



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I BODOCONGÓ CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ELIZANDRO LIMA FREITAS

ESTUDO DO SISTEMA: QUITOSANA/ Ag NA ADSORÇÃO DE CORANTES

**CAMPINA GRANDE
2018**

ELIZANDRO LIMA FREITAS

ESTUDO DO SISTEMA: QUITOSANA/ Ag NA ADSORÇÃO DE CORANTES

Monografia apresentada à banca examinadora do Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), como exigência para obtenção do grau de Licenciado em Química.

Área de concentração: Química Inorgânica/
Físico-Química

Orientador: Prof. Dra. Vandeci Dias dos Santos

CAMPINA GRANDE
2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F862e Freitas, Elizandro Lima.
Estudo do sistema [manuscrito] : quitosana/ag na adsorção de corantes / Elizandro Lima Freitas. - 2018.
36 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Vandeci Dias dos Santos, Departamento de Química - CCT."
1. Indústria têxtil. 2. Efluente. 3. Absorbância. 4. Nanopartícula de prata. I. Título

21. ed. CDD 338.45

ELIZANDRO LIMA FREITAS

ESTUDO DO SISTEMA: QUITOSANA /Ag NA ADSORÇÃO DE CORANTES

Monografia apresentada à banca examinadora do Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), como exigência para obtenção do grau de Licenciado em Química.

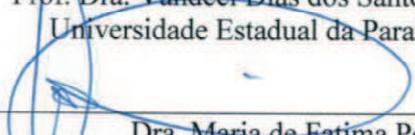
Área de concentração: Química Inorgânica/
Físico-Química.

Aprovado em: 29/11/2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Vandeci Dias dos Santos (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dra. Maria de Fatima Pereira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Kátya Dias Neri
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

DEDICO, aos meus pais, minha tia e aos poucos amigos pela dedicação, pelas palavras de otimismo, companheirismo e amizade durante todo esse período de Universidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a deus por ter me dado saúde e determinação para continuar, quando nem eu mas acreditava ser possível a realização desse sonho, pois o senhor me mostrou que tudo é possível basta acreditar e confiar que tudo se realizará no tempo certo.

A Universidade Estadual da Paraíba, pelo corpo docente, direção e administração que oportunizaram uma janela que hoje vislumbro um horizonte superior e, principalmente pelas amizades que aqui fiz, que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

À professora Vandeci Dias dos Santos pelas oportunidades a mim confiadas e pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação, mas principalmente pelo exemplo de ser humana, de profissional que és.

A minha mãe Eliane e ao meu pai Antônio, que sem o apoio de vocês nada disso seria possível, se hoje cheguei até aqui foi em grande parte graças a vocês, pois sempre me apoiaram com palavras de conforto e otimismo quando eu falava que não iria conseguir continuar, obrigado por tudo o que vocês representam para mim.

A minha tia Elisete, minhas primas Jéssica, Janaina, Juliana e Julieta meus irmãos Elisergio e Ana Alice, que mesmo morando longe me apoiaram e acreditaram em mim, sou grato por tudo.

Aos meus avós (*in memoriam*), embora estejam fisicamente ausentes, sentia sua presença ao meu lado, dando-me forças para continuar, devo a vocês uma parte desse sonho que está sendo realizado.

Aos professores da UEPB, em especial, Kaline Moraes, Katya Dias Nery, Juracy Regis de Lucena, Maria da Conceição da Nóbrega, Vanusa, Verônica, Helionalda que contribuíram ao longo desses anos, por meio das disciplinas e debates, para a minha formação acadêmica.

Em especial a minha amiga do projeto de PIBIC, Rénally Marrally, por toda a paciência e dedicação para comigo e por todos os conhecimentos adquiridos durante todo esse tempo de pesquisa, por ter tornado minhas tardes mais felizes, mas além disso, quero agradecer pela pessoa generosa, humilde e divertida que és.

Aos meus amigos Raquel Araújo Luna, Hamilton Macêdo e Hesley Eneias com os quais tive o prazer de conviver durante o meu ensino médio e que contribuíram com /palavras e gestos, que me fortaleceram durante minha graduação.

E em especial aos meus amigos e colegas de Universidade Angélica Marques, Camila Nunes, Daniela Brito, Diego Eduardo, Erika Domingos, Luana Lima, Lucélia Lopes, Juliana Felix, Gêssica Garcia, Hadassa, Fernanda Abrantes, Marinaldo da Silva, Marcilane Faustino, Michele Alves, Rayane Freitas, Tatiane Porto, Wesley Gledston, Rute Alcântara e Valesca Silva por todos os momentos de felicidades compartilhados na Universidade, pelas as palavras de apoio e incentivos diante dos obstáculos, e por toda as vezes que choramos ou rimos em vésperas de provas.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse dia se concretizasse, meu muito obrigado.

RESUMO

O crescimento desenfreado dos produtos de alta tecnologia, faz com que o ser humano perca a noção da quantidade de resíduos gerados e descartados de forma inadequada. Um problema sério de poluição dos recursos hídricos é o descarte de efluentes de origem têxtil, em córregos, rios e lagos, pois esse tipo de poluição chega a ser visível mesmo em baixas concentrações e apresenta em sua constituição uma elevada carga de metais pesados e moléculas orgânicas não degradáveis, sendo assim, altamente prejudicial à saúde humana, como também a biota dos rios. Uma vez que, essas substâncias podem causar câncer e mutações genéticas. As fibras naturais e sintéticas sofrem modificações em suas colorações e para isso, usa-se corantes, gerando efluentes com cargas altamente poluidoras, contaminando o meio ambiente. A água é um recurso natural não renovável e por isso, devemos ter a consciência da preservação e conservação da mesma. Nas indústrias têxtil, a etapa mais crítica é o processo de tingimento das roupas. Sabe-se que para produzir 1 Kg de roupa tingida, usa-se cerca de 150 L de água. Para tentar sanar esses problemas, vários estudos têm sido desenvolvidos acerca de materiais bioadsorvente e de baixo custo. Neste contexto, a quitosana tem se destacado por apresentar várias propriedades que a torna um ótimo adsorvente, dentre as quais destacam-se: um elevado grau de porosidade, facilidade de sofrer modificações físicas e químicas, ser derivada do segundo maior polissacarídeo abundante na natureza (quitina), baixo custo entre outros. Neste trabalho, o principal objetivo foi realizar um estudo acerca da absorvância e da transmitância usando-se esferas de quitosana/Ag na adsorção dos corantes de um efluente coletado em indústria têxtil. Para as determinações desses parâmetros, foi utilizado o espectrofotômetro Uv-Vis Bomem-Michelson FT-IR, modelo MB-102. Os dados foram obtidos em função do tempo de contato das esferas com o efluente, no qual foi possível observar a relação da absorvância com a transmitância, obtendo uma remoção de mais de 50% da coloração do corante.

Palavras-Chave: Indústria Têxtil. Efluente. Absorvância.

ABSTRACT

The unbridled growth of high technology products causes the human being to lose track of the amount of waste generated and discarded inappropriately. A serious problem of pollution of water resources is the disposal of textile effluents in streams, rivers and lakes, since this type of pollution becomes visible even in low concentrations and presents in its constitution a high load of heavy metals and molecules non-degradable organic matter, thus being highly detrimental to human health, as well as the biota of rivers. Since these substances can cause cancer and genetic mutations. The natural and synthetic fibers undergo modifications in their colorations and for this, dyes are used, generating effluents with highly polluting loads, contaminating the environment. Water is a non-renewable natural resource and therefore we must be aware of the conservation and conservation of it. In the textile industry, the most critical step is the dyeing process. It is known that to produce 1 kg of dyed clothing, about 150 L of water is used. To try to remedy these problems, several studies have been developed on bio-absorbent and low-cost materials. In this context, chitosan has been characterized by several properties that make it a great adsorbent, among which we can highlight: a high degree of porosity, ease of undergoing physical and chemical changes, being derived from the second largest polysaccharide abundant in nature chitin), low cost and others. In this work, the main objective was to perform a study on absorbance and transmittance using chitosan / Ag beads in the adsorption of dyes from an effluent collected in the textile industry. For the determinations of these parameters, the Bomem-Michelson FT-IR Uv-Vis spectrophotometer, model MB-102 was used. The data were obtained as a function of the time of contact of the spheres with the effluent, in which it was possible to observe the relation of the absorbance with the transmittance.

Keywords: Textile industry. Effluent. Absorbance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da Quitina e da Quitosana.....	16
Figura 2- Fluxograma de desacetilação	17
Figura 3-Esquema de adsorção.....	22
Figura 4-- Componente de um espectrofotômetro.....	24
Figura 5- Fluxograma da síntese das esferas	26
Figura 6-- Nanopartículas com esferas de quitosana	27
Figura 7- Fluxograma da síntese das nanopartículas de prata com as esferas de quitosana.....	27
Figura 8-Picos de absorbância.....	29
Figura 9-Gráficos de Adsorção.....	31
Figura 10-: Efluente depois do Processo de Adsorção	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-- Propriedades e característica das nanopartículas	18
Quadro 2-Principais aplicações da quitosana	19
Quadro 3-Tempo de retirada das amostras no processo de adsorção.....	30
Quadro 4- Transmitância versos tempo de contado	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Principais grupos de corantes têxteis mais usados	22
Tabela 2-quimiosorção e fisiorção.	23
Tabela 3-Reagentes utilizados na pesquisa	25
Tabela 4-Vidrarias e equipamentos usados	25
Tabela 5-Valores dos pontos centrais e dos pontos médios	28

LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
mL	Mililitro
min	Minuto
pH	Potencial Hidrogeniônico
QTS	Quitosana
QTS/Ag	Quitosana com Prata
rpm	Rotação Por Minuto
TTP	Tripoliofosfato de Sódio
Uv-Vis	Ultravioleta e Visível
A	Absorbância
Ag	Prata
a	Constante de absorvidade
b	Caminho óptico
c	Espécie absorvente
ϵ	Absortividade Molar
I_0	Radiação Incidente
I	Radiação Transmitida
λ	Comprimento de Onda
M	Molar
Y	Absorbância
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	13
2.0- FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	14
2.1 – Quitina e Quitosana	15
2.2- Processo de desacetilação da Quitina/ Quitosana	16
2.3- Nanopartícula de prata (Ag).....	17
2.4- Aplicação da quitosana.....	18
2.5 Efluente têxtil	20
2.5.1- Tipos de corantes usados na indústria têxtil.....	21
2.6- Processo de adsorção.....	22
2.7- Espectrofotômetro Uv-vis	23
2.8- Lei de Lambert-Beer	24
3.0 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	25
3.1- Metodologia da preparação da quitosana e das esferas de quitosana.....	25
3.1.1- Sistema de síntese das esferas de quitosana	26
3.2- síntese das nanopartículas com as esferas de quitosana	26
3.3- Planejamento Experimental.....	27
4.0- DISCUÇÕES E RESULTADOS	29
4.1- Ensaio de Adsorção	29
5.0- CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O homem no decorrer da história buscou sempre melhorar o meio onde vive, buscando cada vez mais uma melhor qualidade de vida, isso também se aplica aos produtos e serviços de modo geral. Porém essa busca ao longo dos anos trouxe para a humanidade problemas sérios ambientais, que prejudica não só a saúde humana, mas também a qualidade do meio onde vivemos.

Várias são as formas com que o homem polui o meio, afim de obter produtos cada vez mais sofisticados e aperfeiçoados com uma boa qualidade e conseqüentemente obter lucro. A contaminação pode ocorrer de várias formas distintas, dentre as quais pode-se citar a geração de resíduos sólidos e o lançamento de efluentes em corpos d'água e/ou no próprio solo, o que vêm a proporcionar um desequilíbrio ambiental. Seja a poluição do ar, da água e do solo. Em qualquer área dessas três esferas os impactos causados são catastróficos para a vida existencial no planeta (SANTOS,2010).

Uma das formas de poluição mais preocupante na atualidade é a emissão de efluentes de origem têxtil sem tratamento e com uma carga enorme de corantes lançados diariamente em cursos d'água que podem causar um rápido esgotamento do oxigênio dissolvido e levar a um grande dano ambiental. Quando os corantes estão disponíveis no sistema de água, a luz solar penetra pouco nas camadas mais profundas, o que perturba a atividade fotossintética resultando na deterioração da qualidade da água, diminuindo a solubilidade do gás e finalmente causando efeitos tóxicos agudos na flora e fauna aquáticas (LALNUNHLIMI; KRISHNASWAMY, 2016)

A poluição de corpos d'água com estes compostos provocam, além da poluição visual, alterações nos ciclos biológicos afetando principalmente processos de fotossíntese, de acordo com (KUNZ E PERALTA-ZAMORA,2002).

Segundo dados da ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção), a indústria têxtil no Brasil é o segundo maior polo gerador de empregos no país perde apenas para o setor de alimentos e bebidas. No que se refere a indústria de transformação gera aproximadamente 1,6 milhões de empregados diretos. O Brasil é o quinto maior produtor têxtil do mundo (ABIT,2016).

Uma das etapas mais preocupantes e que mais gera resíduos industriais na forma de efluentes com diversos tipos de corante e conseqüentemente uma grande variedades de produtos químicos é a etapa de tingimento. Sendo a indústria têxtil uma das maiores geradoras de efluentes líquidos, sabe-se que cerca de 150 litros de água são necessários para

produção de um quilo de tecido, sendo que, desse volume são descartados 88% como efluentes líquidos e 12% são perdidos por evaporação (LEAO et. al., 2002).

Pensando nessas questões ambientais causados pelas indústrias têxtil, esse trabalho tem por objetivo fazer um estudo de adsorção de efluentes de uma indústria de confecção e tingimento de jeans, localizada no estado de Pernambuco, na qual não sabemos as concentrações e nem quais os tipos de corantes estão presentes nesse efluente.

Este trabalho foi realizado a partir da pesquisa previamente testada utilizando-se esferas de quitosana/Ag em águas contaminadas com corantes industriais, realizada no laboratório da Universidade Estadual da Paraíba (LATEQ), localizada no campus 1 no bairro do Bodocongó. A pesquisa teve por objetivo remover o máximo de corante possível utilizando a quitosana como agente de adsorção e para essa finalidade a quitosana foi reticulada na forma de esfera de quitosana pura e esfera de quitosana com nanopartículas de prata.

2.0- FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Nas últimas décadas os problemas ambientais se intensificaram devido ao crescimento populacional e ao aumento do setor industrial para suprir as necessidades da população. Esse aumento das atividades industriais causa sérios problemas para o meio ambiente, seja no solo, no ar ou na água. Nesse contexto, a poluição dos recursos hídricos ganha destaque no que se refere a indústria têxtil, pois nessas indústrias de tinturarias é gerado uma grande quantidade de efluente com uma alta taxa de metais pesados, que se não tratados de forma adequada causa problemas catastróficos no ambiente podendo atingir o abastecimento de água (KUNZ,2002).

Estudos mostram que o setor industrial têxtil é o que mais produz efluentes com uma alta carga de corantes que na maioria das vezes são tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos. Esses efluentes podem ser detectado pelo olho humano mesmo em baixa concentração quando lançados em rios e lagos devido a alteração de coloração dos mesmos. Além disso apresentam efeitos adversos em termos de impactos de demanda química de oxigênio (DQO) afirma (PEIXOTO et al, 2013).

De acordo com (REIS e ANJOS) A remoção desses corantes é um dos grandes problemas enfrentados pela sociedade moderna, pois se os efluentes não forem tratados adequadamente, modificam o ecossistema podendo atingir a saúde da população.

Segundo o CONAMA (conselho nacional do meio ambiente), no artigo 3º: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos

receptores após o devido tratamento e desde que obedecem às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.”

Com o aumento da produção e conseqüentemente o avanço da tecnologia das últimas décadas, a procura de materiais alternativos e de baixo custo com propriedades adsorventes tem crescido ultimamente, pois esses materiais apresentam “propriedades que potencializam determinadas funções, tais como características mecânicas, físico-químicas e propriedades funcionais especiais” (SILVA,2017).

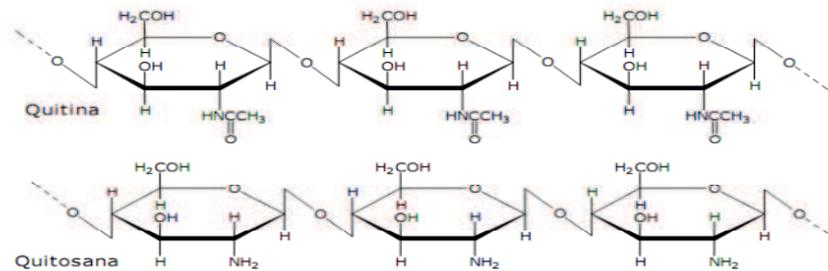
Métodos tradicionais para a remoção de corantes são relativamente caros e tecnicamente complicados para se trabalhar. Dessa forma a adsorção surge como uma alternativa, pois utiliza-se materiais de baixos custos tais como, O carvão ativado que se destaca por apresentar uma alta área superficial específica e por ser um material poroso, já a quitina e quitosana são biopolímeros renováveis, de baixo custo e suscetíveis a alterações químicas para aumentar sua capacidade de adsorção além de apresentar um grau de porosidade quando usadas na forma de esferas, já terra ativada e a terra diatomácea destacam-se pelo seu baixo custo e alta área superficial específica, afirma (DOTTO e VIEIRA,2011).

Para Crini e Badot (2008), os materiais adsorventes para serem aceitos é necessário que apresente baixo custo, uma alta disponibilidade, alta capacidade de adsorção, alta seletividade e eficiência na remoção de diversos corantes.

Os biopolímeros são polímeros de origem natural e de fontes renováveis e suas principais fontes são o milho, a cana-de-açúcar, a celulose, a quitina entre outros. A celulose é o biopolímero mais abundante na natureza é encontrado praticamente em todos os locais onde há presença de plantas. A quitina é o segundo maior polímero encontrado na natureza, pois é encontrado principalmente em carapaças de camarão, siri e em animais marinhos e em exoesqueletos de insetos (ROSA, 2008; LIMA,2012;)

2.1 – Quitina e Quitosana

Na natureza a quitina é o segundo maior polissacarídeo natural e biodegradável, encontrado em grande parte em ambientes marinhos, em alguns invertebrados e em alguns fungos, perde apenas para a celulose. E ao passar pelo processo de desacetilação a quitina transforma-se em um biopolímero conhecido como quitosana. A Figura 1 mostra as estruturas da quitina e da quitosana e o processo de desacetilação está descrito na Figura 2, que mostra o fluxograma do processo de desacetilação. (NEVES; SCHAFFNER; et al,2013).

Figura 1. Estrutura da Quitina e da Quitosana

Fonte: CHAVES (2009)

A quitosana é um biopolímero obtido pela desacetilação e é composto por ligações $\beta(1 \rightarrow 4)$ de N- acetil D-glicosamina possui cadeia linear, catiônico com a protonação (adição de prótons) do grupo amino (NH_3^+), podendo ser obtido pela desacetilação da quitina, diferenciando-se da quitina em termos de proporção de grupos aminos e o grau de solubilidade. Essa característica da quitosana de apresentar íons amônio livres, a torna um biopolímero com capacidade de reagir com várias moléculas, podendo ser usada na forma de pó, de esferas ou filmes (NEVES; SCHAFFNER; et al,2013; ROSA,2008).

Os grupos funcionais presentes na molécula da quitosana, são as hidroxilas (OH) e os grupos aminos (NH_2), que podem sofrer modificações químicas possibilitando assim, uma maior estabilidade química e mecânica, (SANTOS,2010).

As propriedades da quitosana torna-se mais intensas quando sofre alterações físicas em sua estrutura, transformando-se em nanopartículas, esferas, filmes ou nanocascas. O motivo desse aumento da intensidade é devido ao aumento da área superficial de contato e consequentemente a quantidade dos grupos amino protonados expostos para se ligar a outras moléculas (SOUZA,2017).

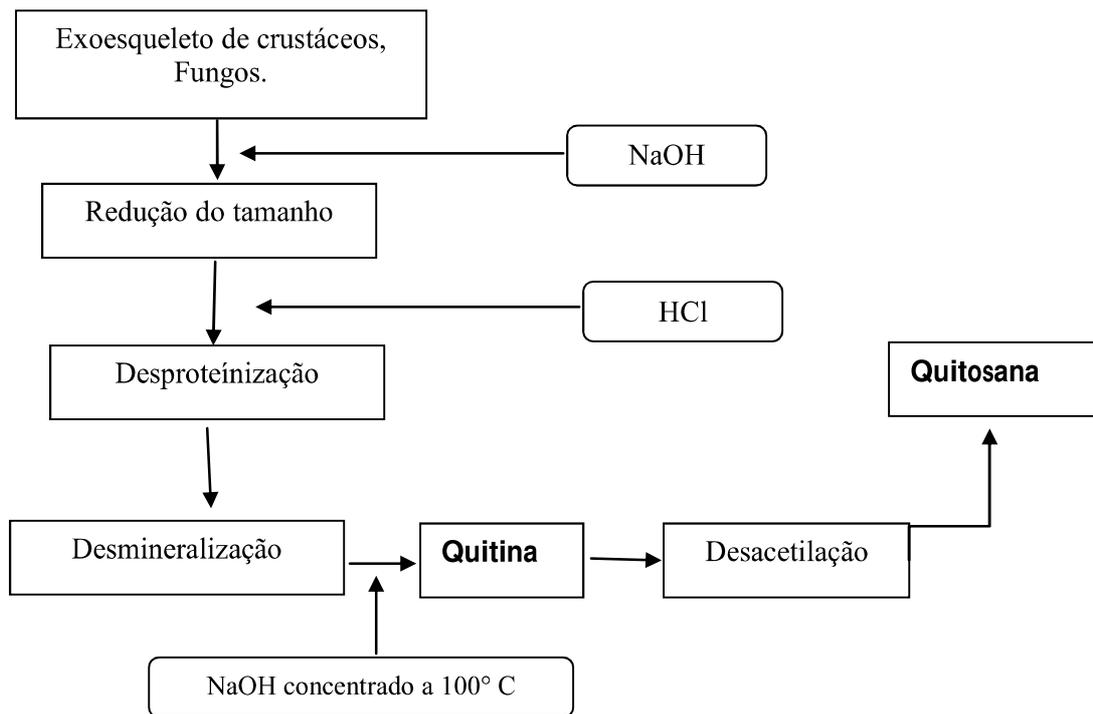
É muito comum o uso da quitosana na forma de pó ou de flocos nos processos de adsorção, porém segundo (LUCENA et al, p. 146, 2013):

Nestas formas a quitosana apresenta desvantagens como solubilidade em meio ácido que inviabiliza o processo de reciclagem, e baixa área superficial interna que limita o acesso aos sítios de adsorção (grupos amino) não expostos diminuindo assim a capacidade máxima e a velocidade do processo de adsorção.

2.2- Processo de desacetilação da Quitina/ Quitosana

O processo de obtenção da quitosana ocorre através da desacetilação parcial da quitina que por sua vez é extraída da natureza através das carapaças de caranguejos, camarões, fungos e etc. Com o processo de desacetilação os grupamentos acetamido ($-\text{NHCOCH}_3$) da quitina são transformados em grupos amino ($-\text{NH}_2$), em graus variados, dando origem a quitosana, sendo assim possível a sua solubilidade em ácidos fracos, afirma (LIMA,2015).

Figura 2- Fluxograma de desacetilação



Fonte: (STREIT,2004)

As propriedades da quitosana está diretamente ligado ao grau de desacetilação e a sua massa molar, pois essas duas propriedades definem a solubilidade desse biopolímero em meio aquoso, enquanto que a quitina não reage e é insolúvel. O fato da quitosana ser bastante reativa está ligado ao fato de apresentar em sua molécula vários grupos de íons amônio, o que causa repulsão eletrostática entre as cadeias e maior solvatação em água, resultando em uma maior solubilidade, afirma (ABREU,2013).

2.3- Nanopartícula de prata (Ag)

Segundo Garcia (2011), a nanociência pode ser definida como o estudo dos fenômenos e manipulação de materiais na escala atômica, molecular e macromolecular, onde suas propriedades diferem consideravelmente, afirma ainda que, a ordem de grandeza das

nanopartículas é de 10^{-9} , sendo um “nano” aproximadamente cerca de 100 000 vezes menor do que a espessura de um fio de cabelo.

O uso das nanopartículas é considerado recente pela comunidade científica, o maior interesse por essas nanopartículas é atribuído devido as possibilidades de controle sobre os componentes estruturais e os diversos campos de aplicação das mesma, que podem ser aplicados na construção de sensores, na microeletrônica, na catalise, ser utilizado como bactericidas, na célula fotovoltaica entre outras. O uso das nanopartículas está sendo muito empregado por também possuem propriedades ópticas, eletrônicas, magnéticas, e catalíticas, segundo (JÚNIO e SANTOS et al, 2012).

As nanopartículas de prata apresentam propriedades microbicida e fungicida e uma vasta aplicação no campo da medicina, da biotecnologia, na indústria de cosméticos, na indústria têxtil e em produtos eletroeletrônicos. Na área da medicina vem sendo usada na fabricação de próteses ósseas, de equipamentos cirúrgicos, tecidos e em implantes. Um uso estudo mais recente está sendo desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco, acerca do uso das nanopartículas de prata para eliminação de bactérias que causa a carie, segundo (BENEDITO et al, 2017). No quadro 1 é mostrado as principais propriedade e características das nanopartículas.

Quadro 1- Propriedades e característica das nanopartículas

Propriedade	Característica
Mecânicas de nanomateriais	Torna os materiais mais resistentes, fortes e leves.
Ópticas dos nanomateriais	A nanotecnologia busca desenvolver lasers e diodos preparados a partir de materiais semicondutores de tamanho nanométrico, que possam assim emitir luz com frequências bem definidas.
Magnéticas dos nanomateriais	Está diretamente ligado ao tamanha da partícula. A aplicação de um enorme progresso nos últimos anos devido à possibilidade de fabricação controlada de filmes metálicos extremamente finos, com espessura igual a 1 nm, ou menor.

Fonte: (GARCIA,2011).

2.4- Aplicação da quitosana

A quitosana devidos as suas propriedades de adsorção, atoxidade e por exibir atividade antimicrobiana é atualmente um dos polímeros mais utilizados em diversas áreas da ciência, além de ser um polímero de fácil obtenção, é biocompatível e biodegradável (AZEVEDO,2007; SOUZA,2017).

Segundo Azevedo, a quitosana apresenta um potencial multidimensional de aplicações, passando pela área alimentícia como em nutrição, biotecnologia, ciência dos materiais, drogas e produtos farmacêuticos, agricultura e proteção ambiental, e recentemente na terapia genética (LARANJEIRA e FÁVERE, 2009; SILVA,2017)

Na área da saúde a quitosana constitui uma classe emergente de biomateriais com aplicação em vários campos biomédicos, tais como, regeneração tecidual, particularmente para cartilagem; dispositivos de liberação controlada de fármacos e sistemas de imobilização de células em gel, afirma (LARANJEIRA e FÁVERE, 2009).

Segundo Laranjeira e Fávere (2009, p. 672) o uso da quitosana como biomaterial ocorre devido:

A alta hidrofiliabilidade da quitosana, devida ao grande número de grupos hidroxila e grupos amino presentes na cadeia polimérica, permite sua utilização como biomaterial na forma de micropartículas, gel e membrana em diversas aplicações, como veículo de liberação de fármacos, bandagens, géis injetáveis, membranas periodontais etc.

Na agricultura a quitosana vem sendo empregada como biofilmes na preservação de frutas, legumes e sementes contra a deterioração causados por microrganismos, e para estimular o sistema imunológico da planta, contra o ataque de patógenos, favorecendo assim o seu crescimento e conseqüentemente aumentar a produção vegetal, segundo (RAMOS et al,2011).

Na indústria a quitosana é usada como bioadsorvente no processo de adsorção no tratamento de efluente principalmente de origem têxtil, na qual a uma grande quantidade espécies químicas como metais pesados estão presentes nesses tipos de efluente. A grande vantagem deste processo é a possibilidade de recuperação do corante na forma concentrada e a reutilização do adsorvente no processo, afirma (KIMURA et al,1999). No Quadro 2 está descrito as principais propriedades da quitosana.

Quadro 02- Principais aplicações da quitosana

SETOR	ATUAÇÃO/ AÇÃO
INDÚSTRIA	Purificação de águas residuárias de indústrias Estabilizantes de gorduras em preparações de alimentos Estabilizante de aromas Meio de troca iônica

Continuação

CÓSMETICOS	Encapsulação de fragrâncias, pigmentos e ingredientes ativos. Loções e cremes protetores; Umectantes Produtos dentários; Agentes cicatrizantes Xampus e condicionadores
SAÚDE/NUTRIÇÃO	Agente absorvedor de gorduras; Redução de colesterol LDL Regeneração de ferimentos Auxiliar no controle da pressão arterial; Regenerador de estrutura óssea; Redução do nível de ácido úrico; Promoção da perda de peso; Auxilia na redução do colesterol L Bactericida/antiviral Inibe a formação de placas dentárias Aumenta a absorção de cálcio; Membranas artificiais;
AGROINDÚSTRIA	Absorvente na remoção de metais pesados; Proteção bactericida de sementes; Estabilizante de frutas e verduras perecíveis;
BIOTECNOLOGIA	Suporte de imobilização de enzimas e células microbianas;

(FONTE: MENDES et al., 2011)

2.5 Efluente têxtil

De acordo com Guaratini e Zanoni (1999), o processo de tingimento ocorre em três etapas diferentes: a montagem, a fixação e o tratamento final. A fixação do corante a fibra ocorre através de reações químicas.

A etapa mais crítica para o meio ambiente é o processo de tingimento, pois utiliza-se uma grande quantidade de água, estima-se que cerca de 15% da produção mundial de corantes é perdida para o meio-ambiente durante a síntese, processamento ou aplicação desses corantes na peça (GURATINI e ZANONI,1999).

Os efluentes têxteis possuem baixa biodegradabilidade e isso é em decorrência da grande presença de corantes e substâncias surfactantes e aditivos de estruturas complexas, sendo o tingimento e o acabamento os principais responsáveis pela grande quantidade de efluentes lançados ao meio ambiente, afirma (ALVES,2013).

Segundo Lucena et al (2013), Alguns destes poluentes são corantes reativos, que por sua vez são compostos não biodegradáveis e detectáveis a olho nu mesmo em baixas concentrações.

Para minimizar os problemas causados pelos efluentes têxteis, a legislação ambiental através da resolução do conselho nacional do meio ambiente (Conama), tem atuado fortemente obrigando as empresas a tratarem dos seus resíduos líquidos e a fazerem a automonitorização de seus rejeitos constantemente afim de verificar se o efluente que sai está

dentro dos padrões estipulados pela resolução, no que se refere a concentração, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH e entre outros parâmetros também estipulados pela lei, (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE,2011).

2.5.1- Tipos de corantes usados na indústria têxtil

De acordo com Guaratini e Zanoni (1999), Os corantes podem ser classificados de acordo com sua estrutura química (antraquinona, azo e etc.) ou de acordo com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil. Os corantes apresentam dois grupos principais: o grupo cromóforo, que é responsável pela cor que absorve a luz solar, e o grupo funcional, que é responsável pela fixação do corante no tecido (SILVA,2017). As principais classes de corantes são:

Corantes reativos são corantes contendo um grupo eletrolítico (reativo) capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas. Sendo que neste tipo de corante, a reação química se processa diretamente através da substituição do grupo nucleofílico pelo grupo hidroxila da celulose.

Corantes diretos esse grupo caracteriza-se como compostos solúveis em água capazes de tingir fibras de celulose (algodão, viscose, etc.) através de interações de Van der Waals. Esta classe de corantes é constituída principalmente por corantes contendo mais de um grupo azo ou pré-transformados em complexos metálicos.

Corantes azoicos são compostos coloridos, insolúveis em água, que são realmente sintetizados sobre a fibra durante o processo de tingimento.

Corantes ácidos Estes grupos substituintes ionizáveis tornam o corante solúvel em água, e têm vital importância no método de aplicação do corante em fibras protéicas (lã, seda) e em fibras de poliamida sintética.

Corantes à Cuba Eles são aplicados praticamente insolúveis em água, porém durante o processo de tintura eles são reduzidos com ditonito, em solução alcalina, transformando-se em um composto solúvel (forma leuco).

Corantes de Enxofre É uma classe de corantes que após a aplicação se caracterizam por compostos macromoleculares com pontes de polissulfetos (- Sn-), os quais são altamente insolúveis em água.

Corantes Dispersivos Constitui uma classe de corantes insolúveis em água aplicados em fibras de celulose e outras fibras hidrofóbicas através de suspensão (partículas entre 1 a 4 micra). Esta classe de corantes tem sido utilizada principalmente para tinturas de fibras sintéticas, tais como: acetato celulose, nylon, poliéster e poliácridonitrila.

Corantes Pré- Metalizados são caracterizados pela presença de um grupo hidroxila ou carboxila na posição ortho em relação ao cromóforo azo, permitindo a formação de complexos com íons metálicos. Neste tipo de tintura explora-se a capacidade de interação entre o metal e os agrupamentos funcionais portadores de pares de elétrons livres, como aqueles presentes nas fibras proteicas. Na Tabela 1, estão descritos os principais corantes mais usados de acordo com as fibras.

Tabela 1- Principais grupos de corantes têxteis mais usados

CORANTE	SUBSTRATOS
Básico ou catiônicos	Acrílicos, lã, seda e fibras
Ácidos ou aniônicos	Seda, náilon, couro, lã
Reativos	Algodão e lã
Diretos ou substantivos	Lã, seda e algodão
Dispersos	Poliéster e náilon
Corantes sulfurosos	Algodão

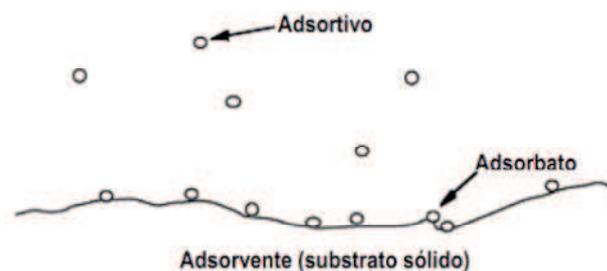
Fonte: Hunger (2003)

2.6- Processo de adsorção

O fenômeno da adsorção é conhecido desde o século XVIII, quando se observou que certa espécie de carvão retinha em seus poros grandes quantidades de vapor d'água, o qual era liberado quando submetido ao aquecimento (SANTOS,2010).

O contato do adsorbato com o adsorvente é o processo que favorece a retirada da substância de interesse, isso é possível pois o adsorbato, geralmente é um fluido, se acumula na superfície do adsorvente (sólido), na qual o adsorbato apresenta-se em quantidades finitas de moléculas de um fluido, afirma (SANTOS,2010). A Figura 3, apresenta exemplo do processo de adsorção, no qual é possível observar a retenção da substância de interesse pelo o adsorvente.

Figura 3-Esquema de adsorção



(Fonte: PAGANINI, 2007)

O processo de adsorção pode ser classificado em adsorção química ou física, isso dependerá da intensidade das forças envolvidas. A tabela 2 apresenta algumas diferenças entre elas.

Tabela 1-quimiosorção e fisiosorção.

Quimiosorção	Fisiosorção
A espécie sofre uma transformação dando origem a outra substância diferente.	A espécie adsorvida conserva sua natureza
A quantidade adsorvida depende tanto do adsorvato como do adsorvente.	A quantidade adsorvida depende mais do adsorvato do que do adsorvente
Apresenta especificidade elevada	Apresenta baixa especificidade
Adsorção pode ocorrer em temperaturas elevadas	Adsorção apreciável somente abaixo do ponto de ebulição do adsorvato
Forças comparáveis a ligação química	Forças de Van Der Waals
Energia de ativação elevada	Energia de ativação baixa
Adsorção somente em monocamadas	Adsorção pode acontecer em multicamadas
Calor de adsorção superior a 20 KJ/ mol	Calor de adsorção inferior a 20 KJ/mol

(Fonte: MONTALVO ANDIA,2009; ALVES,2013)

O processo de adsorção física ou Fisiosorção é caracterizado pela interação fraca das moléculas adsorvidas com a superfície do adsorvente e, a energia é insuficiente para que ocorra a quebra das ligações, mantendo-se assim a sua identidade, enquanto que, no processo de adsorção química ou quimiosorção possui interações fortes e em baixas temperaturas demora longos períodos para atingir o equilíbrio (ALVES,2013).

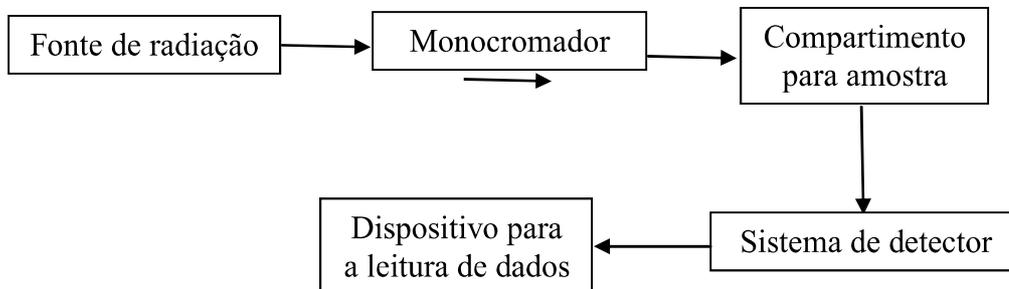
2.7- Espectrofotômetro Uv-vis

A espectrometria ultravioleta e visível (UV-VIS), é uma técnica muito utilizada para a determinação de compostos orgânicos e inorgânicos, sendo utilizada em diversas áreas da ciência. A espectroscopia molecular por sua vez auxilia na identificação de grupos funcionais e na quantificação dos grupos absorventes presentes em uma molécula, afirma (SALDANHA e ARAUJO,1999).

A fonte de radiação podem ser lâmpadas de deutério, que emitem na região do ultravioleta, lâmpadas de tungstênio que abrange a região do visível ou de arco de xenônio que abrange toda a região do espectro. O monocromador também chamado de caminho óptico, ele pode ser de feixe simples ou de feixe duplo, porém a diferença entre eles consiste

em descontar a potência que passa em uma solução denominada de branco simultaneamente com a amostra que está sendo analisada, o monocromador de feixe duplo compensar qualquer flutuação na potência radiante da fonte, exceto aquelas de duração mais curta. As amostras são colocadas dentro de uma cubeta ou cela que é dada em cm, eles deve conter paredes perfeitamente lisas e possuir um ângulo de 90° em relação ao feixe de luz para que possa absorver a fonte de radiação. O sistema de detecção de sinal podem ser um fotomultiplicador ou fotodiodo e o sinal é transmitido em um dispositivo eletrônico (SKOOG; WEST et al,2006) A figura 4 mostra um fluxograma com os componentes típicos de um espectrofotômetro ultravioleta e visível.

Figura 4-- Componente de um espectrofotômetro



Fonte: (Autor 2018)

2.8- Lei de Lambert-Beer

Cada espécie molecular é capaz de absorver energia em um determinado comprimento de onda (λ) característico da radiação eletromagnética, no qual resulta em um decréscimo da intensidade da radiação incidente (I_0). O processo de absorção é regido pela lei de Lambert-Beer ou simplesmente lei de Beer diz que, quando uma luz atravessa um meio que contém o analíto que absorver com um determinado comprimento de onda característico ocorre um decréscimo da intensidade na mesma proporção que o analíto é excitado (SKOOG; WEST et al, p. 678,2006).

Utilizando a lei de Beer, a absorbância (A), pode ser expressa pela a razão do logaritmo da potência radiante incidente (I_0), sobre a potência transmitida (I) expressar pela equação abaixo:

$$A = \log I_0 / I \quad (\text{eq. 01})$$

De acordo com a lei de Beer, a absorção é diretamente proporcional a concentração de uma espécie absorvente (c) e ao caminho óptico (b) do meio absorvente, expresso na equação abaixo:

$$A = \log (I_0 / I) = (abc) \quad (\text{eq. 02})$$

Na equação 02, A representa absorvidade, b o caminho óptico e c a concentração. A absorvidade molar possui unidades de $L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, quando a concentração é expressa em mol por litro e o caminho óptico em cm, e é dada por:

$$A = \epsilon bc \quad (\text{eq. 03})$$

Em que A é a absorvância; ϵ é absorvidade molar; b caminho óptico e c a concentração.

3.0 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A quitosana utilizada para a fabricação das esferas de quitosana possui um grau de desacetilação de 78%, foi doada pela empresa Primex (Oskarsgata, Siglufjordur- Islândia) para a realização da pesquisa. O agente reticulante que foi usado para modificar as propriedades físico químicas quitosana o tripoliofosfato de sódio (TPP). Nas Tabelas 3 e 4 estão os principais materiais utilizados na pesquisa.

Tabela 2-Reagentes utilizados na pesquisa

REAGENTE	FABRICANTE
Quitosana	Primex
Ácido acético Glacial P.A	Cinética
Tripoliofosfato de Sódio P.A	Aldrich
Nitrato de Prata	Biotec
Borohidreto de Sódio	Neon

(Fonte: própria,2018)

Tabela 3-Vidrarias e equipamentos usados

VIDRARIAS	EQUIPAMENTOS
Béqueres de tamanhos variados	Balança analítica (Marck da Tecnal)
Pipetas	Agitador mecânico
Erlenmeyer	Espectrofotômetro Bomem-Michelson FT-IR, modelo MB-102
Placa de petri	Suporte universal

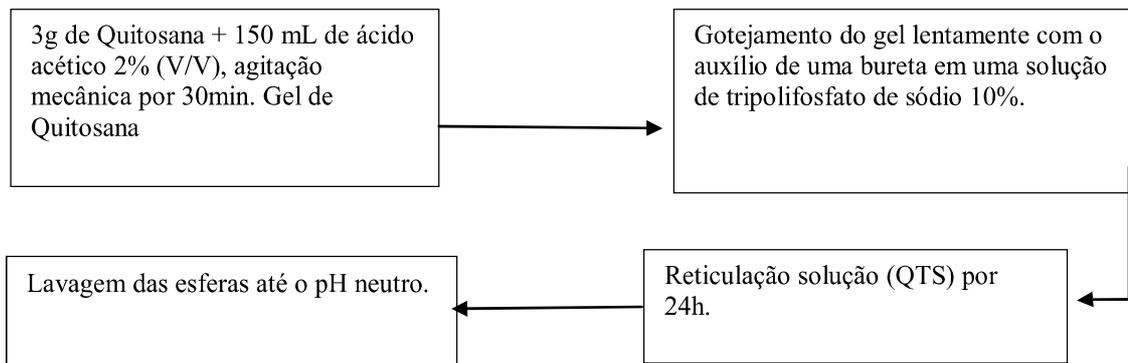
(Fonte: própria,2018)

3.1- Metodologia da preparação da quitosana e das esferas de quitosana.

Preparou-se uma solução de quitosana, pesando 3 gramas de quitosana (QTS) na forma de pó, em um volume de 150 mL de ácido acético 2% (v/v) em 400 mL de água destilada, sob agitação mecânica por 30 min.

Para a formação das esferas utilizou-se de uma bureta para o escoamento da solução de quitosana, na forma de gel, e de um agente reticulante (tripolifosfato de sódio a 10%), para modificar as propriedades da quitosana e da mais resistência as esferas formadas, de acordo com (PEREIRA et al, 2013).

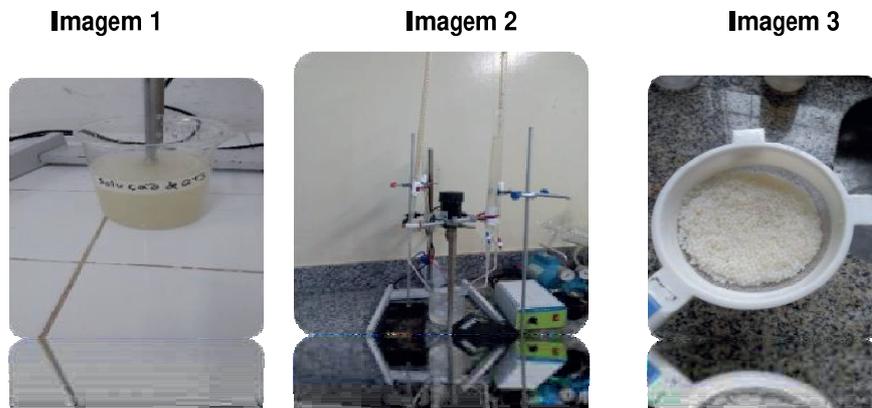
Figura 4- Fluxograma da síntese das esferas



(Fonte: Elaboração própria, 2018)

3.1.1- Sistema de síntese das esferas de quitosana

As imagens abaixo mostram de uma de uma forma mais simplificada como foi realizado a síntese das esferas de quitosana.



Na imagem 1, foram utilizados 3 g de pó de quitosana em um volume de 150 mL de ácido acético a 2 % (V/V), que ficou sobre agitação mecânica por 30 min, a solução adquiriu uma consistência de gel.

Na imagem 2, mostra o sistema de gotejamento utilizado para a formação da esfera de quitosana sendo reticulada por 24 h no tripolifosfato de sódio 10%.

A imagem 3, mostra as esferas depois de lavadas com água destilada até o pH neutro.

3.2- síntese das nanopartículas com as esferas de quitosana

Para a síntese da nanopartículas de prata foi utilizado um Erlenmeyer de 125 mL onde foi adicionado 25 mL de uma solução de borohidreto de sódio de concentração 0,003 M, em

seguida esse Erlenmeyer foi colocado em banho de gelo por 15 minutos. Em uma bureta foi adicionado 25 mL de nitrato de prata 0,001 M. Depois do tempo do banho de gelo o Erlenmeyer foi levado para agitação magnética, sendo agitada a solução de borohidreto de sódio no qual, foi adicionado gotas da solução de nitrato de prata, deixando cair uma gota por segundo até todo o volume da solução que se encontrava na bureta se esgotasse. A agitação do sistema foi suspensa, e as nanopartículas de pratas foram formadas. A figura 6 mostra as imagens do processo de síntese das nanopartículas de prata.

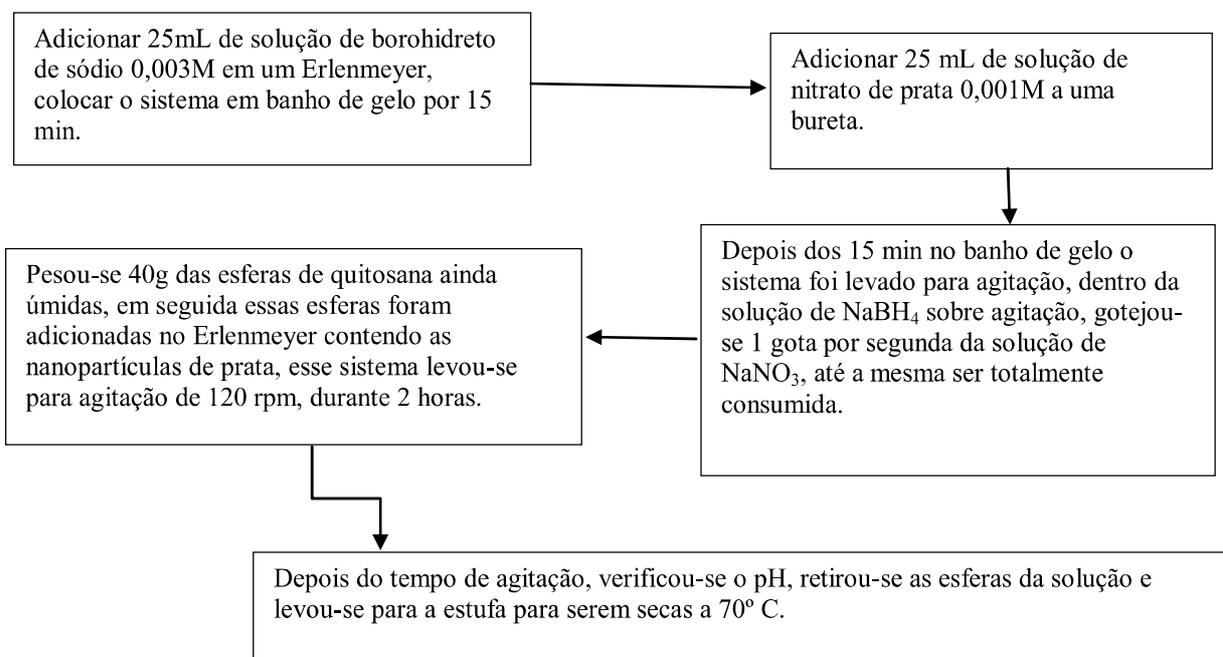
Figura 6- Nanopartículas com esferas de quitosana



Fonte: (Elaboração própria, 2018)

Na Figura 6, mostra as esferas no processo de impregnação das nanopartículas de prata, passando pelo processo de rotação por minuto, em seguida foram lavadas e secas apresentando uma coloração amarelada.

Figura 7-- Fluxograma da síntese das nanopartículas de prata com as esferas de quitosana



Fonte: (Elaboração própria, 2018)

3.3- Planejamento Experimental

Na Tabela 5, é mostrado o planejamento experimental 2^2 com tempo de contado entre as esferas de quitosana com prata e o efluente, trabalhando com a maior massa (+1) e maior

tempo (+1) e menor massa e menor tempo representado por (-1). Para todos os pontos a maior massa foi de 3,0 g e a menor de 0,5 g, sendo o intervalo entre elas de 1,75 g de esferas de quitosana para um volume de 50 mL de efluente. O tempo máximo foi de 2h, o intermediário de 1,5h e o tempo mínimo de 1h.

Tabela 5-Valores dos pontos centrais e dos pontos médios

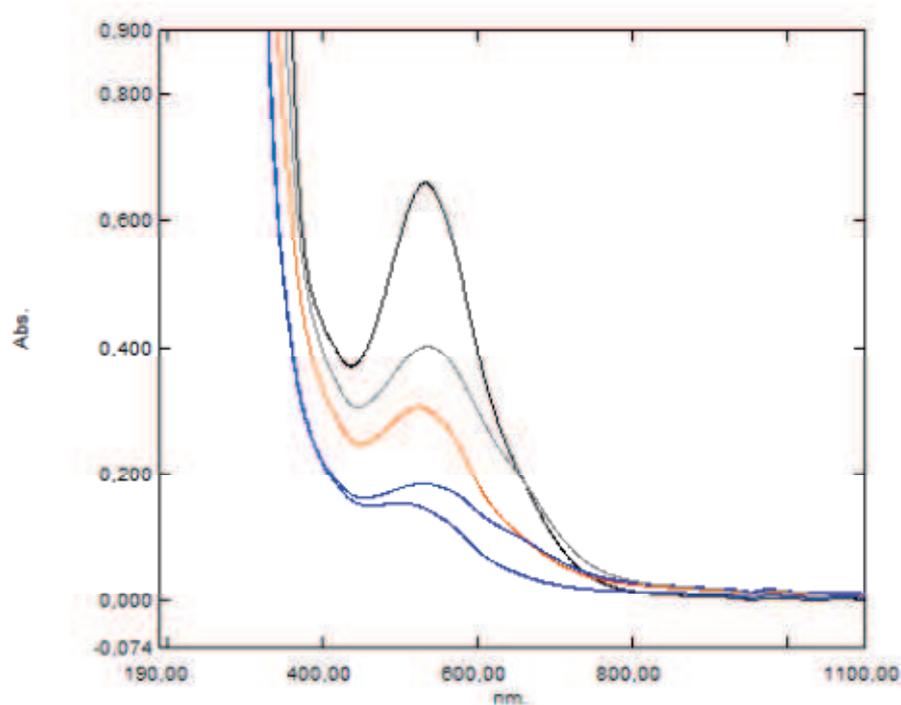
<i>Massa (m)</i>	<i>Tempo (t)</i>	<i>Absorbância (Y)</i>	<i>Valor Médio da absorbância</i>
+1	+1	0,221	0,223
+1	+1	0,226	
-1	-1	0,407	0,404
-1	-1	0,401	
+1	-1	0,202	0,210
+1	-1	0,218	
-1	+1	0,300	0,303
-1	+1	0,306	
0	0	0,283	0,283
0	0	0,302	
0	0	0,275	0,275

Fonte: Autor (2018)

4.0- DISCUÇÕES E RESULTADOS

Os valores de absorvância que se encontram no Tabela 4, foram obtidos através do espectrofotômetro de UV/Vis Bomem-Michelson FT-IR, modelo MB-102. Na qual obteve-se os picos da Figura 07.

Figura 8-Picos de absorvância



Fonte: Autor (2018)

4.1- Ensaios de Adsorção

Para a realização do estudo da absorvância utilizou-se espectrofotômetro uv/vis Bomem-Michelson FT-IR, modelo MB-102. Em um Erlenmeyer de 125 mL revestidos com papel alumínio para evitar que a prata sofra oxidação durante o processo de adsorção. Em cada erlenmeyer foi adicionado uma quantidade fixa de massa, 0,5 g do adsorvato e um determinado volume de adsorvente em uma determinada concentração, pH e sob agitação constante de 120 rpm. Neste caso, o adsorvente era de origem têxtil que antes de passar pelo processo de adsorção sofreu uma filtração simples para a retirada de material particulado que ficaram retidas nas paredes do papel filtro, mesmo com a filtração o efluente não houve muita

modificação da coloração do mesmo, a mudança de coloração ficou mais acentuada ao término do experimento. O quadro 3, mostra o tempo de coleta das amostras.

Quadro 3-Tempo de retirada das amostras no processo de adsorção.

Coleta	Tempo de coleta
1	10 min
2	20 min
3	30 min
4	40 min
5	50 min
6	60 min

FONTE: Autor (2018)

Para o tratamento dos dados utilizou-se o Programa UVProber no qual foi possível observar a absorbância (y) e os picos de absorção obtidos do espectro. Com esses dados foi possível calcular a quantidade de luz que passou pela amostra, essa luz que não foi absorvida é chamada de transmitância, e pode ser calculada através da equação 03.

$$A = - \log T \quad (\text{Equação 03})$$

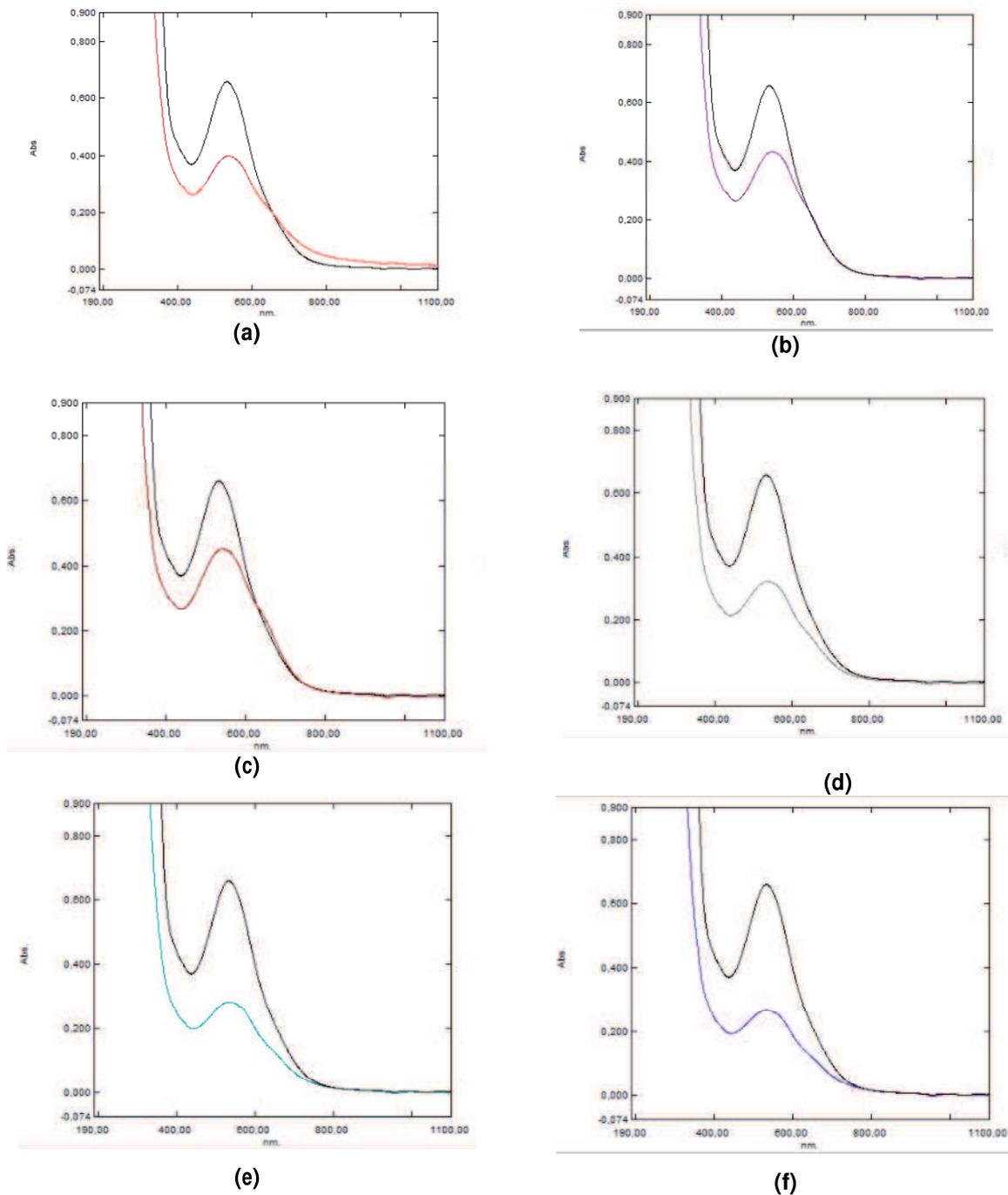
O efluente usado para análise apresenta um comprimento de onda de 531 nm, no qual considerou-se com sendo cem por cento (100%), onde foi possível obter dados referente com o tempo de contato variando em 10 em 10 minutos, até completar 1 hora.

Quadro 4- Transmitância versus tempo de contato

AMOSTRA	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	ABSORBANCIA	TRANSMITANCIA	T%
Efluente	531	0,659	0,21928	21,92%
10 min	546	0,396	0,40183	40,18%
20 min	551	0,469	0,33965	33,96%
30 min	546	0,451	0,35399	35,39%
40 min	541	0,320	0,47863	47,86%
50 min	533	0,282	0,52239	52,23%
60 min	541	0,266	0,54200	54,20%

Fonte: própria (2018)

A Figura 8 a seguir, mostra os gráficos obtidos a partir dos dados dos ensaios de adsorção com o tempo.

Figura 9- Gráficos de Adsorção

Fonte: Autor (2018)

Os gráfico acima mostra a relação entre o pico de absorvância em comparação com os picos de absorvância após o uso das esferas de quitosana com prata, no qual a imagem (a) representa o tempo de 10 min, (B) o tempo de 20min, (c) o tempo de 30min, (d) o tempo de 40 min, (e) o tempo de 50 min e (f) o tempo de 60 min. Percebe-se que o tempo de contato não teve muita influência neste processo de adsorção.

A Figura 10, mostra o corante antes e depois dos ensaios no processo de adsorção. Onde percebe-se que de fato houve uma boa alteração na coloração do efluente puro, ressaltando assim, as propriedades da Quitosana como bioadsorvente, e com a mudança da coloração de mais escura para um cor mais clara, observou-se também que a transmitância aumento, significando que houve uma redução da concentração do corante, sendo perfeitamente perceptível visualmente comparando o efluente com as análises depois do processo de adsorção.

Figura 5: Efluente depois do Processo de Adsorção



5.0- CONSIDERAÇÕES FINAIS

As esferas de QTS/TPP/AgNO₃, se mostraram eficientes na adsorção dos corantes dos efluentes têxteis, podendo ser reutilizadas para posterior processo de remoção de outros tipos de corantes.

Com relação aos ensaios de absorvância, verificou-se que a massa de 0,5 g do substrato foi suficiente para uma boa eficiência na remoção. Essa quantidade de massa, foi escolhida devido ao planejamento experimental de 2², onde verificou-se que a massa é a variável mais significativa, onde se pretendia fazer um estudo cinético utilizando os menores pontos.

Os gráficos da Figura 8, mostram a relação dos picos de adsorção do efluente puro, com as análises utilizando a menor massa de esferas de quitosana (0,5 g), no tempo mínimo de 1 hora. Através dos dados obtidos foi possível calcular a transmitância das amostras, estando de acordo com a lei de Lambert-Beer, no qual pode-se constatar uma boa eficiência das esferas de quitosana com prata no processo adsorção, isso pode ser comprovado observando os gráficos no qual, o corante puro apresentou uma absorvância de 0,659 em um comprimento de onda de 531 nm, conseqüentemente a luz que passou pela amostra foi muito pequena em relação a absorvância. O fato da radiação que conseguiu passar pela amostra ter sido pequena, deve-se em decorrência da concentração do corante, pois o mesmo ainda não passou pelo processo de adsorção, pois quando o mesmo sofreu o processo de adsorção, pode-se observar que a quantidade de radiação foi maior, devido a remoção de boa parte desse corante pelas esfera de QTS/Ag. Uma outra forma de observar a boa eficiência das esferas de quitosana com prata é mostrado visualmente na figura 9 acima.

No processo de adsorção para o estudo da absorção e da transmitância, pode-se constatar que o tempo de uma hora a adsorção do corante foi reduzido mais de 50% da sua coloração original, no qual observou-se uma maior passagem de luz pela amostra e o principal motivo desse decréscimo foi o emprego das moléculas do corante na superfície das esferas de QTS/Ag

REFERÊNCIAS

ABIT – **Associação Brasileira da Indústria Têxtil**. Disponível em: <http://www.abit.org.br/>. Acesso em 05 set. 2018.

ABREU, F.O.M.S; CALVACANTE, L.G.: et al. **Propriedades e Características da Quitosana Obtida a Partir do Exoesqueleto de Caranguejo-Uçá Utilizando Radiação de Microondas**. Núcleo de Pesquisas Tecnológicas, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade de Fortaleza, UNIFOR. Polímeros, vol. 23, n. 5, p. 630-635, 2013.

ALVES, F.C. **Estudo dos processos de adsorção utilizando argilas como adsorventes para a remoção do corante verde de malaquita**. 2013. Dissertação de mestrado (Agroquímica). Universidade federal de Lavras-MG.

AZEVEDO, C.V.V; CHAVES, A.S; et al; Revista Eletrônica de Materiais e Processos. **Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais**. v.2.3. P. 27-34. 2007).

BENEDITO, A.S.; SILVA, F. F.; SANTOS, I. V. S. **NANOPARTÍCULAS DE PRATA: APLICAÇÕES E IMPACTO AMBIENTAL**. Disponível em: <http://revista.oswaldocruz.br/>; acesso em: 07/11/2018.

CRINI, G; BADOT, P.M. **Application of chitosan, a natural aminopolysacchaide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: a review of recente literature**. Progress in polymer Science, Elmsford, v.33, n. 4, p. 399-447, Apr. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Brasília,2011. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br> . Acesso em 12 de novembro. 2018.

DILARRI, G. **Estudo da interação adsortiva entre Saccharomyces cerevisiae, quitosana e corantes têxteis**, 2017. Dissertação de mestrado (ciências biológicas). Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

DOTTO, G.L; VIEIRA.M.L.G et al. Revista. Química nova: **Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra ativada, terra diatomácea, quitina e quitosana: Estudo de equilíbrio e termodinâmica**. Vol. 34, No. 7, 1193-1199, 2011.

F. Peixoto, G. Marinho e K. Rodrigues. Revista. Holos, **Corantes têxteis: Uma revisão**. Vol.5, nº 29, 2013.

GARCIA, D. V. M. **Síntese, caracterização e estabilização de nanopartículas de prata para aplicações bactericidas em têxteis**, 2011. Dissertação Tese de Mestrado (Engenharia Química). CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, São Paulo.

GUARATINI, I.C.C; ZANONI, B.V.M; Química nova. **Corantes têxteis**. P.71-78. 2000.

JUNIOR, M, A, M; SANTOS, S, S, L; GONÇALVES, C, M; et al. **Preparação de Nanopartícula de prata e ouro: Um método simples para a introdução da nanociência em laboratórios de ensino.** Química Nova, Vol. 35, No. 9, 1872-1878, 2012.

KIMURA, Y.I; GONÇALVES JR, C.A; et al; Polímeros: ciências e tecnologia. **Efeito do pH e do Tempo de Contato na Adsorção de Corantes Reativos por Microesferas de Quitosana.** Jul./Set – 1999.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. revista. Química nova: **NOVAS TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS.** Vol. 25, No. 1, p.78-82, 2002.

LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T. **Quitosana: biopolímero funcional com potencial industrial biomédico.** Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 3, pp. 672- 678, 2009.

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. **Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red. 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium.** Brazilian Journal of Microbiology, v. 47, p. 39-46, 2016.

LIMA, F.C. **Potenciais Aplicações da Quitosana nas Áreas de Biotecnologia, Agroindústria e Farmacêutica.** 2015. Trabalho de conclusão de curso (engenharia química). Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.

LIMA, R.R.C; **Estudo do equilíbrio e cinética de adsorção de um corante aniônico em quitosana.** 2012. Dissertação (mestrado em Química) –Centro de ciências exatas e da terra. Programa de pós graduação em Química. Universidade federal do Rio Grande do Norte.

LUCENA, G. L.; SILVA, A. G da; HONÓRIO, L. M. C., SANTOS, V. D dos. **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.

MONTALVO ANDIA, P, J. **Remoção de Boro de águas e efluentes de petróleo por adsorção.** Tese de doutorado (Engenharia de materiais e de processos Químicos e metalúrgico), 2009. PUC-RIO.

MENDES, A. A.; OLIVEIRA, P. C.; CASTRO, H. F; GIORDANO, R. L. C. **Aplicação de quitosana como suporte para a imobilização de enzimas de interesse industrial.** Química Nova, São Paulo, v. 34, n. 5, pp. 831-840, 2011.

NEVES.C.A; SCHAFFNER.A.R; ET AL. Revista Brasileira de Energias Renováveis. **Otimização de processos de obtenção de quitosana a partir de resíduos da carcinicultura para aplicações ambientais.** V. 2, p. 34-47, 2013.

RAMOS, B; et al; Revista Iberoamericana de Polímeros. **PERSPECTIVAS PARA O USO DA QUITOSANA NA AGRICULTURA.** V12(4), P.195-215. 2011.

REIS DA SILVA, EDSON; DOS ANJOS, C.S. DÉBORA. Sociedade Brasileira de Química (SBQ): **Estudo da Remoção de Corantes da Indústria Têxtil utilizando Escamas de Peixe do Vale do São Francisco.**

ROSA, G.C. **Quitina e Quitosana: Aspectos gerais de obtenção e aplicações.** 2008. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Bacharelado em química de alimentos) - Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade federal de Pelotas, RS.

SANTOS, L, L, G. **Síntese e caracterização de quitosana modificada com um sal de amônio quaternário para aplicação na adsorção de íons metálicos.** 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em química industrial). Departamento de química da universidade estadual da Paraíba.

SALDANHA, B.C.T; ARAUJO, U.C.M. **Análise multicomponente simultânea por espectrofotometria de absorção molecular Uv-vis.** Química nova, p. 847-853, junho 1999.

SILVIA OLIVEIRA, C.A. **Estudo de adsorção do corante reativo laranja 16 com quitosana e seus derivados.** 2017. Dissertação (doutorado em química) - Instituto de química e biotecnologia, Universidade federal de Alagoas, Maceió.

SKOOG; WEST; HOLLER; CROUCH. **Fundamentos de Química Analítica**, tradução da 8ª edição norte-americana, editora Thomson, 2006. p. 729-742.

SOUZA, R, J. **Estudo da desacetilação da quitosana e obtenção de suas nanopartículas para aplicação em engenharia de tecidos.** 2017. Dissertação (mestrado em ciências). Escola politécnica da universidade de São Paulo.

SOUSA, W. F; MOREIRA, A. S. **Uso da casca de coco verde como adsorvente na remoção de metais tóxicos.** Química nova, v. 30, No 5, p. 1153- 1157. 2007.