

CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA, ASCES-UNITA

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DÉBORAH FERNANDA MAMEDES DA SILVA

**PRODUÇÃO DE ADSORVENTE A PARTIR DA CASCA DE BATATA
PARA A REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 DE
EFLUENTES INDUSTRIAIS SINTÉTICOS**

Caruaru

2017

DÉBORAH FERNANDA MAMEDES DA SILVA

**PRODUÇÃO DE ADSORVENTE A PARTIR DA CASCA DE BATATA
PARA A REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 DE
EFLUENTES INDUSTRIAIS SINTÉTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, sob orientação do Professor Dsc. Deivid Sousa de Figueiroa.

CARUARU/PE

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

DÉBORAH FERNANDA MAMEDES DA SILVA

PRODUÇÃO DE ADSORVENTE A PARTIR DA CASCA DE BATATA PARA A REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 DE EFLUENTES INDUSTRIAIS SINTÉTICOS

Aprovada em:

Conceito final:

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dsc. Deivid Sousa de Figueiroa

Primeiro avaliador: Dsc. Aline Cadígena Lima Patrício

Segundo avaliador: Profa. Dsc. Luiza Feitosa Cordeiro de Souza

Dedico este trabalho a minha mãe,
Dolores Cristina pela mãe dedicada
E amorosa, por ser minha maior
Inspiração.

AGRADECIMENTOS

Em Função desta pesquisa tive o prazer de conhecer muitas pessoas interessantes que além de me oferecer ajuda pude partilhar de saberes. Ofereço a estas pessoas minha eterna gratidão, afinal este trabalho também é produto das nossas trocas, onde também tive o prazer de compartilhar e ter uma interação maior com algumas que já conhecia.

Agradeço Primeiramente a Deus, a quem devo o dom da Vida e por ter me proporcionado chegar até aqui por ser minha fonte de força e perseverança.

De uma forma especial aos meus pais Dolores Cristina Mamedes da Silva e Gildo da Silva pelo amor, carinho e toda dedicação para me conduzir até aqui.

Meu namorado Solon Geórgenes Ferraz Oliveira, por todo seu amor, carinho e companheirismo, obrigada por estar ao meu lado sempre.

Minha família, a minha avó Luzia Maria Henrique, as minhas irmãs Lucy Brenda Mamedes e Júlia Gabriela Mamedes.

Agradeço ao meu orientador, Deivid Sousa de Figueiroa, com quem pude construir uma amizade e tenho que agradecer pela inestimável ajuda e dedicação neste trabalho, por todo conhecimento que me foi passado, pelos conselhos e toda paciência.

Agradeço de forma especial, a uma das minhas grandes amigas Fernanda Gabriella Liberato Santos que esteve comigo durante toda pesquisa, partilhando não só laboratório como também conhecimento e amizade te agradeço por toda ajuda e por trazer alegria a todos estes dias, por ser meu braço direito e não me deixar desistir.

Aos meus queridos professores que foram essenciais na minha formação, em especial a Mariana Ferreira Martins Cardoso (Obrigada por se mostrar presente, e disposta a ajudar, e por todo apoio dado para realização desta pesquisa), Ângela Maria Coelho de Andrade (Obrigada por toda preocupação, por se mostrar presente com ajuda e carinho).

Agradeço aos meus amigos da turma de engenharia ambiental 2017.2, por toda troca, seja ela de conhecimentos ou sentimentos, pela parceria e a convivência de quatro anos, em especial a Nathali Ribeiro Da Silva, que nunca saiu do meu lado e

que levarei comigo sempre e a Leticia de Melo que entrou na minha vida de uma forma especial e inesperada, que vou levar sempre.

Agradeço a Taiza Karla Alves Souza e a Maria Gabriella Alves Guimarães por todo apoio, carinho e participação, pela amizade e por pelo tempo que dedicaram para estar comigo e Fernanda Liberato.

Agradeço aos técnicos de laboratório da ASCES, e aos demais funcionários.

Agradeço a Luis Lucena Técnico do Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPE pela ajuda e partilha de conhecimento, pela disponibilização dos laboratórios e materiais da Universidade Federal de Pernambuco.

"A mente avança até o ponto onde pode chegar; mas depois passa para uma dimensão superior, sem saber como lá chegou. Todas as grandes descobertas realizaram esse salto."

Albert Einstein

RESUMO

O agreste pernambucano abriga várias indústrias de transformação química, onde 6% delas produzem altos volumes de efluentes líquidos no seu processo de produção. Estes são divididos em várias etapas, sendo a de lavanderia e tingimento responsável pela geração de uma grande quantidade de efluentes líquidos contendo corantes, metais, sais entre outros, essa pigmentação impede a penetração da luz impedindo a fotossíntese da flora aquática e ainda são considerados tóxicos e mutagênicos, para tratamento desses efluentes industriais líquidos existem vários processos e quando se trata de diminuir a concentração de corantes em efluentes líquidos, a adsorção se mostra bastante efetiva. Este trabalho avaliou a capacidade adsorptiva do carvão ativado produzido a partir da casca da batata, em um efluente sintético contendo o corante direct Black 22. Foi realizado com planejamento fatorial 2^2 com 1 ponto central, onde o banho finito foi operado com variação de dois fatores a agitação (0 rpm, 100 rpm, 200 rpm) e a concentração do corante Direct Black 22 (0,02 g/L, 0,05g/L e 0,08 g/L) mantendo 5 h como tempo de equilíbrio. A remoção do corante Direct Black 22 de efluentes sintéticos após o processo de adsorção por banho finito, manteve-se entre 55% e 98,75%, sendo o maior percentual de remoção do corante obtido fazendo uso de maior concentração, que foi 0,08 g/L e a agitação se mostrou mais eficiente quando tende a 200 rpm, sendo o melhor resultado obtido nas maiores condições de concentração e agitação.

Palavras-chave: Indústria têxtil, tratamento de efluentes, adsorção, carvão ativado.

ABSTRACT

The Pernambuco agreste is home to several chemical transformation industries, where 6% of them produce high volumes of liquid effluents in their production process. These are divided into several stages, being the laundry and dyeing responsible for the generation of a large amount of liquid effluents containing dyes, metals, salts and others, this pigmentation prevents the penetration of light preventing photosynthesis of aquatic flora and are still considered toxic And mutagens, there are several processes for the treatment of these liquid industrial effluents, and when it comes to reducing the concentration of dyes in liquid effluents, the adsorption is quite effective. This work evaluated the absorptive capacity of the activated carbon produced from the potato peel in a synthetic effluent containing the Direct Black 22 dye. It was carried out with 2² factorial design with 1 central point, where the finite bath was operated with two factors variation (0 rpm, 100 rpm, 200 rpm) and the concentration of Direct Black 22 dye (0.02 g / L, 0.05 g / L and 0.08 g / L) maintaining 5 h as the equilibrium time. The removal of the Direct Black 22 dye from synthetic effluents after the finite bath adsorption process was maintained between 55% and 98.75%, with the highest percentage of dye removal obtained using a higher concentration, which was 0, 08 g / L and the agitation was more efficient when it tended to 200 rpm, being the best result obtained in the highest conditions of concentration and agitation.

Keywords: Textile industry, effluent treatment, adsorption, activated carbon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do pólo de confecções do Agreste de Pernambuco, Brasil.....	17
Figura 2 - Processo produtivo de uma indústria têxtil.....	18
Figura 3 - Estrutura molecular do corante Direct Black 22, tetra-azo.	21
Figura 4 - Processo de adsorção.	24
Figura 5: Estrutura do carvão ativado.	27
Figura 6 - Descascamento, acabamento e lavagem	28
Figura 7 Fluxograma do processo de Produção do carvão ativado.....	30
Figura 8 - Casca de Batata Seca	30
Figura 9 - Casca batata calcinada.....	31
Figura 10 - Casca batata calcinada.....	32
Figura 11 - Lavagem do Carvão	33
Figura 12 - Efluente Líquido industrial sintético	33
Figura 13 - Sistema Banho Finito.....	34
Figura 14 - Varredura no espectro para determinação do maior comprimento de onda a ser usado nas leituras.....	37
Figura 15 Curva de Calibração do Corante.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Apresenta a classificação dos corantes mais comuns, baseada no cromóforo presente.	19
Tabela 2 – Algumas Classificações dos corantes quanto sua aplicação sobre a fibra.....	20
Tabela 3 - Principais diferenças entre adsorção física e adsorção química.....	25
Tabela 4 - Níveis dos fatores do planejamento 2^2 com um ponto central	35
Tabela 5 - Níveis do planejamento fatorial.....	35
Tabela 6 - Índice de remoção do Corante	38
Tabela 7 - Estimativa de efeitos dos fatores estudados para remoção de óleo.....	40

LISTA DE EQUAÇÕES

(Equação 1).....	36
------------------	----

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	2
LISTA DE EQUAÇÕES	3
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL.....	17
3.1.1 Corantes encontrados em efluentes industriais.....	18
3.1.2 Direct black 22	21
3.1.3 Impacto ambiental	21
3.1.4 Legislação ambiental	22
3.2 SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	23
3.3 ADSORÇÃO	24
3.3.1 Adsorção Física (Fisissorção)	25
3.3.2 Adsorção Química (Quimissorção).....	25
3.4 ADSORVENTES.....	26
3.4.1 Carvão ativado.....	26
3.5 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	27
3.5.1 Casca de batata.....	27
3.6 SISTEMA DE BANHO FINITO	28

4.	METODOLOGIA	28
4.1	TIPO DE ESTUDO	28
4.2	MATERIAIS	29
4.3	AMOSTRAS	29
4.4	PREPARAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO	29
4.5	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS CONTENDO CORANTE DIRECT BLACK 22, TETRA-AZO	33
4.6	SISTEMA DE BANHO FINITO	34
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE REMOÇÃO DO CORANTE	36
5.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA	39
5.2.1	Diagrama de Pareto	39
5.2.2	Gráfico de contorno	40
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Abrangendo várias indústrias de transformação química, o agreste de Pernambuco produz altos volumes de efluentes líquidos na produção têxtil. Caracterizado principalmente pela presença de poluentes orgânicos e corantes, o impacto ambiental causado pelo efluente têxtil se deve, principalmente, à presença de altas concentrações de corantes, resultantes da não fixação à fibra durante o processo de tingimento.

Cerca de 70% de corantes aplicados em processos têxteis são corantes azo, onde 80% desses corantes são utilizados nas lavanderias da região, apresentam um ou mais grupos de cromóforos do tipo -N=N- ligados a estruturas aromáticas substituídas. (VAN DER ZEE, 2002; FERRAZ JR. *et al.*, 2011).

A atividade industrial vem crescendo, fazendo com que grandes volumes de efluente sejam descartados no ambiente, com isso se faz necessário o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e eficientes que possam remediar os impactos ambientais que o progresso industrial vem trazendo, uma das técnicas usadas para tratamento desse tipo de efluente, é a adsorção.

Esta técnica vem ganhando bastante destaque ao longo dos anos mostrando-se eficiente no tratamento de efluentes contaminados, ela consiste na incorporação de um adsorbato, que pode ser encontrado no estado líquido ou gasoso, na superfície de um material que seria o adsorvente, geralmente apresentado no estado sólido. (ALMEIDA, 2015).

Segundo YU *et al.* (2000), vários processos vêm sendo desenvolvidos pelas engenharias com o intuito de diminuir a concentração de poluentes contidos em efluentes industriais líquidos, nesse sentido o processo de adsorção se mostra bastante promissor, visto que os adsorventes podem ser produzidos a partir de resíduos agroindustriais, sem valor agregado e serem transformados em materiais altamente seletivos.

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é vastamente utilizada em processos industriais, como exemplo, a indústria de bebidas e a panificação, devido a possibilidade da geração de produtos diversificados como pães e vinhos. Durante o seu processamento, aproximadamente 35 % de sua composição é transformada em resíduos sólidos e líquidos, neste sentido, se faz necessária a viabilização de estudos

que objetivem agregar valor a este grande volume de resíduo gerado durante o processo de beneficiamento da batata (ALFREDO, 2015).

O uso de tratamento convencional das lavanderias locais, que possuem uma alta produção de efluentes, um alto consumo de água em uma região que possui um déficit hídrico é um grande problema ambiental.

Diante do exposto, este trabalho teve por finalidade desenvolver um material de baixo custo, com características adsorventes, a partir do resíduo do beneficiamento da batata, que possa ser utilizado para a amenização ou até mesmo a remoção do corante Direct Black 22, tetra-azo de um efluente simulado de indústria de beneficiamento têxtil.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um adsorvente (carvão ativado) à partir de resíduos agroindustriais da batata capazes de remover corante Direct Black 22, tetra-azo em efluentes sintéticos de indústria de beneficiamento têxtil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

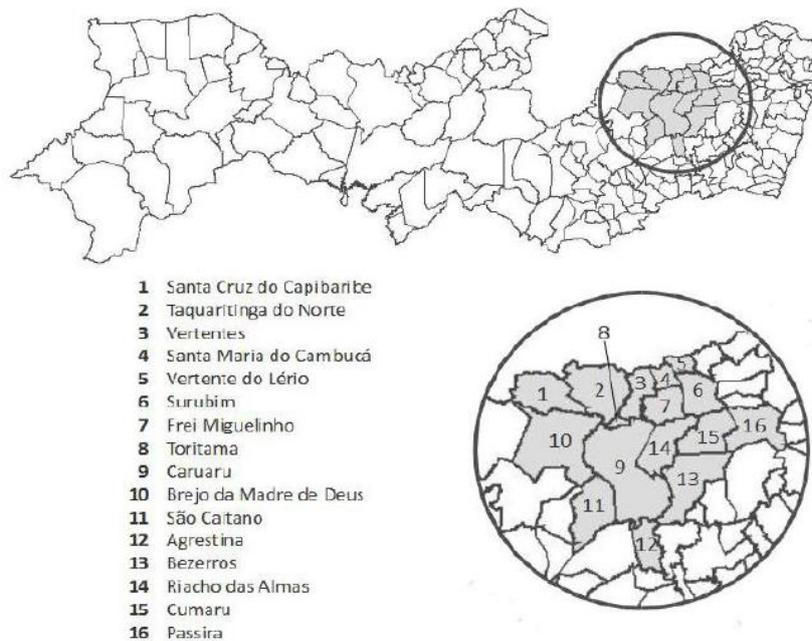
- Obter o carvão ativado a partir da casca da batata;
- Aplicar os adsorventes obtidos em sistema de banho finito para avaliar a remoção do corante Direct Black 22, tetra-azo.
- Analisar os resultados obtidos através do software Estatística.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

O agreste de Pernambuco contém um número considerável de indústrias têxteis (FIGURA 1), tendo como principal atividade os ramos da manufatura de confecções, onde as principais cidades do Polo de confecções do Agreste são: Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, com uma vasta comercialização que se estende pelo Brasil e outros países sul-americanos.

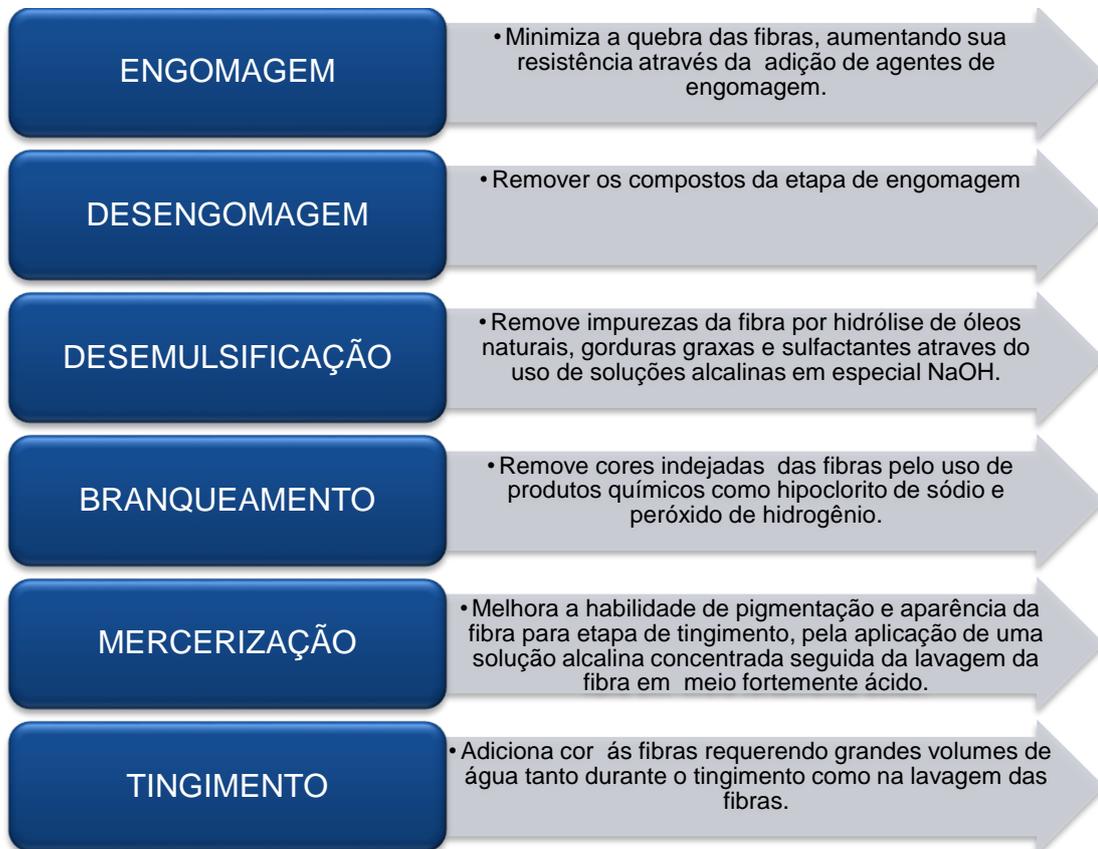
Figura 1 - Localização do pólo de confecções do Agreste de Pernambuco, Brasil



Fonte: TRINDADE *et al*, (2013).

O processo de confecção têxtil é dividido em várias etapas como mostra na (FIGURA 2), sendo a de lavanderia e tingimento responsável pela geração de uma grande quantidade de efluentes líquidos, contendo Corantes, metais, sais (em especial, sulfato de sódio, cloreto de sódio e hidróxido de sódio), sulfeto, surfactantes e formaldeído. Despejados nos corpos d'água os resíduos da indústria têxtil são de difícil degradação no ambiente em condições naturais, precisando assim de monitoramento e medidas mitigadoras. (CHAGAS, 2009; MARCELINO, 2013).

Figura 2 - Processo produtivo de uma indústria têxtil

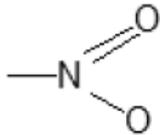
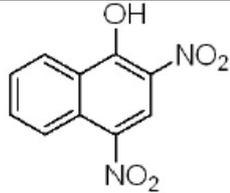
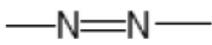
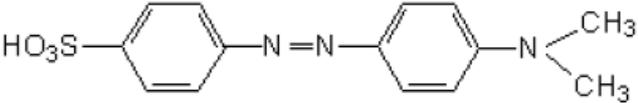
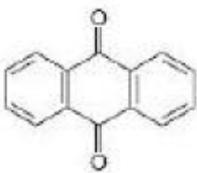
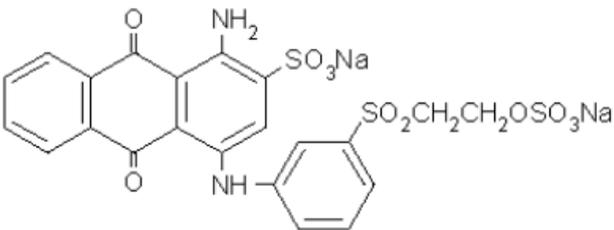


Fonte: Adaptado de SANTOS, 2011.

3.1.1 Corantes encontrados em efluentes industriais

Segundo GUARANTINI E ZANZONI 2000, existem dois grupos que classificam os corantes em função da sua estrutura química: cromóforo e auxocromo, os cromóforos sistemas conjugados de ligações duplas com elétrons deslocalizados, responsáveis pela cor como é exemplificado na (TABELA 1), e os auxocromos, grupos funcionais que modificam a capacidade de absorção de luz do cromóforo, alterando o comprimento de onda e a intensidade da absorção.

Tabela 1 - Apresenta a classificação dos corantes mais comuns, baseada no cromóforo presente.

Classe	Cromóforo	Estrutura Molecular
Nitro		
Azo		
Antraquinona		

Fonte: GUARANTINI E ZANZONI, 2000.

As diferentes forças de atração são responsáveis pela ligação química entre os corantes e as fibras, normalmente numa mesma combinação corante-fibra pode existir mais do que um tipo de ligação química. Geralmente o corante é fixo à fibra em solução aquosa e pode envolver vários tipos de interações: iônicas, de Van der Waals, por pontes de hidrogénio e covalentes (GUARANTINI E ZANZONI 2000).

Os corantes azos são o maior e mais importante grupo de corantes principalmente devido a sua síntese simples. Cerca de 10 a 15% é liberado ao meio ambiente durante sua fabricação e aplicação através, principalmente dos despejos de efluentes e podem ser classificados também quanto a sua aplicação a fibra como é mostrado na (TABELA 2).

Tabela 2 – Algumas Classificações dos corantes quanto sua aplicação sobre a fibra.

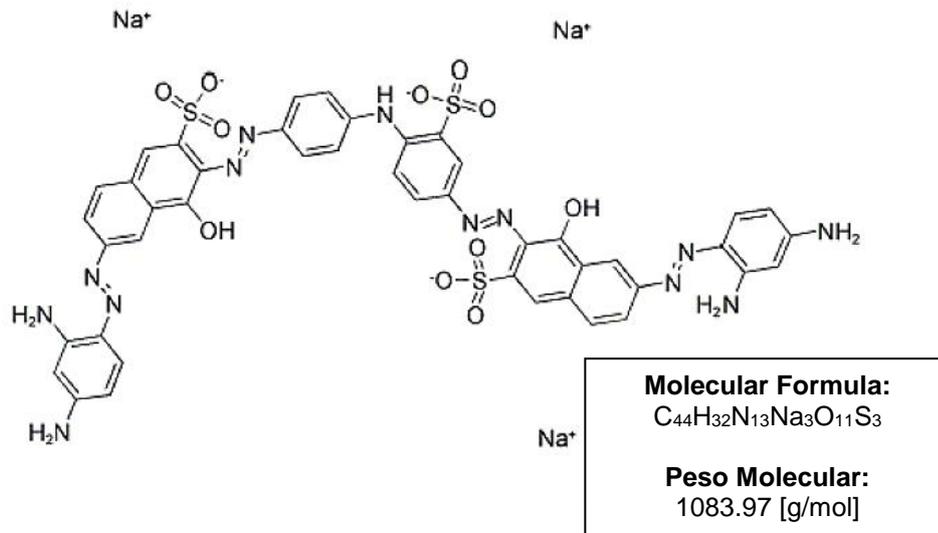
CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Corantes azóicos	Em geral, os corantes azóicos possuem o grupo –N N- (grupo azo). A reação do aço nitroso (HONO) com uma anilina Ar-NH ₂ origina o Ar-N=N+ (íon diozônio), que rapidamente reage com outras anilinas ou fenóis originando a formação de compostos azóicos.
Corantes à Cuba	Seus principais representantes são corantes indigoides e antraquinoides. São aplicados insolúveis em água e transformados em solúveis por redução com ditionito de sódio, em meio alcalino. Aplica-se geralmente em algodão. Gera hidrossulfito de sódio, que pode causar problemas ecológicos.
Corantes de Enxofre	Sua principal característica são as pontes de polissulfetos presentes nas macromoléculas, altamente insolúveis em água. São utilizados em fibras celulósicas. Podem gerar resíduos de alta toxicidade
Reativos	São corantes utilizados principalmente em fibras celulósicas; possuem um grupo eletrofílico (reativo) que são capazes de formar ligações covalentes com grupos hidroxila das fibras da celulose e também com grupos amino das poliamidas.
Diretos	Através de interações de Van der Waals são compostos solúveis em águas capazes de tingir fibras de celulose. Esta classe de corantes é constituída principalmente por corantes contendo mais de um grupo azo.
Corantes Dispersivos	Corantes insolúveis aplicados em fibras celulósicas e hidrofóbicas através de suspensão.
Corantes Ácidos	Substâncias com estrutura química baseada em compostos azos, antraquinona, triarilmetano, azinas, xanteno, ketonimina, nitro e nitroso, que fornece uma ampla faixa de coloração e grau de fixação

Fonte: DEL MONEGO, 2007; SOUZA, 2006 ; AMORIM, 2010.

3.1.2 Direct black 22

A Estrutura molecular do corante Direct Black 22 (FIGURA 3).

Figura 3 - Corante Direct Black 22, tetra-azo.



Fonte: Amorim, 2010.

3.1.3 Impacto ambiental

Sérios impactos são gerados no meio ambiente como consequência do crescimento populacional junto a processos industriais e a não planejada urbanização, muitos poluentes estão sendo difundidos constantemente pelas reservas ambientais, sendo os mais tóxicos os metais pesados, assim como também corantes, pesticidas, derivados fenólicos, fármacos, produtos de higiene pessoal, entre outros (KYZAS,2014).

O principal problema ambiental causado pelos corantes é a sua remoção dos efluentes, onde pode ter a concentração menor que 1 ppm mas sua cor será sempre visível, mesmo que em concentrações muito baixas, sendo mais fácil sua identificação (ZOLLINGER, 1991).

Essa pigmentação impede a penetração da luz impedindo a fotossíntese da flora aquática, e por serem estáveis à luz, são resistentes a digestão aeróbia e não são biologicamente degradáveis tendo extrema importância tratar os efluentes que contêm corantes antes de os descarregarem para o meio ambiente (ARDEJANI *et al.*, 2008; ARDEJANI *et al.*, 2007; CLAUSEN e TAKASHIMA, 2007).

Durante o processamento ou aplicação, calcula-se em que 15% da produção mundial de corantes sejam desperdiçadas para o meio ambiente, tendo como principal fonte de perda a fixação incompleta dos corantes (10 – 20%) às fibras, durante o processo de tingimento das fibras têxteis (ZOLLINGER, 1991; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Sendo uma grande ameaça para o ambiente o lançamento de muitos corantes azos, assim como também seus respectivos produtos de degradação são considerados tóxicos e mutagênicos (ŞAHIN, S; DEMIR, C; GÜÇER, S 2007; LOPES *et al.*, 2004).

3.1.4 Legislação ambiental

O órgão responsável pela execução da política estadual de meio ambiente e de recursos hídricos é a CPRH (Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos), com objetivo de exercer a função de órgão ambiental estadual, com atuação na proteção, conservação e pesquisa aplicada às atividades do controle ambiental, para o aproveitamento dos recursos naturais do Estado de Pernambuco.

Um efluente líquido industrial é caracterizado como um despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanações de processo industrial, água de refrigeração poluída, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico e preconiza algumas proibições para o lançamento no sistema coletor público de esgoto sanitário, que engloba alguns tipos de substâncias que, por si ou por interação com outros materiais possam vir a causar risco à vida ou prejudiquem a operação e manutenção dos sistemas de esgotos. (BRASIL/1987)

“O lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário” (BRASIL, 2011).

A resolução CONAMA 430/11 dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água receptores de efluentes. No artigo 24 do capítulo IV cita que “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”.

3.2 SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

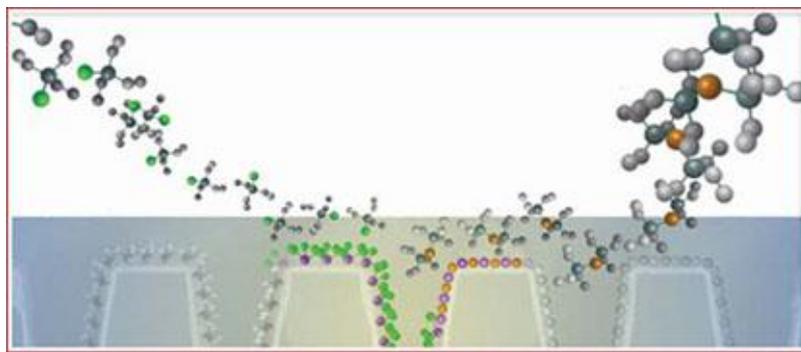
Para tratamento de efluentes industriais líquidos existem vários processos tais como precipitação química, processo de filtração, troca de íons, processos de coagulação, atividade de adsorção em carbono, são os mais utilizados para tratar esse tipo de resíduo, quando se trata de diminuir a concentração de corantes presentes em efluentes líquidos, a adsorção se mostra bastante efetiva, qualquer material sólido que possua estrutura porosa, pode ser utilizado como adsorvente, como é o caso do carvão vegetal, da argila, óxido de ferro, zeólitos sintéticos e naturais e pedaços de carbono ativado.

Porém o custo elevado desses materiais adsorventes os tornam inviáveis para uso industrial já que são utilizados em grande escala. Alguns materiais alternativos, que possuam custo inferior e eficiência na remoção desses contaminantes vem sendo pesquisados. Dentre todos os métodos citados anteriormente, a adsorção possui algumas vantagens: gera baixa quantidade de resíduos e pode haver a reutilização do adsorvente a tornando uma das técnicas mais viáveis tanto no custo quanto na sustentabilidade. (SPINELLI *et Al.*, 2005).

3.3 ADSORÇÃO

O processo de adsorção (FIGURA 4) é composto pela presença de um adsorvente, que realiza a adsorção de forma seletiva na superfície do adsorbato. Este processo pode ser realizado de duas formas, através da adsorção física ou da adsorção química (SANTOS, 2011).

Figura 4 - Processo de adsorção.



Fonte: Peneiras moleculares, 2016.

Os processos de adsorção possuem infinitas possibilidades de aplicação, tanto as mais simples como é o caso do funcionamento de purificadores de água e de ar domésticos, como também sistemas complexos como os catalisadores e suportes catalíticos industriais (GUELFY, 2007).

Por meio da tabela 3, pode-se observar as principais diferenças entre processos de adsorção física e química.

Tabela 3 - Principais diferenças entre adsorção física e adsorção química.

ADSORÇÃO FÍSICA	ADSORÇÃO QUÍMICA
Causada por forças de van der Waals.	Causada por forças eletrostáticas e ligações covalentes.
Não há transferência de elétrons.	Há transferência de elétrons.
Calor de adsorção é 2 – 6 kcal/mol.	Calor de adsorção é 10 – 200 kcal/mol.
Fenômeno geral para qualquer espécie.	Fenômeno específico e seletivo
A camada adsorvida pode ser removida por aplicação de vácuo à temperatura de adsorção.	A camada adsorvida só é removida por aplicação de vácuo e aquecimento a temperatura acima da de adsorção.
Formação de multicamadas abaixo da temperatura crítica.	Somente há formação de monocamadas.
Acontece somente abaixo da temperatura crítica.	Acontece também a altas temperaturas.
Lenta ou Rápida.	Instantânea.
Adsorvente quase não é afetado.	Adsorvente altamente modificado na superfície.

Fonte: TEIXEIRA, COUTINHO E GOMES, 2001.

3.3.1 Adsorção Física (Fisissorção)

É um processo que se dá de maneira exotérmica e podem ser formadas por camadas monomoleculares, onde na medida que o número de camadas aumenta a força de adsorção vai diminuindo. (FIGUEIREDO, 1987).

3.3.2 Adsorção Química (Quimissorção)

As interações adsorbato-adsorvente são mais fortes, envolvendo geralmente ligações covalentes, também se dá de maneira exotérmica, porém, os valores de entalpia são mais elevados que na fisissorção. A proximidade entre os átomos do fluido e o adsorvente é menor, se comparado a fisissorção, fazendo com que seja mais difícil a reversão desse processo. (ATKINS E PAULA, 2012).

3.4 ADSORVENTES

Adsorvente é uma substância geralmente sólida, que exibe uma área superficial onde se desenvolvem os fenômenos da adsorção. O adsorbato é o fluido em contato com o adsorvente. As espécies químicas contidas no adsorbato são retidas pelo adsorvente, que geralmente são sistemas sólidos com partículas porosas e composto por micropartículas. As características que influenciam no processo de adsorção são: área superficial, porosidade, grupos funcionais e conteúdo de matéria mineral (MOURA, 2001).

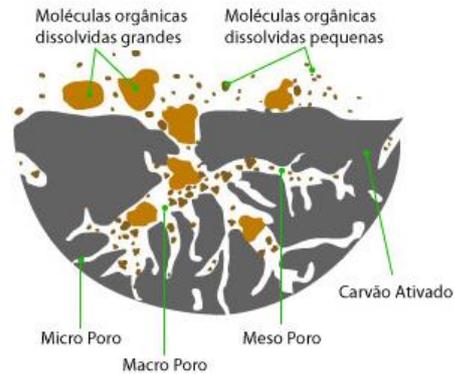
3.4.1 Carvão ativado

Os adsorventes podem ser obtidos através de diversos tipos materiais, sendo os materiais lignocelulósicos, amplamente utilizados pela sua disponibilidade no meio ambiente. Os adsorventes podem ser desenvolvidos a partir de madeira, endocarpo de coco, sementes, polímeros sintéticos, biomassas, resíduos agroindustriais e outros. (LETTERMAN, 1999, apud SOUZA, B.M. 2010).

O carvão ativado pode ser produzido por meio de tratamento térmico, através da aplicação de rampas de temperatura, nos materiais *in natura*, fazendo uso de fornos do tipo mufla, para que haja a desobstrução do sistema de poros presentes nos materiais utilizados (FRANCA, 2009; LÁZARO, 2008; NUNES, 2009).

Frequentemente o carvão ativado (FIGURA 5) vem sendo utilizado para controlar poluição ambiental, é usado como adsorvente para remover compostos orgânicos e espécies tóxicas de efluentes industriais, sua capacidade de remoção vai depender basicamente de sua porosidade e região de superfície. A adsorção de carvão ativado é uma das técnicas mais eficazes para a remoção de íons metálicos em águas residuais. Vários fatores vão influenciar no desempenho do adsorvente no processo, tais como, tipo de carvão ativado, carbono e características físico-químicas dos efluentes a serem tratados (DE LIMA, L.S., *et al*, 2011).

Figura 5: Estrutura do carvão ativado.



Fonte: MacrovenFoda, 2016.

3.5 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Nos últimos anos a minimização ou reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos diferentes processos industriais tem ganhado bastante atenção, resíduos da indústria de alimentícia envolvem quantidades apreciáveis de casca, caroço e outros que são fonte de matéria orgânica, servem como fonte de proteínas, enzimas e óleos essenciais, passíveis de recuperação e aproveitamento. no Brasil se constitui a prática de uma forma bem generalizada, tanto no caso dos efluentes líquidos, como também nos sólidos (POLO *et al.*, 1988).

3.5.1 Casca de batata

A batata é cultivada em aproximadamente 120 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo e de acordo com dados recentes do Centro Internacional da Batata, atualmente a batata é a terceira cultura alimentar mais importante no mundo, ficando atrás apenas do arroz e do trigo. Esse crescimento produtivo é ótimo quando se trata do setor econômico, porém, a medida que o consumo aumenta, também respectivamente a geração de resíduo orgânico. Torna-

se viável o estudo da utilização da casca da batata em processos de adsorção como material alternativo para o tratamento de efluentes (COOPERCITRUS, 2002).

Figura 6 - Descascamento, acabamento e lavagem



Fonte: SAI, 2017.

3.6 SISTEMA DE BANHO FINITO

Na técnica do banho finito, é adicionado a um determinado volume uma massa conhecida como adsorvente, a uma temperatura e sob agitação estabelecida durante um tempo determinado, o equilíbrio é estabelecido quando não ocorre mais transferência e a concentração final de soluto na solução e a massa de soluto adsorvida sobre a superfície do adsorvente por uma unidade de massa de adsorvente, supondo que o inerte não é adsorvido, as condições iniciais e finais de massa nos fornecerá o ponto de equilíbrio para um sistema a uma temperatura determinada pelas condições utilizadas. (CURBELO, 2002).

4. METODOLOGIA

4.1 TIPO DE ESTUDO

De acordo com os objetivos do projeto, este estudo caracteriza-se como explicativo experimental e quantitativo.

4.2 MATERIAIS

- Casca da Batata;
- Vidrarias: becker, bureta, balão volumétrico, erlenmeyer, kitassato, pipeta graduada, proveta graduada;
- Peneira, (200 *mesh*);
- Ácido Clorídrico (HCl);
- Agitador mecânico, (Marconi MA 147);
- Agitador mecânico (Fisaton, 713D);
- Balança analítica, (Marte – AI 200 C);
- Agitador/Aquecedor – IKA;
- Forno Mufla;
- Estufa (Fanem – 315 SE);
- Espectrofotômetro de UV – Visível, (Shimadzu , UV 1800);
- Água Destilada;
- Corante Direct Black 22;
- Papel Filtro.

4.3 AMOSTRAS

A matéria prima utilizada neste trabalho foi recolhida de uma Lanchonete móvel que descarta diariamente o resíduo proveniente de 60 a 80 kg de batata, estabelecimento situado na Cidade de Palmares – PE.

4.4 PREPARAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

A figura 7 apresenta todas as etapas do processo de preparação do adsorvente utilizado no presente trabalho.

Figura 7 Fluxograma do processo de Produção do carvão ativado



Fonte: Própria,2017.

Para as amostras serem submetidas ao processo de calcinação, retirou-se a umidade através de secagem em estufa à 60°C até a obtenção da massa constante. A figura 8 mostra a casca da batata após a secagem, e durante a Pesagem.

Figura 8 - Casca de Batata Seca



Fonte: Própria,2017.

Pesou-se aproximadamente $35,0 \pm 1,0$ g da matéria-prima (casca batata seca) em capsulas de porcelana.

Após a pesagem a casca da batata seca foi levada ao forno do tipo mufla, previamente aquecido a 700°C por 1 hora, para fazer a carbonização, onde as amostras permaneceram por 10 minutos como mostra na Figura 9.

A carbonização é basicamente a etapa onde irá ocorrer a preparação do material, são removidos componentes voláteis e gases leves (CO , H_2 , CO_2 , CH_4), produzindo uma massa de carbono fixo dando uma estrutura porosa primária que nos ajudará na fase da ativação, a disposição desses cristalitos é dada de forma irregular, deixando interstícios livres entre eles, que são preenchidos ou bloqueados com carbono desorganizado, por isso que é necessário a ativação do carbono, o que irá aumentar a sua capacidade de adsorção (WIGMANS, 1989; DI BERNARDO, 2005).

Figura 9 - Casca batata calcinada



Fonte: Própria,2017.

Pesou-se aproximadamente 7,0 g da matéria-prima (casca batata seca) calcinada em capsulas de porcelana e posteriormente foram adicionadas 20 mL de ácido clorídrico 0,1 M onde o ativante permaneceu em contato com a amostra durante 10 minutos, para aumentar a superfície de poros, aumentando assim seu poder adsortivo.

Figura 10 - Casca batata calcinada



Fonte: Própria,2017.

Na sequência foi lavado com água destilada, até que o pH atingisse a neutralidade como mostra na Figura 11, e logo após secos em estufa à 60°C até que atingisse massa constante, posteriormente as amostras foram moídas e peneiradas em malha de 200 mesh (adaptado de BERNARDES, 2009).

Figura 11 - Lavagem do Carvão

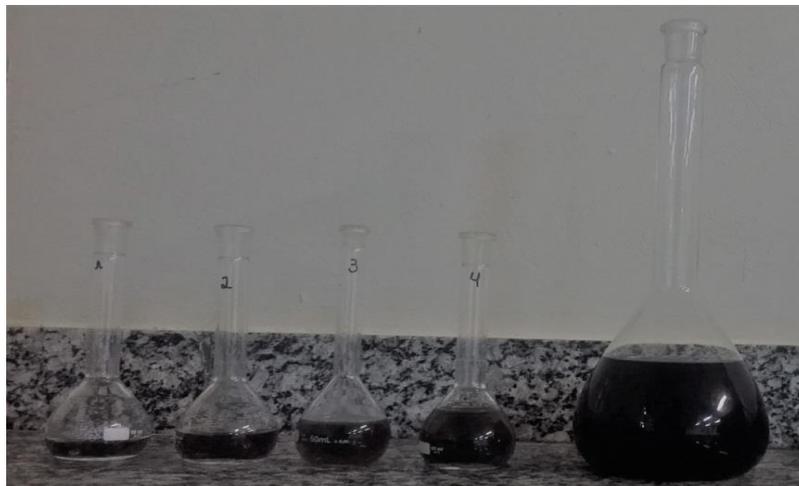


Fonte: Própria,2017.

4.5 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS CONTENDO CORANTE DIRECT BLACK 22, TETRA-AZO

As amostras do efluente sintético (FIGURA 12), foram preparadas de acordo com a matriz de planejamento.

Figura 12 - Efluente Líquido industrial sintético



Fonte: Própria,2017.

Para a preparação dos efluentes líquidos industriais sintéticos, realizou-se um planejamento experimental onde as concentrações das soluções sintéticas foram de 0,02, 0,05 e 0,08 g/L.

4.6 SISTEMA DE BANHO FINITO

Os ensaios de banho finito foram preparados de acordo com a matriz de planejamento experimental utilizada. Adicionou-se 0,5 g de carvão ativado a 50 mL dos efluentes industriais sintéticos com concentrações seguindo os níveis do planejamento fatorial adotado. Após adicionar, o conjunto (efluente sintético + carvão ativado) as amostras foram levadas para agitação, com rotações que também seguiram os níveis adotados no planejamento e permaneceram por durante 5 horas, de forma a garantir o equilíbrio do sistema, mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Sistema Banho Finito.



Fonte: Própria,2017.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os ensaios foram realizados de acordo com uma matriz de planejamento fatorial 2^2 com 1 ponto central. Os níveis maiores e menores adotados no planejamento podem ser visualizados na tabela 4.

Tabela 4 - Níveis dos fatores do planejamento 2^2 com um ponto central

Fator	-1	0	+1
[Concentração]	0,02	0,05	0,08
[Agitação]	0	100	200

Fonte: Própria,2017.

Na tabela 5 pode-se observar o número de experimentos realizados e sua relação com os níveis adotados no planejamento. A massa de adsorvente foi mantida fixa em todos os ensaios.

Tabela 5 – Matriz de Planejamento

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL		
CORANTE DIRECT BLACK 22	MASSA ADSORVENTE 0,5g	
CONCENTRAÇÃO (g/L)	AGITAÇÃO	ENSAIO
-1	-1	1
+1	-1	2
-1	+1	3
+1	+1	4
0	0	5

Fonte: Própria,2017.

Foram considerados no planejamento dois fatores (variáveis independentes): a concentração do corante, e a agitação. Com o valor inicial (efluente sintético) e final (efluente tratado) de cada parâmetro, calculou-se a

redução deste valor, em porcentagem (variável dependente), após a aplicação do processo de adsorção. A equação 1 foi utilizada para obtenção dos valores percentuais.

$$\% \text{ Rem} = \left(\frac{C_0 - C}{C_0} \right) \times 100$$

(Equação 1)

Onde:

%Rem: porcentagem de remoção

C_0 : concentração inicial (g/L)

C : concentração final (g/L)

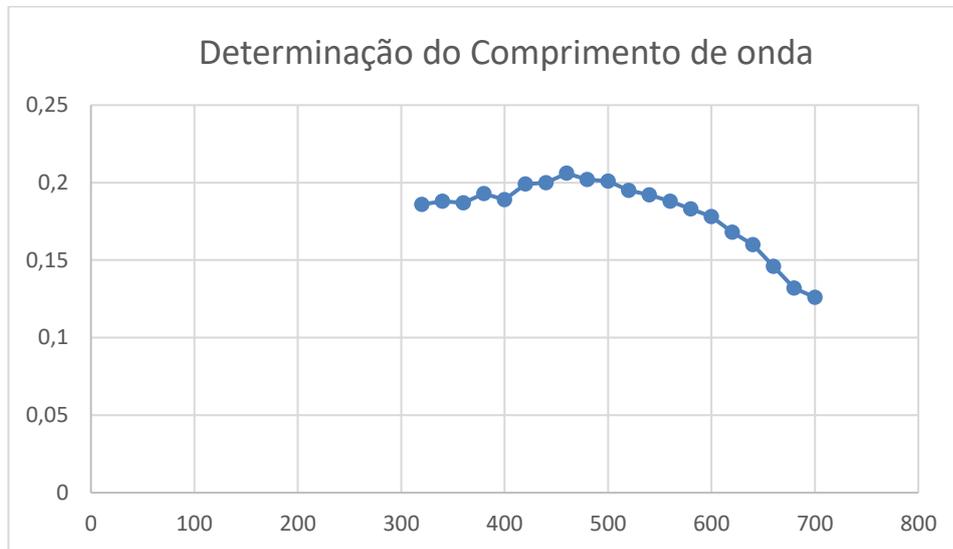
A análise estatística foi auxiliada pelo software Statistica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE REMOÇÃO DO CORANTE

Para determinação do comprimento de onda de maior absorção na amostra, foi realizada uma varredura de 320 à 700 nm, fazendo uso de um espectrofotômetro, onde foi adotado o comprimento de onda 460 nm, como pode ser visualizado na (FIGURA 14).

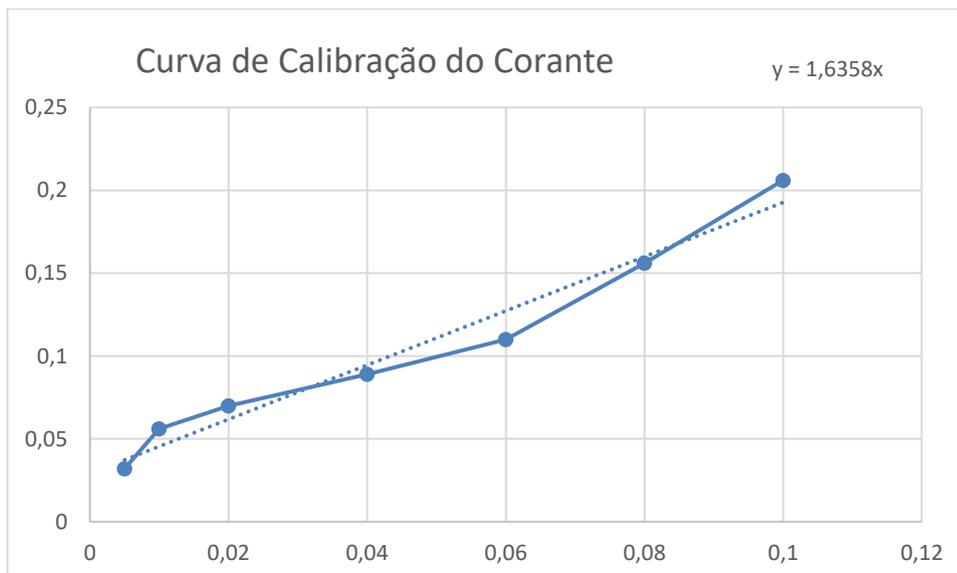
Figura 14 - Varredura no espectro para determinação do maior comprimento de onda a ser usado nas leituras.



Fonte: Própria,2017.

Para determinação da concentração de equilíbrio das amostras após o processo de banho finito, foi construída uma curva de calibração (FIGURA 15) com concentrações variando de 0,005 à 0,1 g/L.

Figura 15 Curva de Calibração do Corante



Fonte: Própria,2017.

A tabela 6 mostra a matriz de planejamento experimental juntamente com os valores obtidos da variável de resposta remoção de corante.

Tabela 6 - Índice de remoção do Corante

Ensaio	Concentração Inicial	Agitação	Concentração Final	Absorbância	Índice de remoção%
1	0,02	0	0,009	0,044	55
2	0,08	0	0,002	0,033	97,5
3	0,02	200	0,001	0,031	95
4	0,08	200	0,001	0,031	98,75
5	0,05	100	0,020	0,062	60

Fonte: Própria,2017.

Analisando a tabela 6, pode-se observar que o maior percentual de remoção do corante foi obtido fazendo uso de maior concentração, 0,08 g/L, e maior agitação, 200 rpm, obtendo um percentual de 98,75%. As menores remoções 55 e 60% encontraram-se quando se utilizou concentrações de 0,02 e 0,05 g/L e agitações de 0 e 100 rpm, respectivamente.

Kelm, 2016, usando o processo oxidativo fenton no mesmo corante (Direct Black 22) obteve percentual de remoção máximo de 92% variando as concentrações de Fe^{2+} e de H_2O_2 durante o processo.

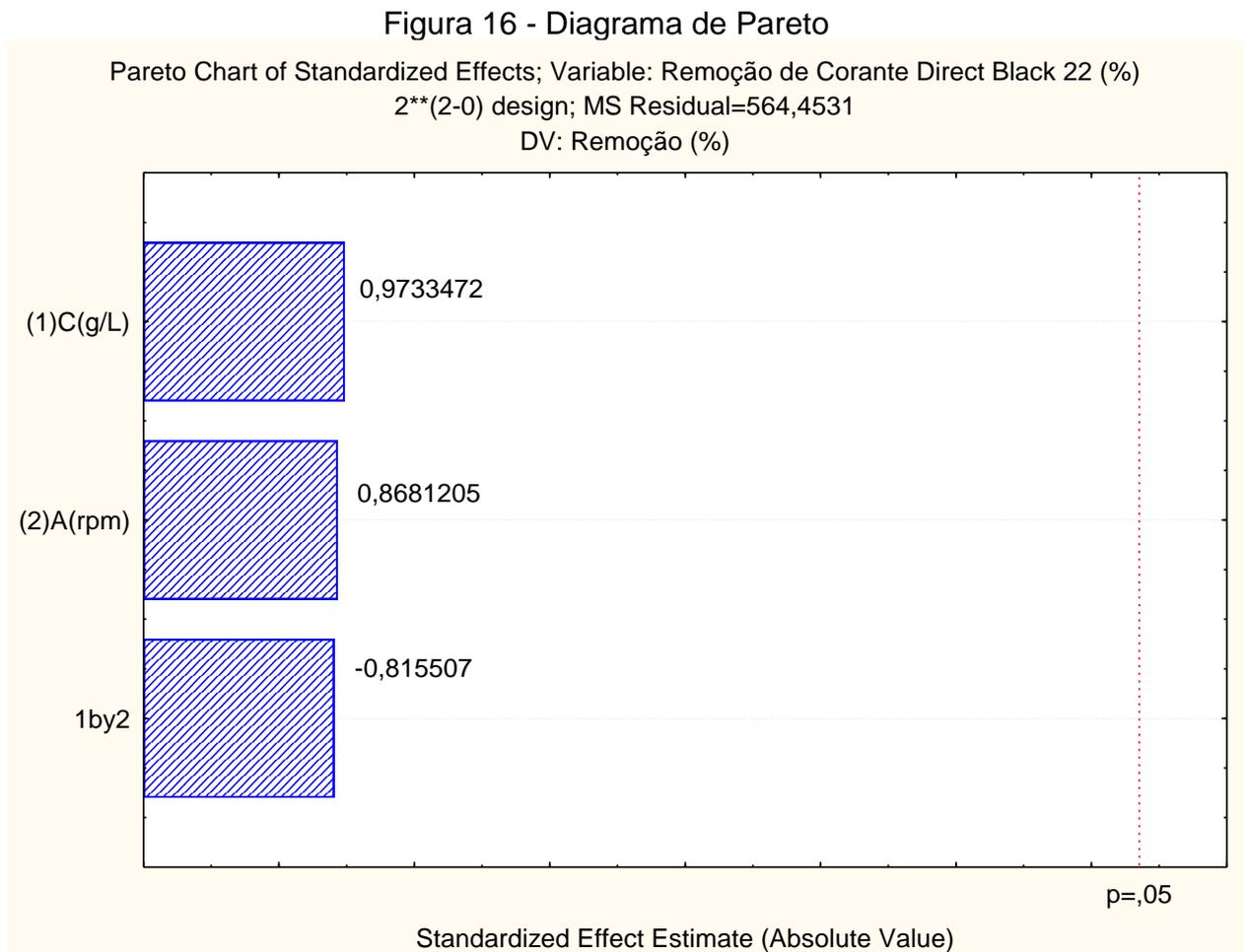
Já Oliveira *et al*, 2015, trabalhando com carvão ativado comercial e corante índigo nas concentrações de 5 e 10 mg/L obteve remoção de mais de 65% nas soluções do corante em ambas as concentrações estudadas, observando-se uma estabilização a partir de 30 min de adsorção.

Diettrich 2016, usando As cascas de bergamota da espécie "Ponkan" (*Citrus reticulata*) como precursor do carvão ativado e testando o azul de metileno como corante, à concentração de 70 ppm, observou remoção de aproximadamente 98%. O percentual permaneceu constante próximo aos 40 min, estabelecendo-se entre 98,6 e 98,7%, o que indica uma taxa de adsorção bastante elevada.

5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.2.1 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, possibilitando a preordenação dos problemas. É uma das ferramentas mais eficientes para identificar problemas, melhorar a visualização, confirmar os resultados, comparar o antes e depois do problema e identificar itens que são responsáveis pelos impactos eliminando as causas. A Figura 16 exibe o diagrama de Pareto gerado para os experimentos.



Fonte: Própria,2017.

Verificando o diagrama de Pareto, foi possível perceber que os fatores agitação e concentração não foram significativos sobre a variável de resposta remoção de corante, como também não foi significativa a interação entre os mesmos.

Através da tabela 7, pode-se visualizar os efeitos dos fatores estudados, como também a interação entre eles para a variável de resposta percentual de remoção de corante.

Tabela 7 - Estimativa de efeitos dos fatores estudados para remoção de óleo

Fatores	Efeito	p
Concentração (g/L)	23,12	0,50
Agitação (rpm)	20,62	0,54
Interação C*A	-19,37	0,56

Fonte: Própria,2017.

Nível de significância é o limite que se toma como base para afirmar que um certo desvio é decorrente do acaso ou não. São aceitos como estatisticamente significativos os níveis $P = 0,05$ e $P = 0,01$, ou seja, 5% e 1% respectivamente. A partir de um nível de significância convencionalizado (alfa) os desvios são devidos à lei do acaso e o resultado é considerado não significativo. Assim, se $\alpha = 5\%$. Na prática, considera-se satisfatório o limite de 5% de probabilidade de erro, não sendo significativas as diferenças que tiverem uma probabilidade acima desse limite. O nível de significância deve ser estabelecido antes do experimento ser realizado e corresponde ao risco que se corre de rejeitar uma hipótese verdadeira ou aceitar uma hipótese falsa. A significância de um resultado também é denominada de valor p (p-value) (ARSHAM, 1988).

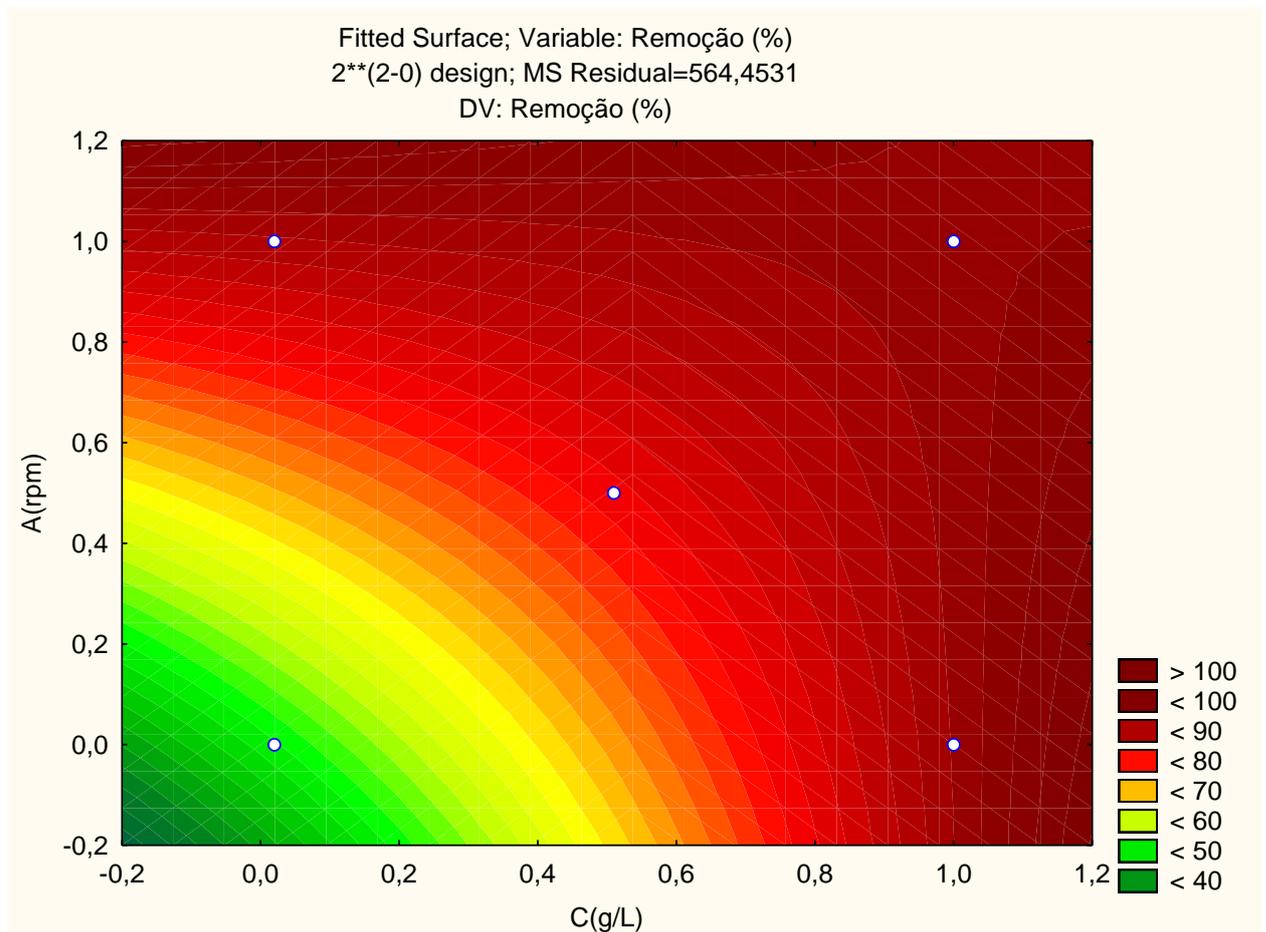
De acordo com a tabela 7, realizando o teste p, nenhum fator teve efeito estatístico sobre a variável de resposta, como também a interação entre eles.

5.2.2 Gráfico de contorno

Através do gráfico de contorno pode-se explorar a relação potencial entre três variáveis. Os gráficos de contorno exibem a relação tridimensional em duas dimensões, com fatores x e y (preditoras) representadas graficamente nas escalas x

e y e valores de resposta representados por contornos. A Figura 17 apresenta o gráfico para o processo.

Figura 17 - Gráfico de contorno



Fonte: Própria,2017.

Analisando a relação entre a concentração de corante e a agitação utilizada em cada experimento, pode-se observar que aumentando os valores dos fatores utilizados no processo, ou seja, aumentando a concentração e a agitação, pode-se perceber um melhor desempenho no percentual da remoção do corante Direct Black 22, entretanto para baixas concentrações de corante o processo não foi eficiente, mas o acréscimo da agitação sua eficiência aumenta em 40%. Logo podemos observar que em altas concentrações a agitação é irrelevante mas para baixas é imprescindível.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção do carvão através da casca de batata mostrou-se possível, fazendo uso de um forno do tipo mufla e a utilização do ácido clorídrico 0,1 M como ativante.

A aplicação do adsorvente produzido a partir da casca da batata inglesa mostrou-se eficiente na remoção do corante Direct Black 22, com percentual máximo de 98,75%, fazendo uso de das maiores concentrações de corante e agitação.

Mesmo tendo atingido níveis satisfatórios de remoção do corante, os testes estatísticos aplicados, não mostraram níveis significantes nos efeitos causados pelos fatores utilizados (concentração e agitação) na variável de resposta analisada (% de remoção do corante).

Diante do exposto, pode-se constatar, mesmo ao analisarmos os dados estatísticos, que a proposta de desenvolvimento de adsorventes fazendo uso de material amiláceo (casca de batata) e sua aplicação na remoção do corante Direct Black 22, mostrou-se satisfatória. Para a otimização dos resultados, e melhor acompanhamento constatou-se a necessidade da ampliação dos níveis utilizados na matriz do planejamento fatorial adotado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDO, A. P. C.; GONÇALVES, G. C.; LOBO, V. S.; MONTANHER, S. F*; **Adsorção de Azul de Metileno em Casca de Batata Utilizando Sistemas em Batelada e Coluna de Leito Fixo**; vol. 7 (6), pag. 1909-1920. *Rev. Virtual Quim.*, 2015.

ALMEIDA, J. M. F. **Aplicação da perlita expandida modificada com ortofenantrolina na remoção do negro de eriocromo T em águas residuais geradas em laboratórios de ensino de química**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, 2015.

AMORIM, S. M. **Avaliação da interferência de diferentes doadores de elétrons e mediadores redox sobre a remoção anaeróbia de cor em efluentes têxteis**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2010.

ARDEJANI, F. D.; BADI, K.; LIMAE, N. Y.; MAHMOUDI, N.M.; ARAMI, M.; SHAFAEI, S.Z.; MIRHABIBI, A.R. (2007). **Numerical modelling and laboratory studies on the removal of Direct Red 23 and Direct Red 80 dyes from textile effluents using orange peel, a low-cost adsorbent**. *Dyes and Pigments*, 73, 178-185.

ARDEJANI, F. D.; BADI, K.; LIMAE, N. Y.; SHAFAEI, S.Z.; MIRHABIBI, A.R. (2008). **Adsorption of Direct Red 80 dye from aqueous solution onto almond shells: Effect of pH, initial concentration and shell type**. *Journal of Hazardous Materials*, 151, 730–737.

ARSHAM, H., **Kuiper's P-value as a Measuring Tool and Decision Procedure for the Goodness-of-fit Test**, *Journal of Applied Statistics*, Vol. 15, No.3, 131-135, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9800:**Critérios para lançamentos de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1987.

BERNARDES, Marianne. **Produção e Caracterização de Adsorvente Carbonáceo de biomassa amilácea**. Monografia – Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ATKINS, Peter; PAULA, Julio. **Físico-química**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2012. vol. 2.

CHAGAS, M. A. **Tratamento de efluente têxtil por processos físico-químico e biológico**. 2009. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2009.

CLAUSEN, D. N.; TAKASHIMA, K. (2007). **Efeitos dos parâmetros operacionais na fotodegradação do azo corante Direct Red 23 na interface dióxido de titânio/água**. Química Nova, 30 (8), 1896-1899.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementam e alteram a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 20/09/2016.

COOPERCITRUS. **É batata!** Revista Coopercitrus. Disponível em: <http://www.coopercitrus.com.br/index.php?pag=revista&p=materia&codigo=5579>. Acesso em: 10 Setembro 2016.

CURBELO, F. D. S. **Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e**

hidrofobizada. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Eng. Química, 2002.

DE LIMA, L. S.; ARAUJO, M. D. M.; QUINÁIA, S. P.; MIGLIORINI, D. W.; GARCIA, J. R. **Adsorption modeling of Cr, Cd and Cu on activated carbon of different origins by using fractional factorial design.** Chemical Engineering Journal, v.166, p.881–889, 2011.

DEL MONEGO, M.L.C. **Degradação eletroquímica de corantes e efluentes da indústria têxtil.** 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Campus Curitiba, Curitiba, 2007.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. **Métodos e técnicas de tratamento de águas.** 2.ed. São Carlos: RiMa, 2005.

DIETRICH, L.; GONÇALVES, C.; VIEIRA, M.L.G.; PINTO, L.A. A.; OLIVEIRA, E.G. **ADSORÇÃO DE CORANTE CATIONICO EM PROCESSO BATELADA UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO DE BAGAÇO DE BERGAMOTA (CITRUS BERGAMIA).** In: congresso brasileiro de engenharia química, 11., 2016, Fortaleza, CE.

FERRAZ, A. D. N.; KATO, M. T.; FLORENCIO, L.; GAVAZZA, S. **Textile effluent treatment in a UASB reactor followed by submerged aerated biofiltration.** Water Science and Technology, 64 (8), 1581, 2011.

FIGUEIREDO, J. L.; RIBEIRO, F. R. **Catálise Heterogênea.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987.

FRANCA, A.S., OLIVEIRA, L.S., NUNES, A.A., ALVES, C.O., **Microwave assisted thermal treatment of defective coffee beans press cake for the production of adsorbents,** Biosource Technology, 2009.

GUARANTINI, C. C. I, ZANONI, M. V. B. **Corantes têxteis**. Química Nova, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

GUELFY, L. R.; Estudo de Adsorção Para Purificação e Separação de Misturas na Indústria Petrolífera; Monografia; Universidade Federal do Paraná; Agência Nacional de Petróleo; 2007.

KELM, M. A. P.; **APLICAÇÃO DO PROCESSO OXIDATIVO FENTON NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS**. 2016. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Ascens - Unita Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico, CARUARU, PE, Brasil, 2016.

KYZAS, G. Z.; KOSTOGLU, M.; Materials. 2014, 7, 1. LETTERMAN, D., **Water quality and treatment, A handbook of community water supplies**, cGraw-Hill.

LÁZARO, D.A., MANSUR, M.B., FRANCA, A.S., OLIVEIRA, L.S., ROCHA, S.D.F., Performance of cold-pressed cake from Raphanus sativus (L. Var.) **oilseed, a solid residue from biodiesel production, as adsorbents for basics dyes**, IJCE 1(2-3) 289-302, 2008.

LOPES, A.; MARTINS, S.; MORÃO, A.; MAGRINHO, M.; GONÇALVES, I. (2004). **Degradation of a textile dye C. I. Direct Red 80 by electrochemical processes**. Portugaliae Electrochimica Acta, 22, 279-294.

MARCELINO. D. M. S. **Avaliação da remoção de cor, matéria orgânica e sulfato de efluente têxtil através de reatores biológicos sequenciais**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Caruaru, 2013.

MOURA, M. C. P. A., **Utilização de Microemulsões como Agentes Modificadores de Superfícies para Remoção de Íons Metélicos**. Tese de Doutorado, PPGEQ, UFRN, Natal/RN, 2001.

NUNES, A. A., FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L. S. **Activated carbons from waste biomass: an alternative use for biodiesel production solid residues**. Bioresource Technology., (100) 1786-1792, 2009.

OLIVEIRA, M.K.S.; LIMA, G.C.; PORTELA, R.R.; OLIVEIRA, M.S.; **REMOÇÃO DO CORANTE INDIGO CARMINE POR MEIO DE ADSORÇÃO UTILIZANDO CARVÃO COMERCIAL ATIVADO PARA ANÁLISE E ESTUDO CINÉTICO**. ABQ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA, GOIÂNIA, GO, Brasil, 2015.

POLO, A.; ANDREAUX, F.; CERRI, C.C. & LOBO, M.C. **Resíduos orgânicos da agroindústria canvieira: 2**. Decomposição biológica sob condições controladas. STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.6, n.3, p.53-56, 1988.

SAHIN, S.; DEMIR, C.; GUÇER, S. (2007). **Simultaneous UV-vis spectrophotometric determination of disperse dyes in textile wastewater by partial least squares and principal component regression**. Dyes and Pigments, 73, 368-376.

SANTOS, E. V. **Adsorção de Mn (II) e Zn (II) em soluções aquosas usando perlita expandida revestida com quitosana**. 2011. 103 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2011.

SIA — SOCIEDADE INDUSTRIAL DE APERITIVOS, SA Disponível em: <<http://siaperitivos.com/en/process/>> Acesso em : 10 Maio de 2017.

SOUZA, B. M. **Avaliação de Processos Oxidativos Avançados Acoplados com Carvão Ativado Granulado com Biofilme para Reuso de Efluentes de Refinaria de Petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, C.R.L. **Degradação de corantes reativos e remediação de efluentes têxteis por processos avançados envolvendo ferro metálico.** 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SPINELLI, V. A.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T.; KITAMURA, I.Y.. **Cinética e equilíbrio de adsorção dos oxinions Cr (VI) e Se (VI) pelo sal de amônio quaternário de quitosana.** *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, Julho/Setembro, vol. 15, n. 3, p. 218-223, 2005.5

TEIXEIRA, V. G.; COUTINHO, F. M. B.; GOMES, A. S.. **Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno.** *Quím. Nova*, São Paulo, v. 24, n. 6: 808-818, Dec. 2001.

TRINDADE, B., KATO, M.T., FLORENCIO, L., GAVAZZA, S. **Effect of starch and etanol as electron donors, and sulfate on the reductive decolourisation of azo dye Direct Black 22.** *13th World Congress on Anaerobic Digestion*. Santiago de Compostela. Spain, 2013.

VAN DER ZEE, F. **Anaerobic azo dye reduction.** *Environmental Technology*. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2002.

YU, B.; ZHANG, Y.; SHUKLA, A.; SHUKLA, S.S.; DORRIS, K.L.. **The removal of heavy metal from aqueous solutions by sawdust adsorption – removal of copper.** YAGMUR, Emine; OZMAK, Meryem; AKTAS, Zeki. **A novel method for production of activated carbon from waste tea by chemical activation with microwave energy.** *Fuel*, v.87, p.3278–3285, 2008. *Journal of Hazardous Materials*, v. 80, p. 33-42, 2000.

ZOLLINGER, H. (1991). **Color Chemistry: Syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments.** Wiley - VCH, 2ª edição.

