

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS CÂMPUS INHUMAS.

LICENCIATURA EM QUÍMICA

BRUNIELLY MIGUEL MARTINS

REMOÇÃO DE CORANTES A PARTIR DO ACETATO
DE CELULOSE MODIFICADO TIOACETAMIDA

INHUMAS - GO
ABRIL 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS CÂMPUS INHUMAS.

Licenciatura em Química

REMOÇÃO DE CORANTES A PARTIR DO ACETATO
DE CELULOSE MODIFICADO TIOACETAMIDA

Trabalho de conclusão de curso
Apresentado ao Instituto Federal
De Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás - Campus
Inhumas como parte dos requisitos
Necessários para obtenção do
Título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Elaine Alves de Faria Braga

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)

Martins, Brunielly Miguel

M386 Remoção de corantes a partir do acetato de celulose modificado tioacetamida [Manuscrito] / Brunielly Miguel Martins. Inhumas, 2022.

33 f. : il.

Orientadora: Dra. Eliane Alves de Faria Braga

Trabalho de conclusão de curso Licenciatura em Química – IFG Câmpus Inhumas

1. Corantes. 2. Absorção. 3. Equilíbrio ambiental. I. Braga, Eliane Alves de Faria (Orient.). II. Título.

CDD 628

Catálogo na Publicação:

Maria Aparecida Rodrigues de Souza – Bibliotecária-documentalista – CRB-1/1497

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- ☐ Tese ☐ Artigo Científico
☐ Dissertação ☐ Capítulo de Livro
☐ Monografia - Especialização ☐ Livro
☒ TCC - Graduação ☐ Trabalho Apresentado em Evento
☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo:

Nome Completo do Autor: Brunelly Vinícius Amorim

Matrícula: 201603000210

Título do Trabalho: Remoção de contaminantes do efluente de tratamento de efluentes

Restrições de Acesso ao Documento: Unidade de Tratamento de Efluentes

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 16/04/2022

O documento está sujeito a registro de patente? ☒ Sim ☐ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- I. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- II. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- III. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Brunelly Vinícius Amorim
Local _____ Data 16/04/2022

Brunelly Vinícius Amorim
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS ÂMPUS INHUMAS

BRUNIELLY MIGUEL MARTINS

REMOÇÃO DE CORANTES A PARTIR DO ACETATO DE CELULOSE MODIFICADO TIOACETAMIDA

Monografia apresentada à banca examinadora da Coordenação de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Inhumas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciada em Química.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Elaine Alves de Faria Braga
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/Câmpus Inhumas

Prof. Dra. Sônia Júlia Oliveira de Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/Câmpus Inhumas

Profa. Dra. Michelly P. S. A. Fógia
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/Câmpus Aparecida de Goiânia

Inhumas, 18 de março de 2022

Documento assinado eletronicamente por Elaine Alves de Faria Braga, COORDENADOR - FUC1 - INH-2CCSLQ, em 22/03/2022 21:19:26. Michelly Patricia Santana de Almeida Fógia, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/03/2022 20:30:40. Sonia Julia Oliveira de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/03/2022 20:24:26. Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e



forneça os dados abaixo:

Código Verificador:

260277

Código de Autenticação:

8ffb2d758eInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Av. Universitária, S/Nº, Vale das Goiabeiras, INHUMAS / GO, CEP 75402-556

(62) 3514-9543 (ramal: 9543)

DEDICÁTORIA

Dedico aos meus pais, Aparecida L. Miguel, Reginaldo Martins Da Silva ao meu irmão, Matheus Miguel Martins, ao meu marido Wanderson Vieira, pelo apoio que sempre me deram, e pelos ensinamentos de sempre superar os obstáculos, e não desistir dos nossos sonhos, em especial aos meus pais que desde criança me incentivaram aos estudos, a minha orientadora. Prof. Dra. Elaine Faria que sempre me apoiou. Principalmente a Deus que me deu força para nunca desistir e estar realizando mais um sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ser a base das minhas conquistas.

Aos meus pais, Aparecida e Reginaldo, irmão Matheus e marido Wanderson, que me apoiaram e incentivaram nos momentos de tubulações, e compreenderam a minha ausência enquanto eu realizava este trabalho, aos meus colegas de universidade que estavam sempre presentes em especial para minha dupla Angélica Souza.

Aos professores, pelas correções e instruções, e em especial a minha professora e orientadora, Dra. Elaine de Faria, pelos ensinamentos que ela me passou para melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Resumo

Os corantes são responsáveis por parte da contaminação ambiental, causada pelo lançamento de efluentes industriais, que sem o tratamento adequado provocam um desequilíbrio ecológico. O amarelo de tartrazina e o vermelho de ponceau 4-R são largamente utilizados no setor alimentício e farmacêutico, mediante essa grande utilização e a preservação do meio ambiente, a remoção de corantes das águas torna-se de importância fundamental. Neste sentido este trabalho teve como objetivo modificar quimicamente o acetato de celulose (AC), que é um material de baixo custo, com a tioacetamina, que foi aplicado como adsorvente destes corantes em meio aquoso. O AC puro e o AC com a tioacetamida (ACTio) foram caracterizadas por espectroscopia do infravermelho (IR). Os testes de adsorção foram realizados em diferentes intervalos de tempo e a quantidade de corante adsorvida foi determinada pela espectroscopia UV/Visível. Os espectros de IR permitiram observar e classificar as principais bandas relativas às vibrações características dos grupos funcionais presentes na estrutura do AC e do ACTio, comprovando a incorporação da tioacetamida. Os testes de adsorção para o corante amarelo de tartrazina apresentam uma remoção de 69% usando AC puro e de 94,8% usando o ACTio, e para o corante vermelho de ponceau 4 R uma remoção de 67% para o AC puro e de 92% para o ACTio. Os dados de adsorção ajustaram-se bem ao modelo de isoterma de Langmuir, com valores de q_m de $0,37 \mu\text{mol L}^{-1} \text{h}^{-1}$ a $0,33 \mu\text{mol L}^{-1} \text{h}^{-1}$ para o corante amarelo de tartrazina e para o vermelho de ponceau 4 R, respectivamente, como adsorvente ACTio.

Palavras chaves: Adsorção, tioacetamida, Ponceau, Adsorção, degradação.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	9
1.1-Contaminação.....	9
1.2- Corantes.....	10
1.3-Adsorção.....	12
1.4- Acetatos de Celulose.....	15
2.OBJETIVOS.....	17
2.1- Objetivo Geral.....	17
2.2- Objetivos Específicos.....	17
3.METODOLOGIA.....	18
3.1- Reagentes e Reagentes.....	18
3.2-Síntese.....	18
3.3- Caracterizações do Acetato de Celulose	18
3.4- Aplicações da Adsorção.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1- Avaliação do Percentual de Adsorção.....	22
4.2- Estudos de Cinética.....	26
5.CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS.....	3

1.0 Introdução

1.1 Contaminação em meio aquoso

A água é um bem necessário a vida, pois ela está ligada a saúde humana, a dos animais e à sobrevivência de ambos. As atividades econômicas também estão ligadas a água, pois é rica em recursos para o mundo. Ainda que ela seja um bem de direito a todos vem sendo destruída por diversas atividades humanas, devido grande demanda da sua utilização (SANTOS, 2015).

Água é utilizada para abastecimento público, consumo humano e de animais, para recreação, para indústria, entre outros. As indústrias e o ser humano são altamente poluidores, liberam para o meio ambiente resíduo industrial e lixo urbano, essas atividades vêm afetando significativamente o meio ambiente, pois a maioria destes resíduos é descartada em meios aquáticos (ZANONI, YANAMAKA. 2016).

Até o século passado, a água era um recurso abundante. Infelizmente esta concepção mostrou-se equivocada, pois constantes mudanças geoclimáticas vêm alterando a disponibilidade de água potável e muitas destas mudanças são decorrentes das atividades humanas. Além destes problemas, tem se ainda uma série de carência quanto ao planejamento urbano e a racionalização do uso água (SILVA, 2017).

Os resíduos industriais é outro fator importante que prejudica os recursos hídricos, eles são descartados constantemente, e em alguns casos são despejados nos corpos de água sem nenhuns processos, de remediação (COSTA, 2012).

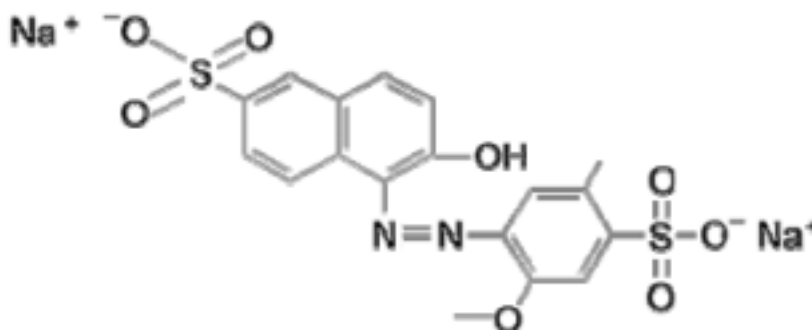
Uma destas atividades industriais responsável pela contaminação aquática que merece grande destaque são as indústrias de corantes alimentícios, farmacêuticas e têxteis, pois a grande maioria descarta seus rejeitos em meios aquáticos sem nenhuma descontaminação. Esse problema gera uma alta contaminação e mortalidade dos meios aquáticos, por este motivo a uma grande cobrança das normas ambientais para a descontaminação dos rejeitos, antes de ser descartados em meio ambiente (PANDOLI et al., 2015).

1.2 Corantes

Corantes são misturas de substâncias, utilizadas nas indústrias alimentícias, têxteis e fármacos para melhorar a cor com a finalidade de dar um ar mais atrativo frente ao consumidor. E também, grande parte destas mercadorias perde cor no processo de fabricação, então o uso dos corantes se torna essencial.

Usam-se corantes também para conservação de produtos, dentre eles, os mais utilizados são os corantes artificiais devido ao seu baixo custo e alta durabilidade (SOUZA, 2012). Dentre os diversos tipos de corantes destacamos o corante vermelho de ponceau 4-R que é um corante sintético, como mostrado na Figura 1, ele é comercializado na forma de pó avermelhado escuro, muito solúvel em água, frequentemente utilizado na indústria alimentícia, em alimentos à base de cereais, balas, laticínio, recheios, sobremesas, xaropes para refresco, refrigerante e geleias (ZANONI; YANAMAKA, 2016).

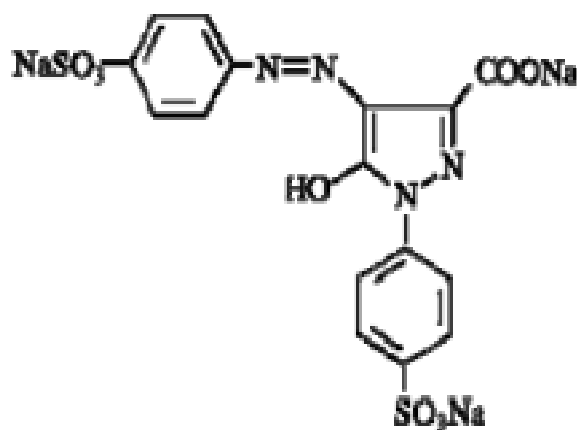
Figura 1 – Representação da estrutura química do vermelho ponceau 4-R.



Fonte: Karyna (2008).

Outro corante alimentício que destacamos, é o amarelo tartrazina, um corante sintético pertencente ao grupo do azo-composto, que proporciona cor amarelo-limão, como mostrado na Figura 2. Seu uso é mais frequente, ocorre em balas, goma de mascar, gelatina, e também em cosméticos e medicamento. Este corante é reconhecido internacionalmente pelo color index 19140 (DOTTO, 2010).

1 - Representação da estrutural química do amarelo tratazina.



Fonte: Karyna (2008).

Segundo a literatura, os corantes alimentícios causam uma série de problemas ambientais, principalmente a sistema aquático, pois eles não são degradados facilmente pelo ecossistema, conseqüentemente pode causar eutrofização, deterioração destes ecossistemas (SANTOS, 2015). Esses problemas causam inúmeros impactos desfavoráveis tanto a saúde pública tanto para o sistema aquático.

Com intuito de sanar estes problemas, existem vários tipos de tratamentos para remover estes resíduos, tais como: os processos biológicos (MARCONDES, 2012), a incineração (MOREIRA, 2019), a Fotodegradação (COSTA; PRADO, 2009) e a adsorção (BARROS et al., 2006). A grande vantagem da adsorção sobre as outras é a baixa geração de resíduos, fácil recuperação dos contaminantes e a possibilidade de reutilização do adsorvente, sem contar que também podemos usar os adsorventes de baixo custo (SANTOS, 2015). Contribuindo ainda mais para uma utilização em grande escala, purificando os ambientes aquáticos (COSTA, 2010).

1.3 Adsorção

“A adsorção é uma técnica de transferência de massa, a qual analisa a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos” (JENNINGS et al., 2015). As matérias adsorvidas ficam na camada externa, e quanto maior a superfície de contato maior a adsorvidade do material, por este motivo os adsorventes sólidos com partículas porosas tem uma maior utilidade e aplicação (JENNINGS et al., 2015). A espécie que se acumula na interface do material é normalmente denominada de adsorvato; e a superfície sólida na qual o adsorvato se acumula de adsorvente.

A adsorção também está relacionada com o contato de uma fase líquida, em que se encontra o analito de interesse, ou seja, o adsorvato, com uma fase sólida, o adsorvente, cuja propriedade é de absorver com seletividade as espécies (SÁ, 2013).

Para o processo de adsorção acontecer é necessário observar algumas condições para o adsorvente e adsorvato. “As características dos adsorventes incluem “área da superfície, tamanho do poro, densidade, grupos funcionais do material, já para adsorvato temos a, polaridade, tamanho da molécula, solubilidade e acidez e basicidade”. (COONEY, 1999 apud NASCIMENTO, 2014).

A adsorção pode ser classificada como: química (quimissorção) ou física (fisissorção), dependendo da natureza das forças superficiais e da posição dos grupos funcionais sobre a superfície do adsorvente. Contudo, a diferenciação entre as duas formas não é considerada simples, já que em certos casos, os dois tipos podem ocorrer simultaneamente e também existe a possibilidade da existência de situações intermediárias (VALENTE et al., 2007).

A adsorção é baseada em três etapas, a primeira é o mecanismo estérico, depois o mecanismo de equilíbrio, e por último o mecanismo cinético. O processo estérico é a capacidade que o adsorvente possui em abrir seus poros para absorver o maior número de adsorvato possível. O mecanismo de equilíbrio consiste na capacidade do adsorvente em alojar diferentes tipos de adsorvatos. E o último mecanismo trata-se da capacidade do material em se misturar, seja ela por conectividade ou difusividade molecular, e estão ligadas as diferentes espécies dos poros da matéria (COSTA, 2010).

As condições de dessorção também devem ser favoráveis para reutilização do

adsorvente. Deste modo, em um sistema adsorvato-adsorvente, o conhecimento das propriedades de equilíbrio e de cinética é importante para a determinação das condições do processo concentração, temperatura e pressão (DOTTO, 2010).

Quando um adsorvente está em contato com um fluido que possui uma determinada composição específica, o equilíbrio da adsorção acontece depois de um tempo suficientemente longo. Neste estado, a relação entre a quantidade adsorvida

(q_e) e a concentração da fase líquida (C_{eq}) a uma dada temperatura é chamada de Isoterma de Adsorção. O modelo é baseado na hipótese de que as forças de interação entre as moléculas adsorvidas são desprezíveis e que cada sítio pode ser ocupado por apenas uma molécula. “Todas as moléculas são adsorvidas sobre um número fixo e definido de sítios” (DOTTO, 2010).

A eficiência do processo de adsorção é geralmente avaliada pelas isotermas, que são gráficos que relacionam o equilíbrio entre a concentração na fase líquida e a concentração nas partículas adsorventes em uma determinada temperatura. O modelo de isoterma de Langmuir é o mais utilizado para fornecer as constantes que possam indicar o mecanismo de adsorção (SÁ, 2013).

O modelo de Langmuir assume que no equilíbrio, o número de sítios adsorvidos na superfície é constante, e somente um substrato é adsorvido em cada sítio. Assim o calor de adsorção do substrato é o mesmo para cada sítio, e independente da cobertura da superfície, e que não há nenhuma interação entre as moléculas adjacentes (VENEU et al., 2017)

A adsorção tem sido objeto de interesse dos cientistas desde o início do século, apresentando importância tecnológica, biológica, além de aplicações práticas na indústria e na proteção ambiental, tornando-se uma ferramenta útil em vários setores (SÁ, 2013)

Dentre os materiais adsorventes, os que são considerados de baixo custo têm uma importância maior, pois são simples, baratos e de fácil aquisição. Dentre eles temos a argila (ROSSETTO et al., 2009), cinza da casca de arroz, (KUBOTA et al., 2012), resina de poliuretano (MANIQUE et al., 2012), bagaço de cana (SÁ, 2013), a celulose e seus derivados (VENEU et al., 2017). Além destas propriedades estes materiais também apresentam boa seletividade e elevada área de superfície de contato (ROSSETTO et al., 2009).

A celulose pode ser utilizada na sua forma original de fibras. Normalmente a modificação química da celulose é feita por reações que envolvam seus grupos hidroxilas que são os mais reativos da cadeia. Sua estabilidade térmica tem uma importante

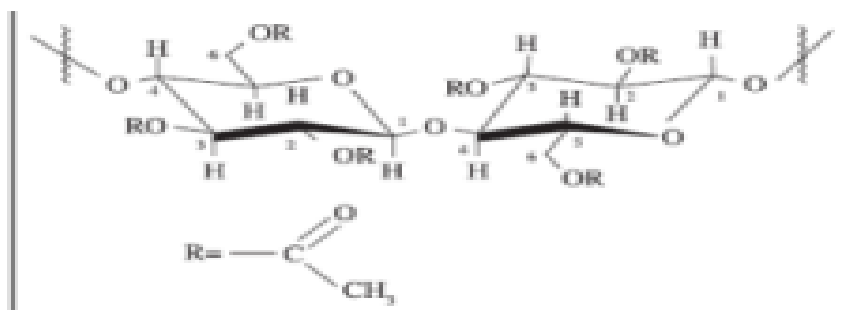
contribuição na utilização desta matriz polimérica (AZEVEDO et al., 2007). Outra vantagem da celulose é a facilidade de modificação química de sua superfície por processos relativamente simples e de baixo custo, como por exemplo, sua acetilação produzindo acetato de celulose (VENEU et al., 2017).

1.4 Acetatos de celulose

O Acetato de celulose (AC) é um éster polimérico proveniente da celulose, de grande relevância industrial, não tóxico, alto grau de gradação, além de ampla aplicação industrial em filmes, cigarros, fármacos entre outros (COSTA, 2010). É um dos mais importantes ésteres derivados da celulose. Este biopolímero é usado há muito tempo no preparo de membranas por possuir características de boa seletividade e permeabilidade no tratamento tanto em soluções quanto em fases gasosas (MEMBRANES; NEUTRON, 1994), além de possuir muitas aplicações tecnológicas tais como: indústrias têxteis, suporte para fibras, encapsulamento de fármacos, em filmes fotográficos, filtros de cigarro entre outras (VALENTE et al., 2007). O AC também é frequentemente empregado para separar solutos dissolvidos em água, pois este biopolímero é altamente hidrofílico. Outras características como resistência mecânica e química, estabilidade térmica e baixo custo, são fatores que contribuem para seu extenso uso tecnológico (HUANG et al., 2015)

A estrutura polimérica do AC está representada na Figura 4 e pode ser facilmente moldada em diferentes formas tais como: membranas, fibras e esferas. As membranas de acetato de celulose são geralmente de natureza simétrica, ou seja, consistem em uma fina e densa camada externa suportada em uma camada interna porosa. A camada externa é responsável pela seletividade, retendo certos materiais e permitindo a passagem de outros, enquanto a camada interna fornece suporte mecânico e permite um alto fluxo das substâncias permeáveis (ZHAO; LI, 2006).

Figura 4 - Estrutura do acetato de celulose



Fonte: Cerqueira *et al.* (2010).

Os grupos hidroxilas presentes no AC, podem ser quimicamente modificadas para produzir materiais com novas propriedades. Desta maneira, as superfícies desses materiais podem ser prontamente modificadas através da introdução de grupos ligantes, que têm habilidade de complexar metais através de processos químicos de baixo custo para produzir materiais com considerável capacidade de adsorção de troca iônica (JUNIOR, 2007), em processos de separação por membranas, tais como hemodiálise, filtração e osmose inversa (CERQUEIRA *et al.*, 2010), matrizes para liberação controlada de fármacos (ZAMAN *et al.*, 2014), separação de gases e preparação de filmes de alumina (KOBAYASHI, 2005). Outro interessante campo de aplicação do AC é a sua utilização como matriz para incorporação, polímeros condutores (CERQUEIRA *et al.*, 2010).

Neste sentido, o desenvolvimento de novos processos de tratamento de efluentes, bem como a busca de novos materiais adsorventes, este trabalho visa a modificação química do AC com uma base orgânica, a tioacetamida. Assim, pretendemos produzir um novo material com maior capacidade de adsorção unindo as características do AC com os grupos adsorventes da base usada.

2.0 OBJETIVOS

Modificar quimicamente o acetato de celulose com incorporação de uma base orgânica, tioacetamida, e aplicar esse novo material em adsorção de corantes alimentícios.

2.1Objetivos específicos

- *Reação química para incorporação tioacetamida no acetato de celulose.
- *Caracterização de polímero por espectroscopia de infravermelho.
- *Aplicação do polímero na adsorção de corantes.
- *Estudo cinética química.

3.0 METODOLOGIA

3.1 Reagentes e materiais

Os reagentes utilizados para a síntese foram: Acetato de celulose (Aldrich), de Densidade relativa 1.3 g/mL a 25 °C, Ácido Acético Glacial P.A (CINÉTICA); Hidróxido de Sódio em P.A. (VETEC); Tioacetamida P.A. (Pro químicos); Álcool Isopropílico P.A. (VETEC) e água destila.

3.2 Síntese

O acetato de celulose foi modificado pelo método de inversão de fase. Para isso foi usado 2,0 g de acetato celulose, que foi adicionado a 6,0 mL de ácido acético e 14,0 mL de acetona. Após completa homogeneização foi adicionado 2,0 mL de tiocetamida a 3,0 mol/L, essa mistura ficou por agitação por 3 horas, a 60 °C. Após esse tempo foi adicionado água destilada, para a solidificação da pasta formada. A suspensão foi filtrada em um funil de buchner e lavada com álcool isopropílico, o sólido seco por cerca de 24 horas a 80 °C, após a secagem o sólido foi macerado em almofariz com pistilo, e denominado ACTio.

3.3 Caracterizações do acetato de celulose

Os espectros de infravermelho do AC e do ACTio foram coletados na faixa entre 4000 - 400 cm^{-1} , modo de transmissão com resolução de 4 cm^{-1} , média de 64 medidas. As amostras foram dispersas em KBr e depois prensadas para obter pastilhas transparentes, em um espectrofotômetro com Transformada de Fourier Bruker Vertex 70.

3.4 Aplicações da adsorção

Para os estudos de adsorção, foram produzidas duas soluções estoque de 1000 mg. L⁻¹, com os corantes amarelo tartrazina e vermelho ponceau 4R. As soluções estoque foram diluídas para uma solução de 500 mL a 10 mg. L⁻¹ para ambos os corantes.

Com as soluções diluídas fizemos 14 amostras de 30 mL para cada corante. A cada 7 dessas soluções foram adicionadas 30 mg do AC e do ACTio, respectivamente. Essas suspensões ficaram sob agitação constante em diferentes intervalos de tempo, variando de 0 a 10 horas. As quantidades adsorvidas dos contaminantes foram determinadas por um espectrômetro de uv-visível. Todos os procedimentos de adsorção e leitura foram realizados em triplicatas.

Para calcular o percentual de remoção dos corantes (%R) foi usada a Equação 1 abaixo:

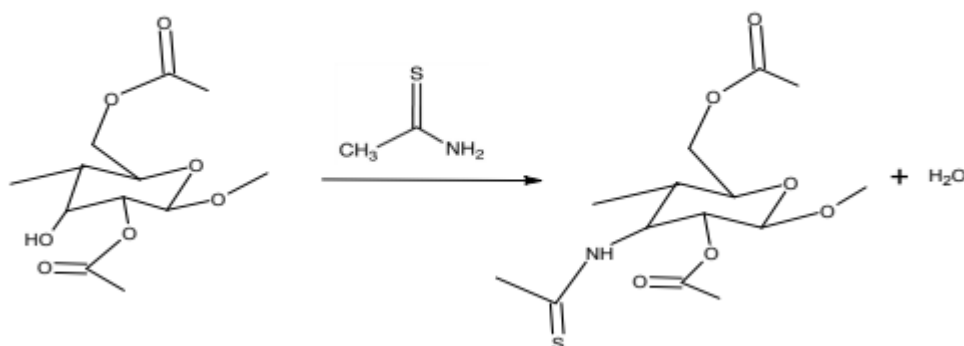
$$\%R = \frac{C_o - C_e(100)}{C_e}$$

Onde Co e Ce são as concentrações inicial e final de corante na fase líquida (mg. L⁻¹), respectivamente.

4.0 RESULTADOS DISCUÇÃO

O AC foi modificado com a incorporação da tiocetamida em sua superfície, através de uma reação condensação do grupo-o do acetato de celulose com o grupo -NH₂ da tiocetamida com a liberação de uma molécula de água.

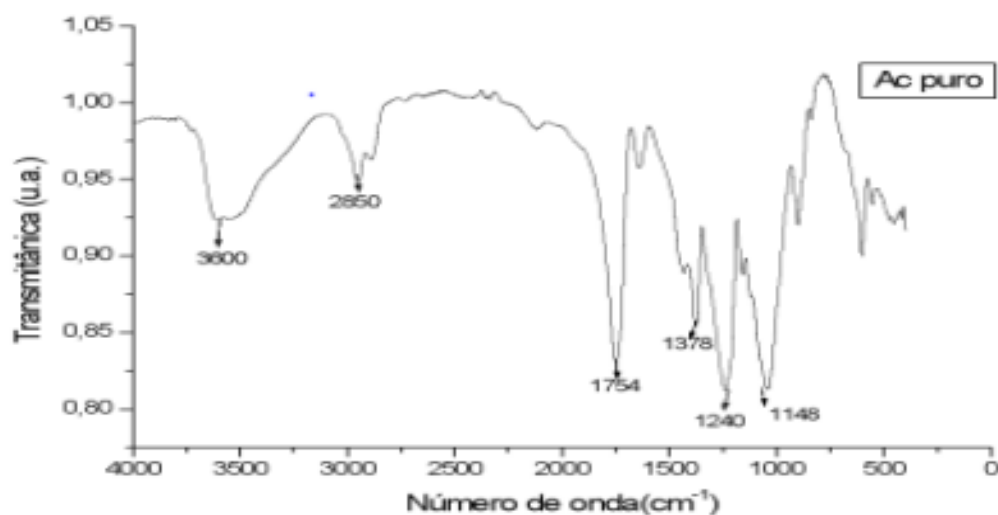
Figura 5: Esquema da reação do acetato de celulose com a tioacetamida.



AC puro e o ACTio foram caracterizados por espectroscopia do infravermelho (IR), esta técnica é baseada nas vibrações moleculares, medindo os diferentes tipos de vibrações entre átomos de acordo com suas ligações interatômicas, determinando assim a presença dos grupos funcionais nos materiais.

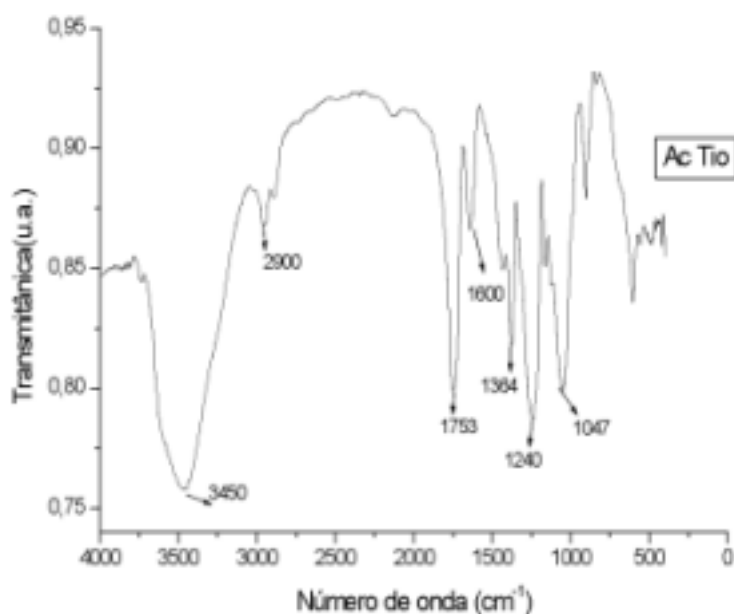
O espectro de IR para o AC puro está representado na Figura 6, nele aparecem bandas na região de 3600 cm^{-1} que estão associadas ao estiramento dos grupos O-H do AC, uma banda em 2850 cm^{-1} que é atribuída ao estiramento assimétrico CH_3 , em 1754 cm^{-1} temos os estiramentos de carbonila ($\text{C}=\text{O}$) e em 1378 cm^{-1} do éster. Em 1240 cm^{-1} e 1248 cm^{-1} temos estiramentos de C-O do grupo acetato.

Figura 6: Espectro de infravermelho para o acetato de celulose



Na Figura 7 mostramos o espectro vibracional na região do infravermelho do ACTio. Os picos são bem característicos aos da estrutura do AC, como as bandas na região de 3450 cm^{-1} associadas ao estiramento O-H, em 2900 cm^{-1} referente ao estiramento assimétrico CH_3 , em 1753 cm^{-1} os estiramentos de carbonila ($\text{C}=\text{O}$) do éster, em 1364 cm^{-1} , em 1240 cm^{-1} e 1247 temos estiramentos de C-O do grupo acetato. A presença da tioacetamida no AC, pode ser observada pelo aumento significativo da intensidade das bandas em próximos de 1025 cm^{-1} , pode estar associado às vibrações $\text{C}=\text{S}$ provenientes da tioacetamida (GUILHERME et al., 2011). A intensidade da banda que aparece em 1600 cm^{-1} , está associada ao estiramento N-H, o que confirma a incorporação da base no acetato de celulose (LUCENA et al., 2013).

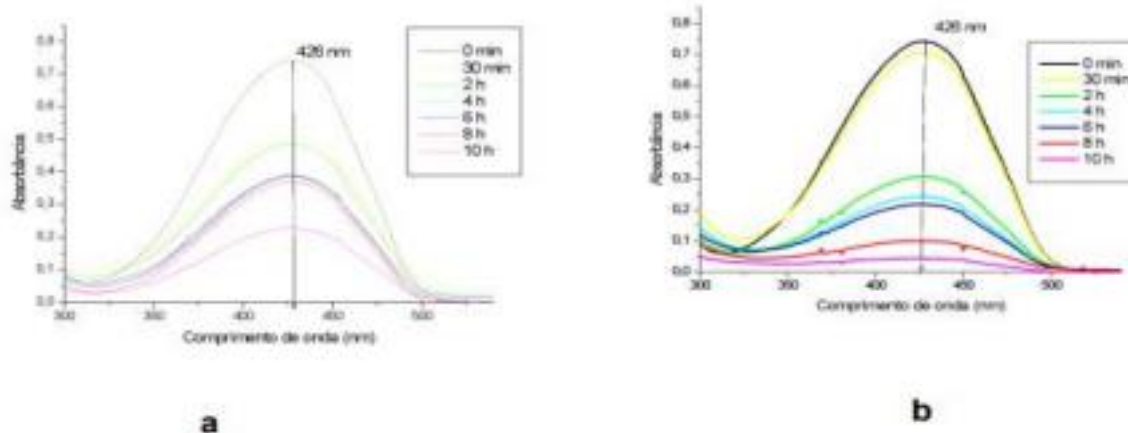
Figura 7: Espectro de infravermelho para o acetato de celulose modificado tioacetamida



4.1 Avaliação do percentual de adsorção

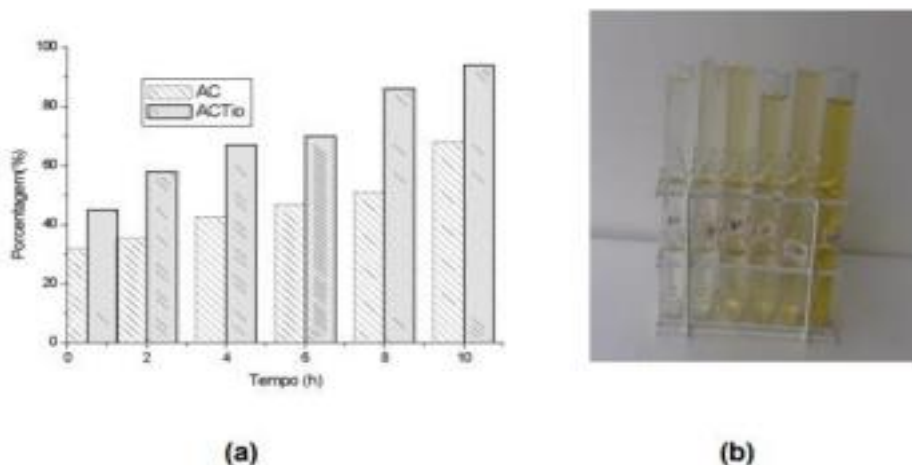
Com o intuito de avaliar a atuação do AC e do ACTio na remoção dos corantes, foi utilizado soluções aquosas dos corantes (amarelo de tartrazina e vermelho de ponceau 4-R) com concentração inicial de 30 mg. L⁻¹. O processo foi realizado em sistema de batelada. O meio reacional foi constituído por 30 mg de material adsorvente (AC ou ACTio) adicionado a 30 mL de solução contendo os corantes (amarelo de tartrazina ou vermelho de ponceau 4-R) diluídos a 10 mg. L⁻¹. O sistema ficou em agitação por diferentes intervalos de tempo. A Figura 8, refere-se à adsorção do corante amarelo de tartrazina com os adsorventes AC e ACTio.

Figura 8: Espectro de absorção do UV-vis para o corante amarelo de tartrazina usando o AC (a) e ACTio (b).



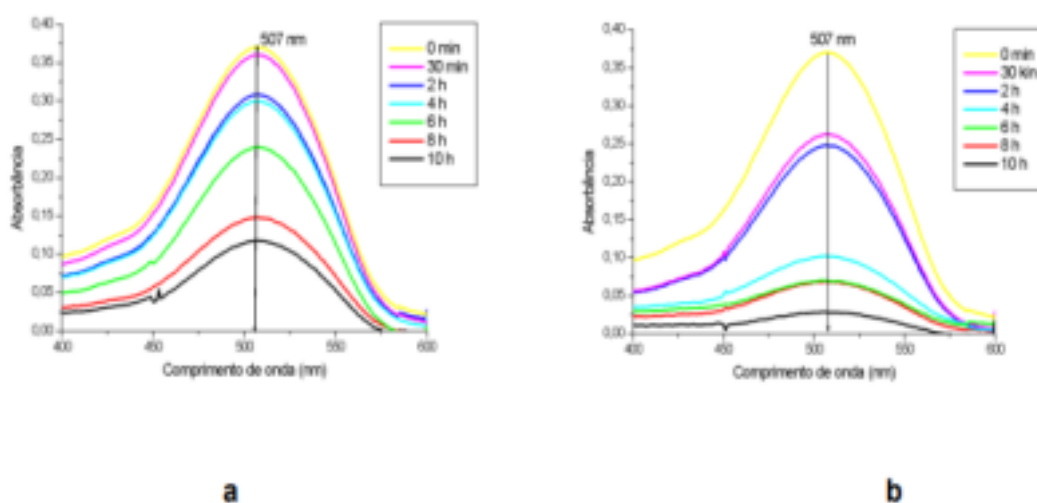
Observamos que quanto maior a absorbância maior é a concentração do corante na solução, as imagens mostram que há uma melhor remoção do corante com o ACTio. Nos instantes iniciais (0 a 30 minutos) tivemos valores de entre 32% a 45% para AC e ACTio, respectivamente, a partir de 2 horas tivemos um aumento significativo de remoção, 69 % para o AC e 94,6% para o ACTio em 10 horas de agitação. Esses valores podem ser mais bem observados na Figura 9, onde temos um gráfico em colunas que representa a porcentagem para todos os tempos analisados, e na de Figura 9b temos uma foto dos tubos de ensaio com as soluções do corante após o período de adsorções usando o adsorvente ACTio, com o corante amarelo de tartrazina.

Figura 9: Porcentagem adsorvida para o corante amarelo de tartrazina para AC e ACTio (a); foto do corante após a adsorção com o ACTio.



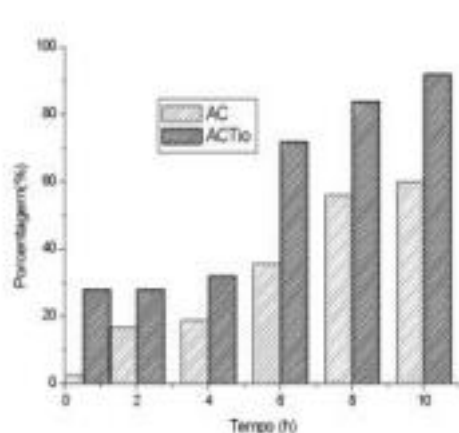
A Figura 9a seguir representa os espectros de absorbância para o corante vermelho ponceau 4-R. Verifica-se que para o AC temos uma queda quantitativa na absorbância em função do tempo, e para o ACTio, temos uma diminuição significativa entre os tempos de 0 a 30 minutos e depois de 3 horas a 6 horas, e a partir desse tempo temos uma diminuição equivalente nos valores de absorbância, o que comprova uma melhor remoção desse corante.

Figura 10: Espectro de absorção do UV-vis para o corante vermelho de ponceau 4-R usando o AC (a) e ACTio (b).



A Figura 11a apresenta um gráfico em colunas com as porcentagens de adsorção para os adsorventes AC e ACTio. Para o AC temos valores médios de adsorção variando de 2,5% a 67% em 30 minutos a 10 horas em agitação, respectivamente. E para o composto ACTio, tivemos valores mais significativos, variando de 28% até 92 %, nos mesmos intervalos e tempo, de 30 minutos a 10 horas em agitação. Estas observações comprovam a grande eficiência do ACTio, em relação ao AC puro para ambos os corantes. Na Figura 11b temos uma foto com as soluções após adsorção com o adsorvente ACTio, nos mesmos intervalos de tempo.

Figura 11: Porcentagem adsorvida para o corante vermelho de ponceau 4 R para AC e ACTio(a); foto do corante após a adsorção com o ACTio



(a)



(b)

Os dados mostram que a AC puro apresentou um percentual de remoção baixo em comparação com ACTio para ambos os corantes usados. O que comprova a eficiência da presença da tioacetamida na estrutura do acetato de celulose, aumentando assim a sua capacidade em adsorver corantes em meio aquático.

4.2 Estudos de Cinética

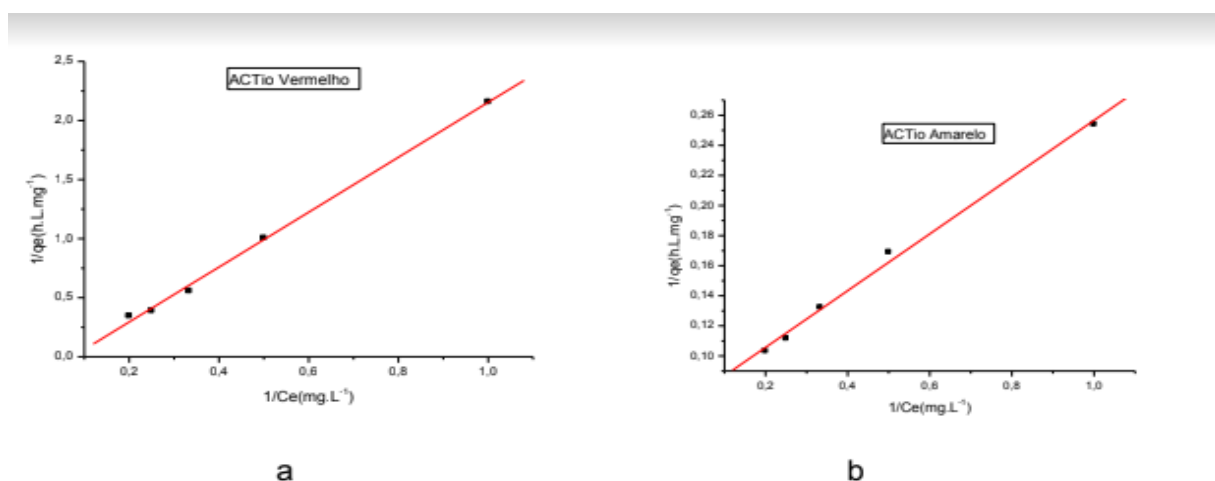
A adsorção ocorre na interface sólido-líquido, no momento que o corante é adsorvido na superfície do material adsorvente. Assim, a velocidade de impregnação do corante depende da adsorção e da habilidade adsorvitiva do material. Para determinar estes parâmetros, foi utilizada a Equação 2 linearizada de Langmuir Hinshelwood (HOFFMANN, 2006):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{1}{q_m} \cdot C_e \quad (2)$$

Onde C_e concentração do corante no equilíbrio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), q_e quantidade do corante que foi adsorvido no equilíbrio ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$), K_L a constante de equilíbrio, q_m é a quantidade máxima que pode ser adsorvida em uma adsorção. As constantes de Langmuir (K_L e q_m) foram determinadas pela regressão linear da equação linearizada (Figura 12). Este modelo assume que no equilíbrio, o número de sítios adsorvidos na superfície é constante, e somente um substrato é adsorvido em cada sítio. Os valores das constantes

K_L e q_m estão listados na Tabela 1.

Figura 12: Gráfico de regressão linear das Isotermas linearizadas para a adsorção do corante amarelo de tartrazina (a) e para o vermelho de ponceau 4 R(b), com o ACTio.



Os valores de q_m para o ACTio com o corante amarelo apresenta um valor superior ao corante vermelho de ponceau 4R, o que também podemos observar em relação às porcentagens de adsorções para cada corante, ou seja, o adsorvente ACTio consegue adsorver em seus sítios ativos uma maior quantidade do corante amarelo de tartrazina quando comparado ao corante vermelho de ponceau 4 R, o mesmo podemos observar com os valores das constantes de equilíbrio.

O parâmetro R_L de Langmuir é uma constante adimensional, conhecida como fator de separação, que pode ser utilizada para determinar se o processo de adsorção do corante na superfície dos adsorventes é favorável ou não ($0 < R_L < 1$). Esse parâmetro é calculado pela equação abaixo (DOTTO, 2011):

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L.C_o}$$

O fator de separação (R_L), variou ente 0,84 a 0,96, mostrando que a adsorção entre os corantese a adsorvente ACTio, usados são processos favoráveis, já que os

valores se encontram entre 0 e 1, que são os valores requeridos para um sistema de adsorção favorável.

4.0 CONCLUSÃO

As modificações feitas no AC com o tioacetamida tiveram rendimentos satisfatórios. A análise por espectroscopia vibracional na região do infravermelho permitiu observar e classificar as principais bandas relativas a vibrações características dos grupos funcionais presentes na estrutura na estrutura do ACTio, comprovando a incorporação da tioacetamida. Mediante os ensaios de adsorção dos corantes têxteis estudados, ficou evidenciado que a modificação da AC com tioacetamida favoreceu o processo adsorvativo, obtendo um aumento na percentagem de remoção dos corantes, com valores superiores a 90% em todos os corantes estudados.

Os dados de adsorção ajustaram-se bem ao modelo de isoterma de Langmuir, demonstrando uma maior adsorção do corante para o ACTio usando o corante amarelo de tartrazina, e o valor do parâmetro de K_L entre 0,96 e 0,84, valores que se encontram entre 0 e 1, que indica que o processo de adsorção entre os adsorventes e os corantes são sistemas favoráveis.

Referências:

- AZEVEDO, V. V. C. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2.3, p. 27–34, 2007.
- BARROS, F. C. F. Produção E Caracterização De Esfera De Quitosana Modificada Quimicamente. **Revista Iberoamer. Polím**, v. 7, n. 4, p. 232–246, 2006.
- CERQUEIRA, D. A. Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por 1H-RMN. **Polimeros**, v. 20, n. 2, p. 85–91, 2010.
- COSTA, A. **Síntese e caracterização de partículas de acetato de celulose, a partir do caroço de manga, para produção de matrizes de liberação controlada de drogas**, 2010. 57 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química Instituto De Química Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2010.
- COSTA, L. L.; PRADO, A. G. S. **Aplicação de nanotubos de titânia na fotodegradação de corantes**, 2009 .100 p. Dissertação (Dourado em Química)- Programa de Pós-graduação em Química do Instituto de Química de Brasília, Brasília, 2009.
- DOTTO, G. L. **Adsorção de corantes alimentícios pelo biopolímero quitosana**, 2010 . 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Ciências de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande, 2010.
- ELLER, M.; LACEY, Q.; SCHIRMER, W. N. O uso da fotocatalise para a desinfecção e desodorização do ar interno. **Ambiência**, v. 4, n. 2, p. 309–325, 2008.
- DOTTO, G .L.; D, Mery, L. G. remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra ativada, terra diatomácea, quitina e quitosana: estudos de equilíbrio e termodinâmica. **Quimica Nova**, Vol. 34, No. 7, 1193-1199, 2011.
- Hoffmann, M. R.; Martin, S. T.; Choi. W.; Bahnemann, D., W. Chem. **Imobilização de Corantes no Material Híbrido Acetato de Celulose-Óxido de Titânio: Algumas Aplicações Eletroanalítica**, 1995. 95 p. Dissertação (Mestrado em Química) Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto Federal em Química do Rio Grande do Sul, 2006.
- HUANG, H. P. Outcome of microscopic excision of a subungual glomus tumor: A 12-year evaluation. **Dermatologic Surgery**, v. 41, n. 4, p. 487–492, 2015.
- JENNINGS, C. P. Adsorção de fármacos no meio ambiente. **Revista Dos Processos Químicos**, n. 7, p. 59–78, 2015.
- JUNIOR, O. K. **Modificação Química Do Bagaço De Cana E Celulose Usando Anidrido Do Edta Uso Destes Materiais Na Adsorção De Metais Pesados Em Solução Aquosa**. 2007. 113 p . Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. PRÓ-ÁGUA, Ouro Preto, 2007.

LUCENA, G. L.; SILVA, A. G.; HONÓRIO, L. M. C., SANTOS, V. D. **Remoção de corantes têxteis a partir de soluções aquosas por quitosana modificada com tioacetamida**. *Ambi-Agua*, Taubaté, v.8,n.1,p.144-154, 2013.

MARCONDES, J. G. Tratamento De Efluentes Fem, 2012 .43 p.Trabalho de Conclusão De Curso (Grau Química)- Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, Assis, 2012.

MEMBRANES, A.; NEUTRON, U. S. Cellulose Acetate Active Layer Membranes. p. 6777–6784, 1994.

MOREIRA, S. C. **Efeitos Ecotoxicológicos Dos Corantes Índigo Sintético E Natural Sobre a Microalga Raphidocelis Subcapitata E Sobre O Peixe Danio Rerio**. 2019. 100 p .Dissertação (Mestrado em ciências)-Instituto de Ciência e Tecnologia Da Universidade Estadual Paulista de Sorocaba, Sorocaba , 2019.

NASCIMENTO, R. F. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

PANDOLI, O.; ROSSOB, T. D.; SANTOS, V. M.; REZENDE, R. S.; MARINKOVIC, B. A. Prototipagem de microrreatores fotocatalíticos e testes de fotodegradação de corantes orgânicos. **Química Nova**, v. 38, n. 6, p. 859–863, 2015c

ROSSETTO, E. Caracterização de argilas bentonitas e diatomitas e sua aplicação como adsorventes. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2064–2067, 2009.

SÁ, F. P. **Adsorção e Fotodegradação de corantes, amarelo crepúsculo e azul brilhante, para tratamento de efluentes de indústrias alimentícias**. 2013. 109 p. Dissertação (Mestrado de Química)- Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2013.

SANTOS, F. D. **Avaliação do potencial de adsorventes de baixo custo para purificação de biodiesel etílico e estabelecimento das condições operacionais por metodologia de superfície**. 2015. 101 p .Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, I. B. **Aplicação de Tratamentos Eletroquímicos para Remediação de Solo Contaminado por Corante, 2017**. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Grau de Engenharia Ambiental)- Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande

do Norte, Natal, 2017.

SOUZA, R. M. DE. **Corantes naturais alimentícios e seus benefícios à saúde**. 2012. 65 p. Dissertação de Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia).Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2012.

VALENTE, A. J. M. et al. Transport of solutes through calix[4]pyrrole-containing cellulose acetate films. **European Polymer Journal**, v. 43, n. 6, p. 2433–2442, 2007.

VENEU, D. M. Selective Flotation of Sulphides From a Gold Mining Operation.

Engevista, v. 19, n. 2, p. 447, 2017.

ZAMAN, S. Low-Cost Sustainable Technologies for the Production of Clean Drinking Water—A Review. **Journal of Environmental Protection**, v. 05, n. 01, p. 42–53, 2014.

ZANONI, M. V. B.; YANAMAKA, H. **Corantes: Caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**, v. 54, n. 4, p. 1–154, 2016.

ZHAO, K.; LI, Y. Dielectric characterization of a nanofiltration membrane in electrolyte solutions: Its double-layer structure and ion permeation. **Journal of Physical Chemistry B**, v. 110, n. 6, p. 2755–2763, 2006.