca o consumo de oxigênio, ocasionando o aumento da DQO do poluente (PIZATO *et al*, 2016).

Com relação a dureza, tem-se que sua concentração se encontra com valores próximos nos pontos S1, S2 e S3, constatando assim que as etapas do tingimento não causam alterações significativas na água usada nesse processo. Contudo, no ponto S4, a concentração quase que duplica. Essa discrepância pode ser a atribuída ao fato que, a indústria faz uso da cal virgem (CaO) no tratamento do efluente, com isso, os íons de cálcio (Ca^{+2}) contribuem para a formação do carbonato de cálcio (CaCO_3), substância responsável pela elevação da dureza em sistemas hídricos.

Em S5, constata-se que a dureza total possui valores próximos aos das amostras antes do tratamento e com a água antes do tingimento. Uma boa explicação para isso é que, o valor de S5 é referente a amostra coletada no açude que recebe o efluente tratado. Neste caso o fenômeno da evaporação decompõe os íons de bicarbonatos (HCO_3^-), e com consequência leva a redução da dureza total (BAIRD; CANN, 2011).

Na Tabela 2 estão dispostos os dados de turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos (STD) para amostras coletadas na indústria têxtil objeto de estudo.

Tabela 2: Resultados das análises de turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos (STD).

Parâmetro	Amostra	Média	Desvio padrão	CONAMA 430/2011
Turbidez (NTU)	S1	0,04 ^e	±0,01	
	S2	340 ^b	±0,01	
	S3	120 ^c	±0,01	
	S4	34,8 ^d	±0,01	
	S5	409,5 ^a	±1,20	
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	S1	402 ^e	±0,01	
	S2	2030 ^d	±0,01	
	S3	3310 ^c	±0,01	
	S4	3390 ^b	±0,01	
	S5	3620 ^a	±0,01	

	S1	463,5 ^d	±0,41
	S2	2000 ^c	±0,01
STD (mg/L)	S3	3220 ^b	±0,01
	S4	3292 ^b	±0,01
	S5	3496 ^a	±0,01

Fonte: Próprio autor (2019).

Com relação aos parâmetros de turbidez, condutividade e os sólidos totais dissolvidos observam-se que houve variação estatística ao nível de 5%, com exceção apenas para as amostras S3 e S4 para os sólidos totais dissolvidos.

Comparando os valores de turbidez expostos na Tabela 2, a amostra S2 (340 NTU) originado da coleta realizada assim que o efluente sai do setor de tingimento com a S4 (34,8 NTU) provinda do pós-tratamento, observa-se uma redução significativa de aproximadamente 90%. Isto mostra que o tratamento aplicado usando poli cloreto de alumínio ($Aln(OH)_mCl_{3n-m}$), se mostra muito eficiente com relação a esse parâmetro e encontra-se também de acordo com os trabalhos de Brito (2016) que mostram resultados entre 70 e 90% para a remoção da turbidez usando esse agente coagulante.

A água antes de se tornar um rejeito da indústria (amostra S1), possui valores de condutividade abaixo dos obtidos em S2 e S3, que corresponde ao efluente bruto. Uma das justificativas para isso, deve-se ao uso de sais inorgânicos como o cloreto de sódio (NaCl) em etapas de beneficiamento da fibra têxtil, tornado a mistura condutora (NIEWEGLOWSKI, 2006). Para S4 e S5, verifica-se que os valores da condutividade permanecem próximos aos valores antes do tratamento, dessa forma, o tipo de tratamento dessa adotado não contribui para a redução deste parâmetro.

A legislação brasileira não determina o valor padrão para a condutividade, contudo, os valores apresentados na Tabela 2 para as mostras S2, S3, S4 e S5 estão muito acima dos encontrados por Santin (2018), onde o efluente têxtil analisado em sua pesquisa possui condutividade de 1347 $\mu S/cm$. Já os resultados de Almeida (2016) apresentam valores de 2310 $\mu S/cm$, bem próximos dos encontrados no efluente aqui em estudo.

Os elevados valores dos sólidos totais dissolvidos em S2, S3, S4, S5 em relação a S1, é justificado pelo fato que, nas etapas de tingimento do tecido, a fibra, libera partículas sólidas que ao final do processo, irá compor o material particulado presente no efluente. A presença desses sólidos pode ser atribuída a presença de sais dissolvidos como sulfatos, carbonatos e sais de sódio (NIEWEGLOWSKI, 2006).

A resolução 430/2011 do CONAMA não regula um valor para os sólidos dissolvidos totais (SDT) presentes em efluentes. Entretanto, observa-se que os valores obtidos neste estudo são superiores aos encontrados por Pizato *et al* (2016), onde ao analisar um efluente têxtil encontrou concentrações de 862 mg.L⁻¹ para os SDT.

De acordo com Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA, 1998), existe uma relação entre a quantidade de sólidos totais dissolvidos e a condutividade, em que uma amostra com condutividade de 1.000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ possui um valor de sólidos totais dissolvidos de 1.000 mg.L⁻¹. Logo, percebe-se a referida correlação ao comparar os valores destes dois parâmetros evidenciados neste estudo.

Os despejos industriais têxteis possuem em sua composição, materiais sólidos que são eliminados pelas fibras ou oriundos dos processos de beneficiamento do tecido. Na Tabela 3 estão dispostos os resultados obtidos para as análises de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais dissolvidos.

Tabela 3: Resultados das análises de sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV).

Parâmetro	Amostra	Média	Desvio padrão	CONAMA 430/2011
ST mg/L	S1	244,4 ^d	±36,0	-
	S2	3800 ^c	±586,4	-
	S3	5055,5 ^a	±252,0	-
	S4	4577,8 ^{ab}	±211,3	-
	S5	4411,1 ^b	±299,4	-
STF (mg/L)	S1	88,9 ^c	±59,3	-
	S2	1522,2 ^b	±320,0	-
	S3	3577,8 ^a	±241,9	-
	S4	3633,3 ^a	±163,3	-
	S5	3833,4 ^a	±389,4	-
STV (mg/L)	S1	155,5 ^d	±89,2	-
	S2	2277,8 ^a	±409,8	-
	S3	1477,8 ^b	±153,4	-
	S4	944,4 ^{bc}	±200,5	-
	S5	577,8 ^{cd}	±95,3	-

Fonte: Próprio autor (2019).

Analisando a Tabela 3 verificou-se que as amostras a maioria das amostras não variam estatisticamente entre si em relação aos parâmetros de sólidos totais, sólidos totais fixos e voláteis.

Com os dados da Tabela 3, fica evidente que o efluente em estudo, representado pelas amostras S2, S3, S4 e S5 possui elevados teores de sólidos totais, fixos e voláteis quando comparando com a amostra S1 referente à água natural. Observa-se também que as concentrações dos sólidos sofrem variações acentuadas entre as amostras, que segundo Rodrigues (2014) essas variações são decorrentes dos diferentes processos empregados no beneficiamento da fibra têxtil e dos métodos aplicados no tratamento do poluente analisado.

A demanda química de oxigênio (DQO) é um dos parâmetros que se alteram quando comparamos a água natural usada no setor de tingimento com a que é despejada após todo o processo, a DQO é um importante indicador quanto ao grau de poluição de um efluente. Abaixo, na Tabela 4 estão expostos os valores obtidos as análises deste indicador.

Tabela 4: Resultados das análises da demanda química de oxigênio (DQO).

Parâmetro	Amostra	Média	Desvio padrão	CONAMA 430/2011
	S1	1,93 ^e	±0,82	-
	S2	7722,01 ^a	±10,92	-
DQO mg/L	S3	7335,91 ^b	±5,46	-
	S4	4633,20 ^c	±10,92	-
	S5	2316,60 ^d	±10,92	-

Fonte: Próprio autor (2019).

De acordo com o teste de Tukey, os valores de DQO diferem estaticamente em todas as amostras, evidenciando a variabilidade do efluente quanto a este parâmetro. A diferença dos valores de DQO entre as amostras S1 (água antes dos processos de tingimento e lavagem) e S2 (efluente coletado pós tingimento e lavagem) indica que as etapas de beneficiamento da fibra têxtil na qual utilizam produtos químicos, causam discrepante aumento neste importante parâmetro indicador de qualidade de corpos d'água. De acordo com Rossi *et al* (2017) os elevados valores da DQO são decorrentes da presença de compostos orgânicos que são uma característica marcante dos efluentes industriais devido ao uso de corantes. Outro fator a ser destacado é uso de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) usado nos processos de alvejamento para o branqueamento de alguns tipos de tecidos. Como um único tanque recebe todos os rejeitos líquidos da indústria, o H₂O₂ pode promover processos oxidativos dos compostos orgânicos

que também são usados no beneficiamento da fibra têxtil, contribuindo assim para o alto valor da DQO.

A demanda química de oxigênio (DQO) é muito útil para indicar a biodegradabilidade de um efluente ou despejo industrial. Em concordância com Pizato *et al* (2016) os elevados valores apresentados em S2 e S3 estão relacionados com a presença de produtos tais como, detergentes, sabões e entre outros produtos orgânicos biodegradáveis que são utilizados durante a lavagem dos tecidos. Os altos valores encontrados de DQO podem ser um indicador da presença de substância que consomem oxigênio a exemplo de Fe^{+2} , Mg^{+2} e NH_4^+ (Pizato *et al*, 2016).

Apesar da resolução 430/2011 do CONAMA não estipular um valor de DQO para o descarte de efluente industrial, os resultados obtidos nas amostras analisadas apontam um elevado grau poluidor dos despejos líquidos produzidos pela empresa em estudo estando esses superiores aos descritos por Trombini e Doi (2012) que encontraram valores que variam entre 270,00 e 1.219,94 mg/L de DQO para o efluente bruto, bem como, Pizato *et al* (2016) que obteve resultados na faixa de 659,00 mg/L.

A análise S4 (amostra coletada depois do tratamento) apresenta uma redução em cerca de 40% quando comparada com a S2 (amostra coletada após o tingimento), indicando que o tratamento aplicado não se apresenta como eficaz para a redução da DQO.

Outro parâmetro significativo dos rejeitos líquidos industriais é a presença de metais, isso é decorrente do tipo de corante usado para o tingimento do tecido e de diversas outras substâncias químicas usadas nos processos de beneficiamento da fibra têxtil. A Tabela 5 dispõe dos resultados de alguns metais encontrados nas amostras do efluente analisado.

Tabela 5: Resultados das análises dos metais presentes no efluente.

Metais	Amostra	Valores encontrados (mg/L)	CONAMA 430/2011
Ferro	S1	0,113 ^e	15,0 mg/L
	S2	1,075 ^b	
	S3	0,883 ^c	
	S4	0,578 ^d	
	S5	1,620 ^a	
Sódio	S1	119,0 ^e	-
	S2	1040,0 ^d	-
	S3	1680,0 ^b	-

	S4	1630,0 ^c	-
	S5	1690,0 ^a	-
	S1	5,8 ^e	-
	S2	320,0 ^b	-
Potássio	S3	208,0 ^c	-
	S4	192,0 ^d	-
	S5	430,0 ^e	-

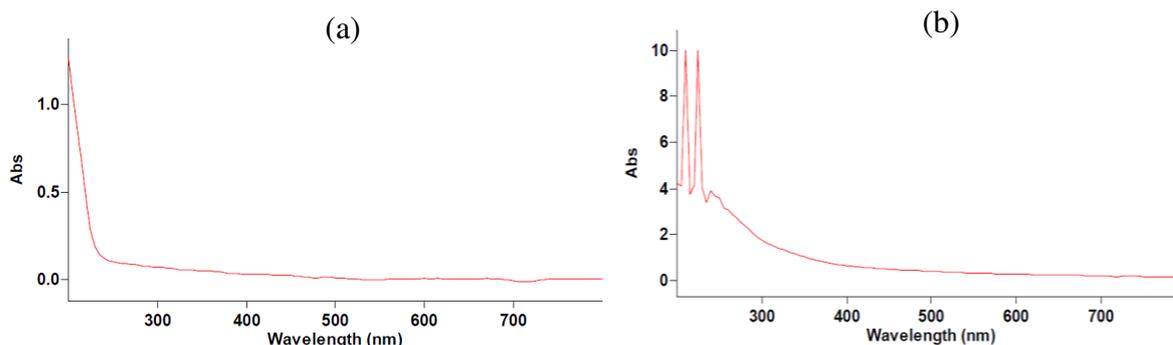
Fonte: Próprio autor (2019).

As concentrações de ferro (Fe) em todas as amostras analisadas encontram-se dentro dos padrões determinados pela resolução 430/2011 do CONAMA (valor máximo de 15,0 mg/L para ferro). Para as concentrações de sódio (Na) e potássio (K), tal resolução não define um valor para a presença desses metais em efluentes industriais. Com relação ao teste de Tukey aplicado, as análises quanto as concentrações de ferro, sódio e potássio observa-se diferença estatística entre as amostras S1, S2, S3, S4 e S5.

Os altos valores encontrados para o sódio em S2, S3, S4 e S5 referente às amostras do efluente bruto e tratado, são atribuídos a grande quantidade de cloreto de sódio (NaCl) que é usado nos processos de acabamento do tecido. A adição dessa substância está condicionada a uma melhor fixação dos corantes e a promoção de uma maior resistência a fibra têxtil. A justificativa para a presença de potássio (K) pode ser atribuída à utilização de sabões e detergentes que são usados no processo de lavagem do tecido.

Uma das características mais marcantes de um efluente têxtil é a sua cor, pois em quase sua totalidade estão presentes os resíduos de corantes que não aderiram à fibra têxtil no processo de tingimento e acabam sendo descartados junto com esses despejos líquidos. A seguir, a Figura 4 faz um comparativo da absorção do UV-Vis entre as amostras antes e depois do tingimento.

Figura 4: Espectro de absorção UV-Vis. (a) espectro de absorção da água natural antes do tingimento (amostra S1). (b) espectro de absorção do efluente bruto (amostra S2).



Fonte: Próprio autor (2019).

Fonte: Próprio autor (2019).

Na Figura 4b (espectro UV-Vis do efluente bruto) percebe-se um aumento da absorbância na região do visível (420-700 nm) em relação à Figura 4a (espectro UV-Vis da água antes do tingimento) caracterizando dessa forma cor ao efluente. Não é possível distinguir um pico máximo para essa região do espectro, em virtude do efluente industrial não se tratar de uma mistura com composição química definida (Battisti *et al*, 2016).

Na Figura 4b observa-se ainda, que na região do ultravioleta (200 a > 420 nm) o efluente bruto apresenta picos de absorbância que chegam a valores iguais a 10. De acordo com Battisti *et al* (2016) a absorbância nessa região, evidência a presença de compostos aromáticos na composição do efluente.

A quantificação dos parâmetros físico-químicos de um efluente pode variar consideravelmente de uma indústria têxtil para outra. Essas divergências ocorrem devido à especificidade dos processos de produção de cada tipo de produto dessa área. Entretanto, todo efluente têxtil apresenta em comum uma complexidade em sua composição, onde o principal responsável por esse fator são os corantes, que segundo Moraes (2010) apresentam em sua estrutura molecular um grupo cromóforo. Esses tipos de compostos possuem agrupamentos químicos determinados tais como: grupos azo (-N=N-), carbonila (C=O), metino (-CH=) e nitro (NO₂), são essas espécies resultam em picos de absorbância na região do ultravioleta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização de um efluente industrial se faz necessária, tendo em vista que esses despejos industriais, dependendo da sua carga poluidora, podem causar danos imensuráveis ao meio ambiente, podendo afetar a ambientes aquáticos e terrestres.

Apesar da maioria dos parâmetros aqui analisados não possuírem valores determinados pela legislação brasileira para controle das condições e padrões de lançamentos dos efluentes industriais, alguns parâmetros físico-químicos, a exemplo da DQO, condutividade, sólidos totais, sólidos totais fixos e voláteis, apresentaram valores superiores aos encontrados na literatura. Dado isso, o efluente analisado possui alta carga poluidora, na qual se faz necessário a aplicação de métodos de tratamento que possibilitem a redução ou eliminação do poder poluente desses despejos liberados pela indústria envolvida na pesquisa.

Constatou-se que, o tratamento usando o método de floculação/decantação adotado pela indústria, apresenta boa eficiência na redução da turbidez e correção do pH, porém é preciso inserir etapas ou métodos de tratamento que possibilitem a redução nas concentrações

de cloretos, dureza, condutividade e DQO, pois também são responsáveis pelo elevado teor poluidor dos efluentes industriais.

Ficou também evidente a heterogeneidade do efluente, tendo em vista que a diversidade dos produtos e substâncias químicas usadas durante os processos de alvejamento, tingimento e lavagem contribuem para essa diversidade do despejo industrial. Outro fator que colabora para isso são os vários tipos de tecidos e de produtos têxteis produzidos pela fábrica, visto que, para cada produto usa-se um método específico no setor de lavanderia.

A falta de um técnico ou pessoa qualificada na área para acompanhar diariamente o processo de tratamento do efluente, pode ter forte influência nas variações dos resultados de alguns parâmetros aqui analisados.

As indústrias que produzem os despejos, têm a responsabilidade de realizar o tratamento desses poluentes, considerando as determinações da legislação brasileira, bem como, promover as práticas da sustentabilidade e com isso, impactar positivamente os setores sociais e econômicos da região.

Com essa pesquisa, através dos resultados e discussões aqui apresentados, espera-se contribuir para que o desenvolvimento industrial da região do Vale do Piancó se dê de uma forma mais consciente, adotando-se práticas sustentáveis, para que as futuras gerações não sejam impactadas negativamente.

6 SUGESTÕES

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se:

- Fazer análises rotineiras para ter controle do grau poluidor dos despejos líquido.
- Tratar o lodo gerado no processo de tratamento do efluente.
- Adotar um tipo de tratamento que não gere resíduos poluentes ou que sejam tratáveis.
- Buscar métodos que possibilitem a reutilização do efluente tratado e com isso, reduzir o consumo de água na indústria.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Giovanna Beatriz Eler de. **Influência da velocidade de rotação no tratamento de efluente têxtil por eletrocoagulação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.
- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21st ed. Washington, 2005.
- ARAÚJO, Maria Geovânia da Silva. **Desenvolvimento local: os impactos socioeconômicos e urbanos provocados pelo crescimento da indústria têxtil no município de Itaporanga-PB**. 2012. 138 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, 2012.
- AREND, Marcelo. A industrialização do Brasil ante a nova divisão internacional do trabalho. 2015. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4620/1/td_2105.pdf. Acesso em: 30 de setembro de 2019.
- BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. 844p. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BARBOSA, Guilherme de Andrade Carvalho Dantas. Determinação da remoção de cor e parâmetros físico-químicos em efluente têxtil via adsorção. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. 2018.
- BATTISTI, André Costa *et al.* Estudo da remoção de cor de um efluente têxtil real por reação de fenton. Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrado (PIC-QUIMI) - Instituto Federal Catarinense, IFC. Disponível em: <http://quimica.araquari.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/20/2018/12/TRABALHO-FINAL-ESTUDO-DAREMO%C3%87%C3%83O-DE-COR-DE-UM-EFLUENTE-T%C3%8AXTIL-REAL-PORREA%C3%87%C3%83O-DE-FENTON.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.
- BADO, Cristiane. PERCIO, Janaina Eliza; LINDINO, Cleber Antônio. A demanda química de oxigênio: questionamentos. **Revista Analytica**, v. 62, p. 44, 2012.
- BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2000.
- BERGER, Jussara Silva. **Quantificação de proteína microbiana em biodigestor utilizado no tratamento de efluente de amidonaria**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná – UFPR. 2013.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Manual prático de análise de água. **2ª Edição, Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde**, 2006. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 06 de setembro de 2019.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Manual prático de análise de água. **2ª Edição, Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde**, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. IBGE. **Indicadores Sociais Municipais 2010: incidência de pobreza é maior nos municípios de porte médio**. 2011b. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2019&id_pagina=1&titulo=Indicadores-Sociais-Municipais-2010:-incidencia-de-pobreza-e-maior-nos-municipios-de-porte-medio>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2011.

BRITO, André Câmara de. **Flotação por ar dissolvido como pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização**. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; DA SILVA, Roberto. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CHAVES, Gabriela; VERONA, Laís Bruna; NOGUEIRA, Maria Rita Chaves; BUSS, Marta Veronica. **TRATAMENTOS DE ÁGUAS POR OZONIZAÇÃO: REVISÃO. Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira**, v. 1, p. e12560-e12560, 2016.

DA SILVA, Lilian Danielli et al. Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil. **Revista Geama**, v. 5, n. 1, p. 36-40, 2019.

DE ALMEIDA, Érica Janaina Rodrigues; DILARRI, Guilherme; CORSO, Carlos Renato. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. 2014.

DE ARRUDA, Mateus Zart. **Análise de combustíveis de caldeiras**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

DE MEDEIROS, Amanda Ramalho Honório, et al. Obtenção e qualidade de geleia e doce em calda de facheiro (*Cereus squamosus*). **Revista AGROTEC**–v, 2016, 37.1: 23-26.

DUTRA, Ricardo Peixoto Suassuna. et al. Adição de resíduo de lodo da indústria têxtil na produção de blocos cerâmicos de vedação. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 10, n. 1, 2015.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados à águas corrente. Parte I: características gerais, nutrientes, elemento traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas. Florianópolis: FATMA/GTZ. 1998.

FLECK, Leandro; TAVARES, Maria Hermínia Ferreira; EYNG, Eduardo. Utilização da técnica de eletrofloculação para o tratamento de efluentes têxteis: uma revisão. **REVISTA EIXO**, v. 2, n. 2, p. 51-65, 2013

FREIRE, Estevão; LOPES, Guilherme Bretz. **Implicações da Política Nacional de Resíduos Sólidos para as práticas de gestão de resíduos no setor de confecções**. Disponível em <<http://www.cetiqt.senai.br/dcb/ead/redige/index.php/redige/article/viewArticle/190>> Acesso em: 20 de agosto de 2019.

GILI, Itamar. **Tratamento de efluentes por eletrólise: estudo de caso para efluentes têxteis**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2015.

HASSEMER, Maria Eliza Nagel; CORAL, Lucila Adriani. LAPOLLI, Flávio Rubens. Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis. **Química nova**, v. 35, n. 5, p. 900-9004, 2012.

IMMICH, Ana Paula Serafini. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de Azadirachta indica como adsorvente**. Dissertação (mestrado). Repositório Institucional da UFSC, 2006.

KARCI, Akin. Degradation of chlorophenols and alkylphenolethoxylates, two representative textile chemicals, in water by advanced oxidation processes: The state of the art on transformation products and toxicity. **Chemosphere**, v. 99, p. 1-18, 2014.

KAWÁS, Henrique Bettoni. **Monitoramento das emissões atmosféricas de caldeiras de projetos distintos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

KIM, Seong-Cheol. Application of response surface method as an experimental design to optimize coagulation–flocculation process for pre-treating paper wastewater. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 38, p. 93-102, 2016.

KUNZ, Airton, *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**. 2002.

LEAL, Tarcísio Wolff. **Tratamento de efluentes têxteis por processos adsorptivos visando o reúso da água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

LAFI, Walid Khalaf; AL-QODAH, Zakaria Combined advanced oxidation and biological treatment processes for the removal of pesticides from aqueous solutions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 137, n. 1, p. 489-497, 2006.

LUCENA, Luis Medeiros de. **Estudo do processo de adsorção com o carvão ativado proveniente do endocarpo de coco (Coccus nucifera L.) para remoção de cor, DQO e toxicidade de efluente têxtil**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco. 2018.

MAIDANA, Wellington; KREUTZ, Cristiane ; BERNARDI, Renato; "ANÁLISE DE CLARIFICAÇÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS UTILIZANDO GERADOR ELETRÔNICO DE OZÔNIO", p. 6940-6947 . In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de**

Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2015

MORAES, Cristina Martins de. **Estudo da difusão de corantes reativos em tecido de algodão.** 2010. 88 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266974>. Acesso em: 05 de novembro de 2019.

NIEWEGLOWSKI, Ana Márcia Altoé. **Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Toledo.** 218f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

PEIXOTO, Fabia Pinho; MARINHO, Gloria; RODRIGUES, Kelly. **Corantes têxteis: uma revisão.** Holos, v. 5, p. 98-106, 2013.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de Metodologia Científica.** Paraná: Editora Juruá, 2014.

PINTO, Nícia Mourão Costa; LEÃO, Mônica Maria Diniz. **Produção Mais Limpa Na Indústria Têxtil De Acabamento De Malhas: Uso Da Água.** n. 1, p. 1–10, 2002.

PIZATO, Everton et al. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2ª ed. Universidade Feevale – Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 02 de Setembro de 2019.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Gestão de resíduos na indústria têxtil e sua relação com a qualidade da água: estudo de caso. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 8(15), 114-135. 2016.

RODRIGUES, Paulo Henrique. **Comparação do processo de coagulação/floculação utilizando os coagulantes policloreto de alumínio e sulfato de alumínio no tratamento de um efluente têxtil.** 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

ROSSI, Ticiane Fiaschitello et al. Caracterização de Efluente Têxtil Tratado por Adsorção com Adsorvente Residual Gerado na Indústria de Alumínio. In: **6th International Workshop, Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brazil.** 2017.

SANTA CATARINA. Manual técnico para coleta de amostras de água. Santa Catarina: Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente – CME, 2008. 37 p. (Coleção Suporte Técnico-Jurídico). Disponível em: <https://documentos.mpsc.mp.br/portal/manager/resources/DB.aspx?path=618>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

SANTIN, Gabriela. **Avaliação do tratamento de efluentes têxtil em escala laboratorial utilizando diferentes combinações com a eletrofloculação.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Caxias do Sul. 2018.

SANTOS, Pedro Vieira Souza. Eletrofloculação no tratamento de efluentes industriais: suporte às práticas de gestão ambiental. **Anais do X SIMPROD**, 2018.

SANTOS, Simone. **Impacto ambiental causado pela indústria têxtil**. UFSC-Engenharia de Produção e Sistemas-PPGEP-Centro Tecnológico-Trindade-Florianópolis, SC, 1997.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Setor têxtil de Itaporanga produz 6 milhões de peças por mês**. 2012. Disponível em: <www.pb.agenciasebrae.com.br/.../setor-textil-de-itaporanga-produz-6>. Acesso em: 15 de agosto de 2019

SEGTOEWICK, Edilene Cléa Dos Santos; BRUNELLI, Luciana Trevisan; VENTURINI, Waldemar Gastoni Filho. Avaliação físico-química e sensorial de fermentado de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 147-154, 2013.

SEN, Soma. DEMIRER, Göksel Niyazi. Anaerobic treatment of real textile wastewater with a fluidized bed reactor. **Water Research**, v. 37, n. 8, p. 1868-1878. 2003.

SILVA, Bárbara Ritter da. Monitoramento de parâmetros físico-químicos do efluente de uma indústria de cosméticos e propostas de tratamento. **Portal periódicos UNOESC**. 2016. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/view/12560/6721>. Acesso em: 20 de Agosto de 2019.

SILVA, Francisco de Assis Santos e; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. **Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture**. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

SOUZA, Vanessa Cristina de. **Avaliação citogenotóxica de efluente têxtil tratado por processo biológico e físico-químico**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2017.

TONIOLLO, Michele; ZANCAN, Natália Piva; WÜST, Caroline. Indústria Têxtil: Sustentabilidade, impactos e minimização. In: **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Porto Alegre, RS**. 2015.

TROMBINI, Rosana Betazza; DOI, Suely Maiumi Obara. Remoção de cor e análises físico-química de efluentes de indústrias têxteis tratados com *Ganoderma* spp. **Revista Fapciência**, v. 9, n. 12, p. 101-122, 2012.

TWARDOKUS, R. G. **Reúso de água no processo de tingimento da indústria têxtil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VIEIRA, Sonia. **Análise de Variância: (Anova)**. 204 p. São Paulo: Atlas, 2006.

APÊNDICE

Apêndice A

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

DE UMA INDÚSTRIA TEXTIL NO VALE DO PIANCÓ - PB

Ckeck-list para verificação de dados da empresa e da estação de tratamento

Nº	Itens para verificação	Sim	Não	Observação
01	A empresa realiza tratamento do efluente?			
02	Realiza tratamento físico?			
03	Realiza tratamento químico?			
04	Realiza tratamento biológico?			
05	A empresa possui um plano de logística para controle dos resíduos sólidos e líquidos gerados?			
06	Possui controle com relação à quantidade de efluente gerado?			
07	Possui estação de tratamento para o efluente industrial?			
08	O(s) funcionário(s) que trabalham na estação de tratamento realizaram algum curso de capacitação?			
09	O(s) funcionário(s) que trabalham na estação de tratamento usam os EPIs necessários?			
10	Realiza análises para verificar a qualidade do efluente?			
11	Os produtos químicos utilizados no tratamento dos efluentes são todos rotulados identificados?			
12	A estação de tratamento possui um mapa de risco do local?			
13	Possui acompanhamento de um profissional qualificado?			
14	Faz o reuso do efluente tratado?			
15	Faz a destinação correta do efluente tratado e do lodo gerados durante o tratamento?			