



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

JACQUELINE NASCIMENTO GOMES

ESTUDO DA ADSORÇÃO DE CORANTES POR MEIO DO
CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI.

ORIENTADOR(A): Prof. Thiago Soares Silva Ribeiro

ANÁPOLIS

2015

JACQUELINE NASCIMENTO GOMES

**ESTUDO DA ADSORÇÃO DE CORANTES POR MEIO DO
CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Anápolis como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Thiago Soares Silva Ribeiro

Anápolis – GO

2015



INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS
Câmpus Anápolis

JACQUELINE NASCIMENTO GOMES

ESTUDO DA ADSORÇÃO DE CORANTES POR MEIO DO CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Anápolis como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Thiago Soares Silva Ribeiro

Aprovado em: _____ / _____ / _____

Membros da Banca

Prof. Thiago Soares Silva Ribeiro

(Orientador)

Prof. Ms. Daniel de Almeida Soares

(Membro da Banca)

Prof. Túlio Natalino de Matos

(Membro da Banca)

Anápolis – GO

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Gomes, Jacqueline Nascimento

G633 Estudo da adsorção de corantes por meio do carvão ativado de osso de boi. / Jacqueline Nascimento Gomes. – – Anápolis: IFG, 2015.

38 p. : il.

Inclui CD- Rom.

Orientador: Prof. Thiago Soares Silva Ribeiro

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Química, Instituto Federal de Goiás, Campus Anápolis, 2015.

1. Adsorção de corantes. 2. Corante Vermelho Congo. 3. Processo de adsorção. 4. Carvão de osso de boi.

I. Título

CDD 540.7

Código 002.2016

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Helio Lino Delfino,
CRB-1/3031.

Biblioteca Clarice Lispector, Campus Anápolis
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Santíssima Virgem Maria por ter me dado força e saúde para superar as dificuldades.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Anápolis, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Thiago Soares Silva Ribeiro, pelo suporte no tempo que lhe coube, pelas correções e incentivos.

A minha família pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos(as) que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

RESUMO

O corante Vermelho do Congo (ou Vermelho Congo) pertence à classe dos corantes azo. Foi sintetizado pela primeira vez por Paul Bottiger, em 1883, na Bayer, Alemanha. Este composto apresenta as seguintes características: alta toxicidade; dificuldade para ser eliminado do meio ambiente; apresenta alteração na sua cor, de acordo com a acidez do meio e pode ser utilizado como um indicador de pH.

A adsorção tem sido aceita para o tratamento ambiental numa perspectiva mundial. Este processo é baseado na capacidade de alguns sólidos tem de concentrarem substâncias específicas de uma solução em suas superfícies. Este procedimento é utilizado para remover metais pesados e compostos orgânicos de efluentes industriais.

O aumento na utilização dos carvões ativados é devido à presença de grande área superficial, que juntamente com sua estrutura química permite a sua aplicabilidade em uma variedade de processos industriais, com foco na área ambiental, como: na purificação de água e tratamento de efluentes.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo da adsorção do corante Vermelho do Congo, utilizando o carvão de osso de boi como adsorvente.

Palavras – chave: Adsorção; Corante Vermelho do Congo; Carvão ativado derivado do osso de boi.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	14
2.2	INDÚSTRIA TÊXTIL.....	14
2.3	CORANTES.....	16
2.4	ADSORÇÃO.....	18
2.4.1	ADSORÇÃO DE CORANTES COM CARVÃO ATIVADO.....	199
2.5	VERMELHO DO CONGO.....	19
2.6	CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI.....	21
2.7	ISOTERMAS DE ADSORÇÃO.....	222
3	METODOLOGIA.....	233
3.1	OBTENÇÃO DO CARVÃO ATIVADO.....	234
3.2	CINÉTICA DE ADSORÇÃO.....	25
3.3	PLANEJAMENTO FATORIAL.....	26
3.4	ISOTERMAS DE ADSORÇÃO.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1	PLANEJAMENTO FATORIAL.....	30
4.2	ISOTERMAS DE ADSORÇÃO.....	31
5	CONCLUSÃO.....	32
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 ESTRUTURA QUÍMICA CARACTERÍSTICA DE UM GRUPO DE CROMÓFORO DE UM AZOCORANTE.....	15
FIGURA 2: MECANISMO DE ADSORÇÃO POR CARVÃO ATIVADO.	18
FIGURA 3: ADSORÇÃO DE PARTÍCULAS POR CARVÃO ATIVADO	19
FIGURA 4: ESTRUTURA MOLECULAR DO CORANTE VERMELHO DO CONGO.....	20
FIGURA 5: AMOSTRAS DE OSSOS BOVINOS UTILIZADOS COMO ADSORVENTES.	22
FIGURA 6: ISOTERMAS DE ADSORÇÃO	23
FIGURA 7: CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA AS ANÁLISES DE CINÉTICA DE ADSORÇÃO PARA AS SOLUÇÕES DE CONCENTRAÇÃO 50MG/ML.....	26
FIGURA 8: CINÉTICA DE ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO DO CONGO POR CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI NA CONCENTRAÇÃO DE 50 MG/L.	27
FIGURA 9: CINÉTICA DE ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO DO CONGO POR CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI NA CONCENTRAÇÃO DE 150 MG/L	27
FIGURA 10: ISOTERMAS DE ADSORÇÃO – CARVÃO ATIVADO, T= 30° C.	30
FIGURA 11: ISOTERMAS DE ADSORÇÃO – RESÍDUO DO CARVÃO ATIVADO, T= 30° C.	30
FIGURA 12: ISOTERMAS DE ADSORÇÃO – CARVÃO ATIVADO, T= 40° C.	30
FIGURA 13: ISOTERMAS DE ADSORÇÃO – RESÍDUO DO CARVÃO ATIVADO, T= 40° C	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO CORANTE VERMELHO DO CONGO	21
TABELA 2: PLANEJAMENTO FATORIAL 2^3 PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO DO CONGO EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI.	26
TABELA 3: VALORES OBTIDOS DA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO DO CONGO EM FUNÇÃO DO PH = 5 UTILIZANDO O CARVÃO ATIVADO DO OSSO DE BOI.	29
TABELA 4: VALORES OBTIDOS DA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO DO CONGO EM FUNÇÃO AO PH = 7 UTILIZANDO O CARVÃO ATIVADO DO OSSO DE BOI.	30

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO.....	24
EQUAÇÃO 2 - CÁLCULO DO PERCENTUAL DE REMOÇÃO DO CORANTE PELO ADSORVENTE.	24

1 INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos naturais, em especial a água, tem se apresentado como um dos grandes problemas da sociedade moderna. Nesse sentido, uma maior atenção tem sido dedicada à economia de água nos processos de produção, respondendo ao valor atribuído a este bem, através de princípios como “consumidor pagador” e “poluidor pagador”, incorporados na nossa legislação. Sendo assim, se os efluentes têxteis não são tratados de maneira adequada, podem gerar problemas significativos de contaminação ambiental. (KUNZ et al, 2002).

A poluição ambiental advém de várias condutas, tais como: descarte inapropriado de lixo orgânico, industrial, gases, poluentes, elementos químicos, dentre outros. Como resultado de uma crescente conscientização deste problema, novas normas e legislações cada vez mais restritivas têm sido adotadas a fim de minimizar o impacto ambiental (LAMBRECHT, 2007).

O setor têxtil aparece em destaque, quando comparado aos demais setores que geram efluentes industriais. As indústrias desse setor apresentam lavanderias, que possuem em torno de 1200 unidades instaladas em todo o país. Os descartes industriais oriundos dessa atividade apresentam sais orgânicos e complexos que podem ser altamente tóxicos. Um exemplo destes sais são os acetatos (sais orgânicos com alta toxicidade), sendo que o mais encontrado nesse setor é o acetato de celulose. Os efluentes gerados por estas lavanderias se tornam ainda mais alarmantes, quando se constata a presença de corantes não fixados, ou que não sofreram o processo de degradação, apresentando alta toxicidade e conseqüentemente, causando impactos catastróficos aos corpos d’água (ABIT, 2012).

A adsorção apresenta algumas vantagens em relação a outras operações de separação. Dentre elas, baixo consumo de energia, abertura para possibilidade de separação de misturas com azeotropia, utilização de adsorventes naturais e a não necessidade de uso de outros componentes para ajudar a separação. Mas, as maiores vantagens da adsorção sobre as outras técnicas, são a possibilidade de regeneração dos adsorventes e a aplicação de materiais de baixo custo no tratamento de efluentes (SCHEER, SPINELI, OZACAR, 2006).

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de adsorção do Carvão Ativado de Osso de Boi na remoção do corante sintético vermelho do Congo de acordo com a

disponibilidade de materiais fornecidos pelos laboratórios do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Anápolis. Essa avaliação será realizada através de procedimentos de: Cinética de Adsorção, Planejamento Fatorial 2^3 e Isotermas de Adsorção. Além disso, o projeto visa contribuir para uma alternativa de tratamento de águas contaminadas por corante, utilizando o adsorvente nas formas de resíduo e com granulometria específica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é um bem extremamente essencial para a existência de qualquer forma de vida. Aproximadamente, 80% do organismo humano é composto por água. Vários estudos mostram, que a saúde está diretamente ligada à ingestão de água de qualidade. Trata-se de uma substância que auxilia na profilaxia de algumas doenças, como: cálculo renal, infecção de urina, além de proteger o organismo contra o envelhecimento (SPIRO e STIGLIANI, 2009).

A qualidade da água depende intimamente das condições ambientais às quais está exposta. O tratamento convencional da água inclui etapas como coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Em algumas das etapas mencionadas, são adicionados produtos químicos que, caso o tratamento não seja operado de maneira apropriada, podem deixar resíduos na água final, contribuindo para problemas na saúde pública. Sendo assim, todas as etapas do tratamento devem ser frequentemente monitoradas, a fim de que o produto final atenda às normas e ao padrão de potabilidade, estabelecidos pela legislação em vigor (HELLER, 1997; PÁDUA & FERREIRA, 2006).

2.2 INDÚSTRIA TÊXTIL

O setor têxtil se apresenta como um dos pontos fortes na economia de muitos países. De acordo com a Associação Brasileira de Indústria Têxtil e Confecções, no fim da primeira década dos anos 2000, a indústria brasileira investiu cerca de US\$ 1 bilhão/ano, em máquinas, equipamentos, tecnologia e pesquisa, ocupando assim, a sexta posição do ranking mundial de produtores têxteis e confeccionados. Em 2011, o Brasil alcançou a quarta posição na produção mundial (ABIT, 2012).

O segmento têxtil possui uma demanda considerável de água nos processos de produção, sendo responsável por gerar grandes volumes de águas residuais. Tal efluente industrial apresenta grande variedade no que diz respeito à composição, devido às impurezas das fibras, aos subprodutos formados nas diversas etapas de produção e de maneira especial, pelas macromoléculas complexas dos corantes utilizados que não se fixaram à fibra e são esgotados (ARAUJO et al, 2009; SAHORA, 2013).

A estabilidade da molécula do corante está intimamente relacionada à força de ligação química dos átomos que compõem os grupos cromóforos e auxocromos. Uma das características mais atraentes dos corantes é a sua durabilidade ou capacidade de permanência sem alteração da cor, a chamada resistência ou solidez à luz. A presença de grupos cromóforos como nitro, nitroso, azo, carbonila, são responsáveis pela capacidade de absorver luz visível seletivamente. A cor desses compostos é intensificada e/ou modificada por grupos auxocromos, tais como etila, nitro, amino, sulfônico, hidroxila, metóxi, etóxi, cloro e bromo (GEADA, 2006).

Dessa forma, a molécula de corante é constituída por duas partes principais: o grupo cromóforo, que dá a cor ao composto, e grupos auxiliares (auxocromos), que facilitam a sua afinidade para o substrato e que são responsáveis pela fixação do corante à fibra, tecido, couro, cabelo, papel, entre outros, conferindo uma coloração resistente à luz e à lavagem (GUPTA e SUHAS, 2009).

A separação de corantes por adsorção é muito utilizada na indústria. Um dos pontos necessários para interpretar os fenômenos da adsorção, é conhecer e entender os princípios físicos e químicos nos quais os processos adsorptivos estão envolvidos. Os aspectos cinéticos e de equilíbrio de adsorção constituem a base teórica para o entendimento entre os princípios fundamentais e as práticas industriais (COSTA, 2010).

Para estudar o processo de adsorção, é necessário conhecer os dados de equilíbrio e a velocidade que esta irá alcançar. Estes dados são obtidos através das isotermas de adsorção que são utilizadas para avaliar a capacidade de adsorção dos diversos adsorventes. A utilização de isotermas é o modo mais conveniente para identificar o equilíbrio do processo de adsorção, por isso, é a primeira informação experimental, sendo utilizada para a escolha do adsorvente mais apropriado para uma determinada aplicação. Através delas, também é possível conhecer o tipo de interação presente entre o adsorbato e adsorvente (FERNANDES, 2005).

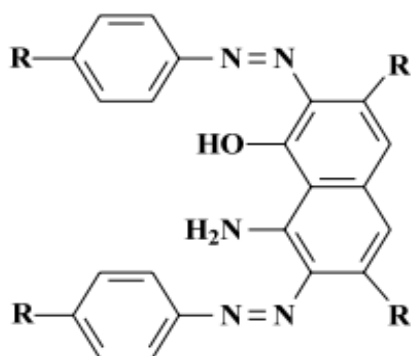
2.2.1 Efluentes têxteis

A indústria têxtil aparece em destaque, por gerar grandes volumes de efluentes, sendo que, estes, quando não devidamente tratados, acarretam sérios danos ao meio ambiente. Os efluentes têxteis trazem como característica, alta coloração, devido à presença de corantes

que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento. A molécula do corante utilizado para coloração das fibras têxteis podem ser divididas em duas principais partes: o grupo cromóforo, que é um conjunto de moléculas responsáveis pela cor, e a estrutura responsável pela fixação à fibra (SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE, 2009).

Existem diversos grupos cromóforos utilizados na síntese de corantes. Porém, o grupo mais representativo, e o mais utilizado, faz parte da família dos azocorantes que apresentam como característica principal a presença de um ou mais grupamentos. Os azocorantes se apresentam como o maior grupo de corantes utilizados na indústria, de maneira especial, no setor têxtil. Tem-se conhecimento de que boa parte desses produtos apresentam resistência aos sistemas de tratamento de efluente, sendo assim, em torno de 10-15% dos corantes perdidos durante o processo de tingimento são lançados em corpos receptores. Alguns corantes desse grupo têm mostrado atividade cancerígena e mutagênica. Essa elevada toxicidade se deve, parcialmente, à clivagem da ligação azo formando aminas aromáticas potencialmente cancerígenas (FERRAZ, 2008).

Figura 1 Estrutura química característica de um grupo de cromóforo de um azocorante.



Fonte: KUNZ, PERALTA-ZAMORA, MORAES, DURAN (2002)

O número de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias para a remoção de substâncias tóxicas que são provenientes de efluentes industriais tem crescido em escala significativa. No Brasil, segundo a Legislação Federal do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA Resolução nº 357 de 17/03/05), o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderá ser feito, direta ou indiretamente, desde que atendam às condições dispostas na Resolução, e não ultrapassem os limites estabelecidos.

2.3 CORANTES

O procedimento moderno para o tingimento ocorre em várias de etapas que são determinadas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com destino do material a ser tingido, considerações econômicas, dentre outras (SILVA, 2013).

Para promover a coloração de tecidos, são utilizados vários corantes, tais como azul de metila, alaranjado de metila, azul de bromotimol, etc. Corantes são formados de moléculas que apresentam dois componentes principais: o grupo cromóforo, responsável pela cor, e o grupo funcional, que se liga as fibras do tecido. Cabe ressaltar a diferença entre corantes e pigmentos. Os pigmentos apresentam como característica, serem praticamente insolúveis no meio em que são aplicados. Já os corantes são aplicados em vários substratos, provenientes de um líquido, onde são parcialmente ou completamente solúveis (GUARATINI E ZANONI, 1999).

Os corantes têxteis são classificados nas categorias: corantes básicos, ácidos, diretos, mordentes, ao enxofre, de cuba, azóicos, dispersos e reativos, branqueadores e pré-metalizados (GUARATINI E ZANONI, 1999).

De acordo com Trotman (1975), os corantes podem ser classificados em:

a) Corantes básicos: também conhecidos como corantes catiônicos. São solúveis em água. Os corantes básicos dividem-se em diversas classes químicas: azo, antraquinona, triarilmetano, triazina, oxima, acridina e quinolina;

b) Corantes ácidos: são também chamados de corantes aniônicos. Muitos dos corantes ácidos são sais de ácido sulfônico. Quimicamente os corantes ácidos são classificados em azo, antraquinona, trimetilmetano, xanteno, nitro, quinolina e ftalocianinas;

c) Corantes diretos: Caracterizam-se como compostos solúveis em água capazes de tingir fibras de celulose (algodão, viscose, etc), através das interações de Van der Waals; Ex: Vermelho do Congo.

d) Mordentes: no grupo incluem-se muitos corantes naturais e sintéticos. Para reforçar a ação do corante, aumentando a força de ligação deste às estruturas celulares utilizam-se mordentes como o ácido tânico, o ácido crômico, o ácido fénico, o iodo (Solutio de Lugol), o

calor e os álcalis.) O corante mordente se liga à fibra têxtil por meio de um mordente, o qual pode ser uma substância orgânica ou inorgânica. O mordente inorgânico mais comumente utilizado é o cromo, na forma de óxido; mordente orgânico é o ácido tânico. São aplicados no tingimento de fibras celulósicas, protéicas e poliamida; Ex: Índigo.

e) Corantes ao enxofre: É uma classe de corantes que após a aplicação se caracterizam por compostos macromoleculares com pontes de polisulfetos, os quais são altamente insolúveis em água;

f) Corantes de cuba: são corantes insolúveis em água e podem ser convertidos em compostos leuco-solúveis por ação de um meio alcalino (NaOH) e agente redutor, como o hidrossulfito de sódio. Esses corantes tem afinidade com a celulose, são absorvidos pela fibra e subseqüentemente oxidados em presença de ar em um pigmento insolúvel no interior da fibra;

g) Corantes azóicos: são obtidos no interior das fibras, no momento da reação de tingimento, a partir da aplicação de dois componentes, um de cada vez: naftol e uma base. Esses corantes podem ser aplicados em fibras celulósicas, seda, viscose e poliamida;

h) Corantes dispersos: são denominados corantes não-iônicos. São suspensões de compostos orgânicos finamente divididos insolúveis em água. São aplicados em fibras sintéticas, como poliéster, nylon, diacetato de celulose e fibras acrílicas;

i) Corantes reativos: são compostos que contém um ou mais grupos reativos capazes de formarem ligações covalentes com um átomo de oxigênio, nitrogênio ou enxofre, de substratos como fibras celulósicas, fibras proteicas e poliamidas;

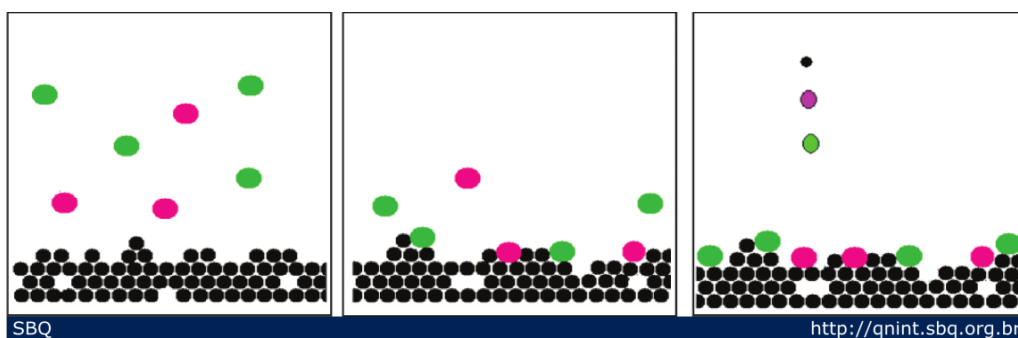
j) Corantes pré-metalizados: São caracterizados pela presença de um grupo hidroxila ou carboxila, na posição orto em relação ao cromóforo azo, permitindo a formação de complexos com íons metálicos;

l) Corantes branqueadores: Apresentam grupo carboxílico, azometino ou etilênicos, aliados a sistemas benzênicos, naftalênicos, pirênicos e anéis aromáticos que proporcionam reflexão por fluorescência na região de 430 a 440 nm quando excitados por luz ultravioleta;

2.4 ADSORÇÃO

Vários métodos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos foram desenvolvidos para promover a remoção de corantes e pigmentos de resíduos industriais. Dentre estes métodos, um dos mais conhecidos é a adsorção, também conhecida como extração em fase sólida. Muitos adsorventes vêm sendo desenvolvidos para essa aplicação, como a turfa, alumina, sepiolita, zeólita, espuma de poliuretano, derivados de celulose e membranas de casca de ovo, o carvão ativado é o adsorvente mais eficaz, porém, seu alto custo dificulta a ampla utilização para o tratamento de efluentes em grande escala (BRUNO, 2008).

Figura 2: Mecanismo de adsorção por carvão ativado.



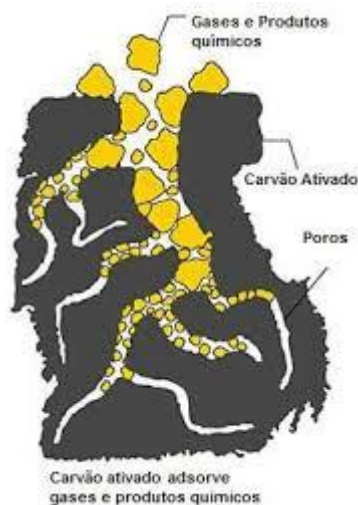
Fonte: Sociedade Brasileira de Química, 2015.

Aplicações da adsorção são de certa forma limitadas a algumas restrições, que devem ser atendidas. O adsorvente deve ser adaptado com características específicas de forma que supra às necessidades de cada aplicação específica. O desenvolvimento de melhores sorventes, também pode melhorar o desempenho dos processos. A adsorção pode ser física ou química. (YANG, 2003).

O carvão ativado de madeira é mencionado como o adsorvente mais vendido por apresentar elevada eficiência e ao ser comparado com os demais, é o que apresenta custo mais baixo. Há relatos que o carvão ativado teve destaque na 1ª Guerra Mundial e em 1974, foi utilizado para descoloração de xaropes por uma indústria de açúcar na Inglaterra (YANG, 2003).

A superfície do carvão ativado apresenta em sua estrutura, poros de diversos tamanhos. É utilizado para a purificação de soluções por apresentar cem vezes mais porosidade que o carvão comum, como mostra a figura 3 a seguir:

Figura 3: Adsorção de partículas por carvão ativado



Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/Carvao-Ativado.html>

2.4.1 Adsorção de corantes com carvão ativado

O carvão ativado obtém uma extensão de materiais amorfos, à base de carbono, apresentam elevado nível de porosidade e grande superfície intraparticular. Uma das características dos carvões ativados, são suas formas microcristalinas. Quando ativado, o carvão dispõe de uma porosidade interna semelhante a uma rede de túneis que se dividem em canais menores, e assim consecutivamente. Segundo a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) o carvão ativado possui poros de três diferentes diâmetros – macroporos, de maior tamanho (acima de 50nm); mesoporos, de tamanho intermediário, entre 50 e 2nm e microporos, de menor tamanho, abaixo de 2nm (SOUZA, 2010).

2.5 VERMELHO DO CONGO

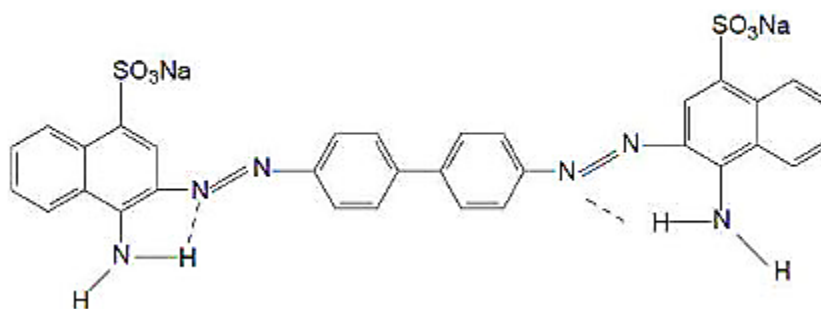
O corante Vermelho do Congo (ou Vermelho Congo) é um corante aniônico, solúvel em água, apresenta alta toxicidade, pode ser cancerígeno e mutagênico (http://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=joOWv_EerlAEsCsuT26nZ83MWj4m1Q4JnnTZRxypN9QnfG56mG0q0IbiI7D4FYPT1EtaYjV0bdZDSn490WgA)

Tabela 1: Características químicas do corante vermelho do Congo

Características químicas do corante vermelho do Congo	
Estrutura	3,3'-(4,4'-bifenildiil-bisazo)bis-(4-amino-1-naftalin)-sulfonato dissódico
Fórmula molecular	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$
Massa molar	696.66 g.mol ⁻¹
Cor	Sólido de cor vermelha
Temperatura de fusão	acima dos 360 °C

Fonte: http://qnint.sbg.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=joOWv_EerlAEsCsuT26nZ83MWj4m1Q4JnnTZRxywpN9QnfG56mG0q0IbiI7D4FYPT1EtaYjV0bdZDSn490WgA

Figura 4: Estrutura molecular do corante vermelho do Congo.



Fonte: Andrade et al., 2013.

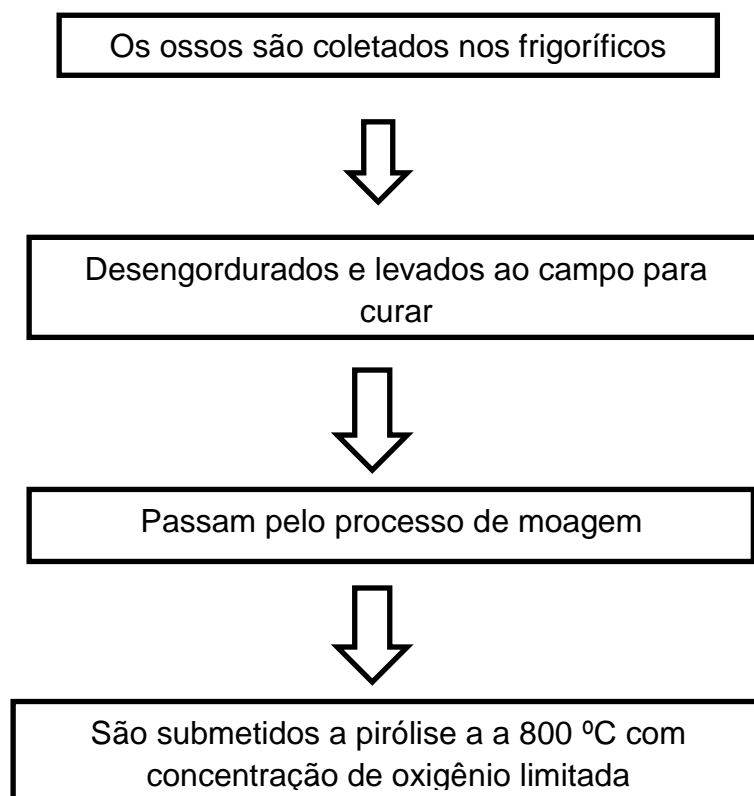
A molécula do vermelho do congo apresenta grupamento diazo, responsável por facilitar a deslocalização dos elétrons na molécula, e anéis aromáticos com os substituintes amino e sulfonato sódico (QUÍMICA NOVA INTERATIVA, 2015).

Em 1883, em Bayer - Alemanha, o composto foi sintetizado pela primeira vez por Paul Bottiger. Na época, havia uma grande desenvolvimento na síntese de corantes, um dos quesistos procurados, era que não necessitassem de mordentes para fixação nos tecidos. Devido sua alta toxicidade e difícil remoção do meio ambiente, o vermelho do congo foi

deixando de ser usado. O composto apresenta alteração em sua cor, de acordo com a acidez do meio. Em pH abaixo de 3, apresenta-se na cor azul, já em pH acima de 5,2 apresenta-se na cor vermelha (QUÍMICA NOVA INTERATIVA, 2015).

2.6 CARVÃO ATIVADO DE OSSO DE BOI

No Brasil, o carvão oriundo de ossos bovinos é produzido a partir dos seguintes processos:



Fonte: Elaborada pelo auto

Carvões ativados fazem parte de uma classe de materiais que apresentam áreas superficiais, sendo assim, é bastante utilizado na indústria, pois, dispõe de grande potencial adsorvente (SOUZA, 2010).

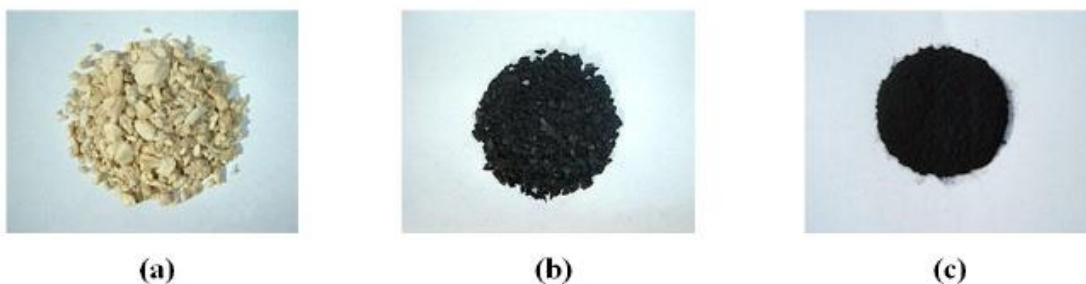
Os carvões carvões ativados que apresentam de maneira majoritária 10% de carbono, são tidos como carvões convencionais. O restante é constituído de maiores porções de hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ e em porções menores de carbonato de cálcio, CaCO_3 . O carbonato de cálcio confere a alcalinidade como característica. Nos dias atuais, o carvão derivado de ossos bovinos tem expandido sua utilização para o tratamento de efluentes líquidos contendo compostos tóxicos (SOARES, 2012).

O carvão proveniente de osso, também conhecido como negro animal, é de caráter exclusivamente bovino, isto porque os ossos de outros animais, não são propícios para a produção de carvão de ossos por apresentar muita fragilidade e não possuírem a mesma porosidade de ossos de boi (BONECHAR CARVÃO ATIVADO, 2015).

As figuras abaixo mostram os ossos antes, após a ativação em sua forma granulada e após sua ativação em sua forma pulverizada.

Figura 5: Amostras de ossos bovinos utilizados como adsorventes.

(a) sem tratamento, (b) após ativação em sua forma granulada, (c) após ativação em sua forma pulverizada.



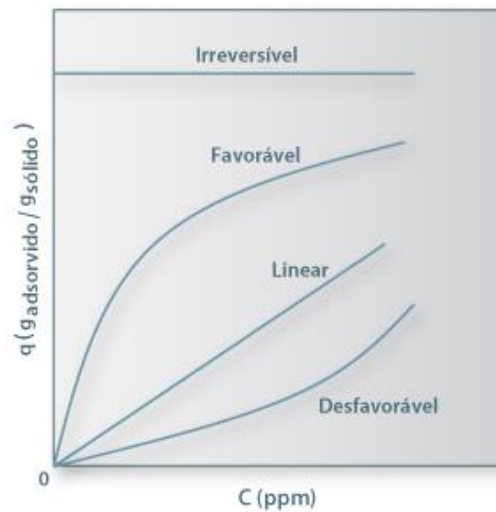
Fonte: Bonechar, 2015.

Disponível em: < <http://www.bonechar.com.br/carvao-ativado> > Acesso em: 28 Junho 2015

2.7 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

As isotermas expressam uma relação termodinâmica de equilíbrio entre as fases fluida e sólida do sistema, a uma determinada temperatura e pH. O processo de adsorção pode ser avaliado a partir das isotermas e de fatores como pH, temperatura e, principalmente, o tipo de adsorvente. A figura a seguir apresenta as formas mais comuns das isotermas. (VOLESKY, 2003)

Figura 6: Isotermas de adsorção



Fonte: Laboratório virtual de processos químicos, 2015.

3 METODOLOGIA

A metodologia foi definida devido à disponibilidade de materiais e equipamentos do laboratório do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Anápolis.

3.1 OBTENÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

O adsorvente utilizado nos experimentos foi gentilmente cedido pelo Laboratório de Materiais e Interfaces, localizado no Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás - Câmpus Samambaia (Goiânia/GO). Foram utilizados carvões de duas granulometrias diferentes: resíduo (não possui granulometria definida) e carvão de granulometria maior (8x10) Tyler mesh.

3.2 CINÉTICA DE ADSORÇÃO

Foram preparadas soluções do corante em estudo de concentração 50 mg/L. Adicionaram-se 1 g de carvão ativado derivado do osso do boi (resíduo – sem granulometria definida) e estas soluções ficaram sob agitação constante (chapa: Thelga) por um período de 24 horas. Em intervalos de tempo pré-determinados, as alíquotas foram retiradas com o auxílio de uma micropipeta, centrifugadas (centrífuga: FANEM 3400) e as leituras foram

realizadas por espectrofotometria (Espectrofotômetro: Bel 1105/K J2J1001147). Para a montagem da curva de calibração foram preparados padrões nas seguintes concentrações: 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 3; 5; 7; 10 e 15 ppm.

Os testes cinéticos foram realizados para avaliar o tempo de contato necessário para que o sistema metal-adsorvente atinja o equilíbrio. O pH (pHmetro: Ms Tecnoyon / MPA-210) da solução foi medido no início e fim dos experimentos. Os ensaios foram realizados em triplicata.

O mesmo procedimento foi utilizado para cinética de adsorção para as soluções de concentração 150mg/L.

Equação 1 - Cálculo da capacidade de adsorção

$$q = V \cdot \left[\frac{C_i - C_f}{M} \right]$$

Q = Capacidade de adsorção (mg/g)

V = Volume da solução (L)

C_i = Concentração inicial do corante (mg/L)

C_f = Concentração final do corante (mg/L)

M = Massa do adsorvente (g)

Equação 2 - Cálculo do percentual de remoção do corante pelo adsorvente.

$$\%remoção = \left[\frac{C_i - C_f}{C_i} \right] \cdot 100$$

C_i = Concentração inicial do corante (mg/L)

C_f = Concentração final do corante (mg/L)

3.3 PLANEJAMENTO FATORIAL

Foi realizado um planejamento fatorial 2^3 para avaliar a capacidade de adsorção (q) em diferentes condições. Foram analisados os seguintes fatores: dosagem de carvão de osso de boi, granulometria do carvão e pH da solução. Foram preparadas soluções de 100 mg/L do corante a ser analisado. As soluções preparadas e 80 mL foram transferidos para Erlenmeyers com capacidade de 125 mL, e estas foram submetidas à agitação (chapa: Thelga) por um período de 8 horas. Foram retiradas amostras iniciais e finais e as leituras das concentrações das amostras foram efetuadas por Espectrofotometria (Espectrofotômetro: Bel 1105 / K J2J1001147).

A tabela (2) abaixo apresenta os níveis e os fatores que foram avaliados no planejamento fatorial.

Tabela 2: Planejamento Fatorial 2^3 para a adsorção do corante vermelho do Congo em carvão ativado de osso de boi.

Ensaio	Dosagem do Adsorvente (g/L)	Granulometria do Adsorvente*
1	1,875	A
2	1,875	A
3	1,875	B
4	1,875	B
5	3,125	A
6	3,125	A
7	3,125	B
8	3,125	B

*A – menor granulometria (resíduo – não definida); B – maior granulometria.

3.4 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

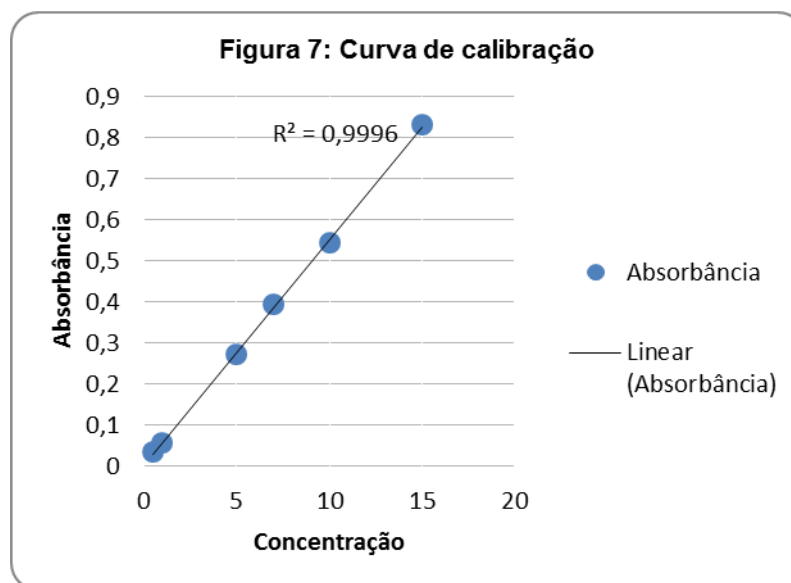
A adsorção é um processo espontâneo que ocorre sempre que uma superfície de um sólido é exposta a um gás ou a um líquido. Mais precisamente, pode definir-se adsorção como o enriquecimento de um dado fluido, ou o aumento da densidade desse fluido, na vizinhança da interface(GUELFY,2007).

Foram preparadas soluções de concentração de 50, 100, 150, 200, 300, 400 e 500mg/L, e adicionados 1g de carvão ativado(resíduo e de granulometria 8x10). As soluções foram submetidas ao banho-maria em temperaturas de 30° e 40° C. Após 8h, foram retiradas. As leituras foram realizadas por espectrofotometria. As análises foram realizadas em triplicata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados os experimentos de cinética de adsorção na concentração de 50 mg/L e 150mg/mL. A cinética de adsorção apresenta como objetivo, avaliar o percentual de remoção de matéria inorgânica no efluente sintético em função do tempo decorrido. A curva de calibração para as medidas espectrofotométricas é representada pela figura 7 a seguir:

Figura 7: Curva de calibração para as análises de cinética de adsorção para as soluções de concentração 50mg/mL.



Fonte: Elaborado pelo autor.

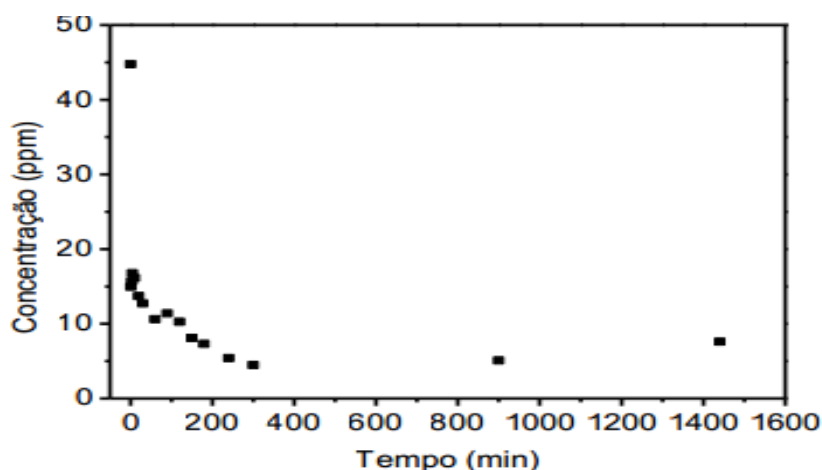
Pelo ajuste da curva de calibração obtiveram-se os seguintes dados:

- Equação da reta: $y = 0,0284x - 0,0098$;
- Coeficiente de determinação: $R^2 = 0,9985$

O carvão de osso de boi apresenta os grupamentos hidroxila (-OH), fosfato (PO_4^{3-}) e carbonato (CO_3^{2-}) devido à presença de hidroxiapatita e carbonato de cálcio em sua estrutura. A presença do carbonato de cálcio confere uma característica alcalina ao adsorvente. As soluções em estudo tiveram seus pHs medido no início e no final, e pode-se constatar que a presença do carvão ativado não altera o Ph (SOARES, 2012). As amostras coletadas foram centrifugadas para certificar a separação do carvão ativado do corpo da solução. Nas figuras a seguir são apresentados os gráficos de cinética de adsorção do vermelho do congo em carvão ativado de osso de boi.

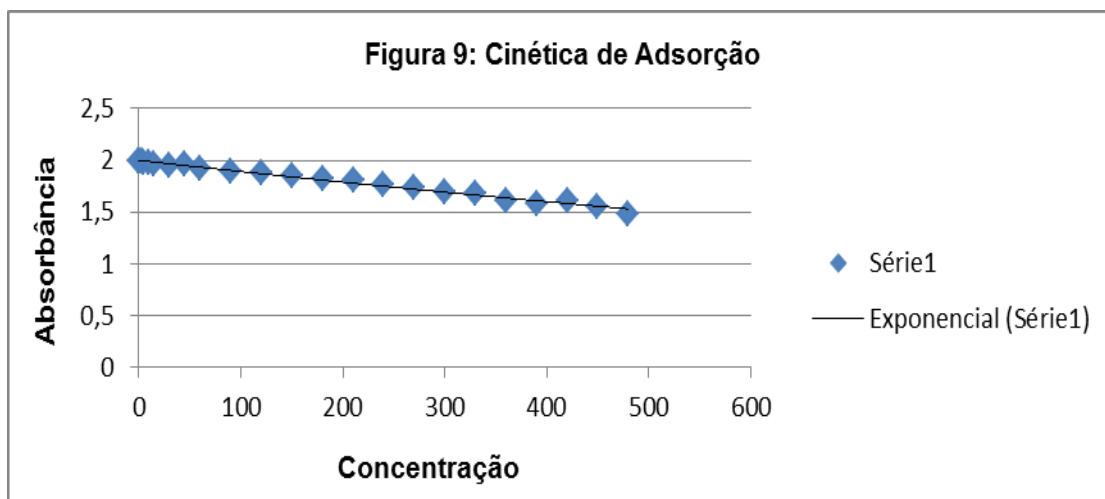
Nas figuras 8 e 9 estão representados respectivamente os gráficos de cinética de adsorção do vermelho do congo em carvão ativado de osso de boi das soluções de concentração 50mg/mL e 150mg/mL.

Figura 8: Cinética de Adsorção do corante vermelho do Congo por carvão ativado de osso de boi na concentração de 50 mg/L.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9: Cinética de Adsorção do corante vermelho do Congo por carvão ativado de osso de boi na concentração de 150 mg/L



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os experimentos de cinética de adsorção do corante, mostraram que o equilíbrio ocorreu aproximadamente em 250 minutos (4,17 horas).

4.1 PLANEJAMENTO FATORIAL

A tabela a seguir, apresenta os resultados obtidos:

Tabela 3: Valores Obtidos da adsorção do corante vermelho do Congo em função do pH = 5 utilizando o carvão ativado do osso de boi.

pH = 5	Inicial	Após 8 h
Solução	1920	1915
Resíduo inicial 0,15	1750	1019
Resíduo inicial 0,25	1745	1512
30x50 inicial 0,15	1880	994/1566
30x50 inicial 0,25	1878	959/1246
8x10 inicial 0,15	1888	988/1723

8x10 inicial 0,25	1886/1882	716/1712
-------------------	-----------	----------

Tabela 4: Valores Obtidos da adsorção do corante vermelho do Congo em função ao pH = 7 utilizando o carvão ativado do osso de boi.

pH = 7	Inicial	Após 8h
Solução	1907	1900
Resíduo Inicial 0,15	1764	754
Resíduo inicial 0,25	1605	587
30x50 inicial 0,15	1880	732
30x50 inicial 0,25	1872	440
8x10 inicial 0,15	1907	815
8x10 inicial 0,25	1878	798

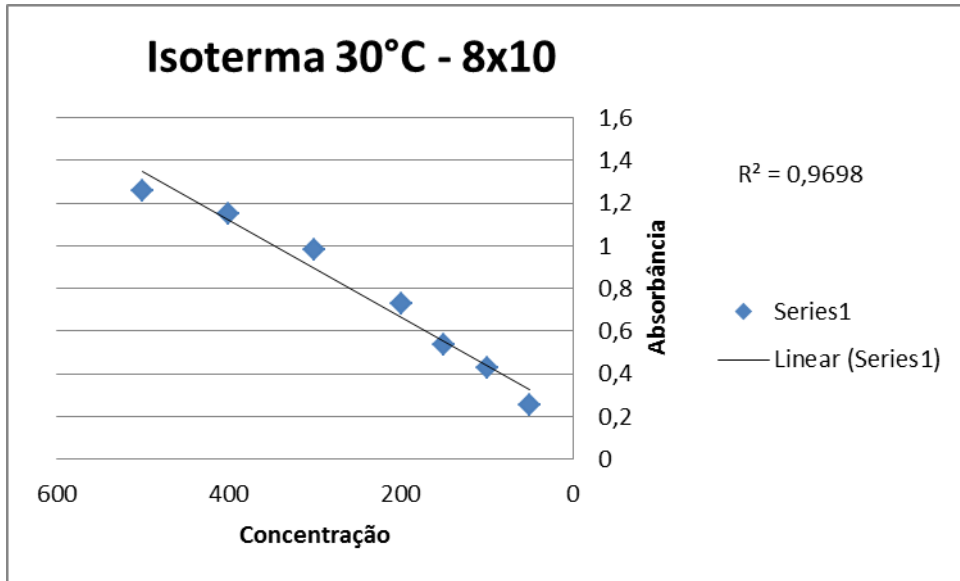
É possível notar que o carvão de menor granulometria, apresenta maior adsorção, isto se deve a maior superfície de contato em que adsorvato encontra no adsorvente.

4.2 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

A adsorção tem grande importância tecnológica. De facto, alguns adsorventes são usados em larga escala em processos de secagem, como catalisadores ou suportes de catalisadores, na separação e purificação de gases e líquidos, bem como no controle da poluição quer em fase líquida quer em fase gasosa (GUELF, 2007).

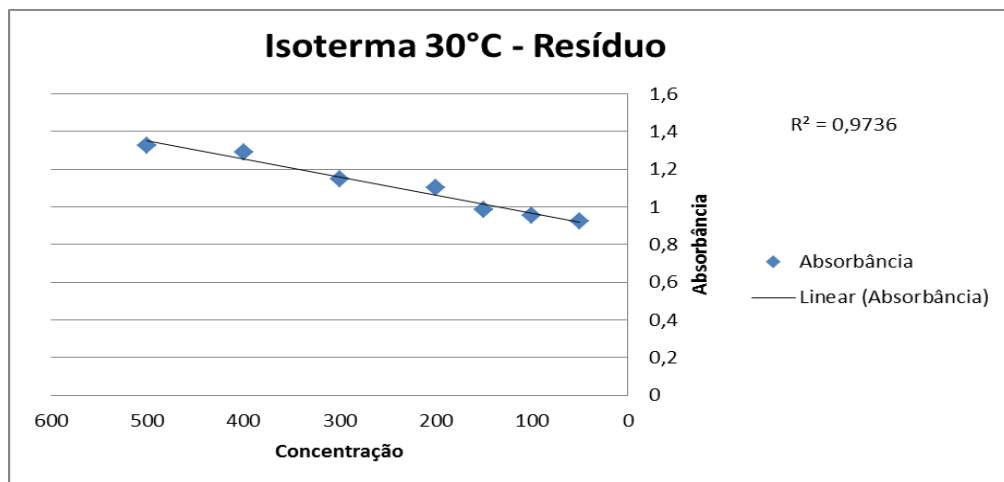
Os gráficos abaixo, apresentam os resultados referente as análises de adsorção, utilizando o carvão ativado de maior granulometria e o resíduo do carvão, ambos em temperaturas de 30° e 40° C respectivamente.

Figura 10: Isotermas de adsorção – Carvão ativado, T= 30° C



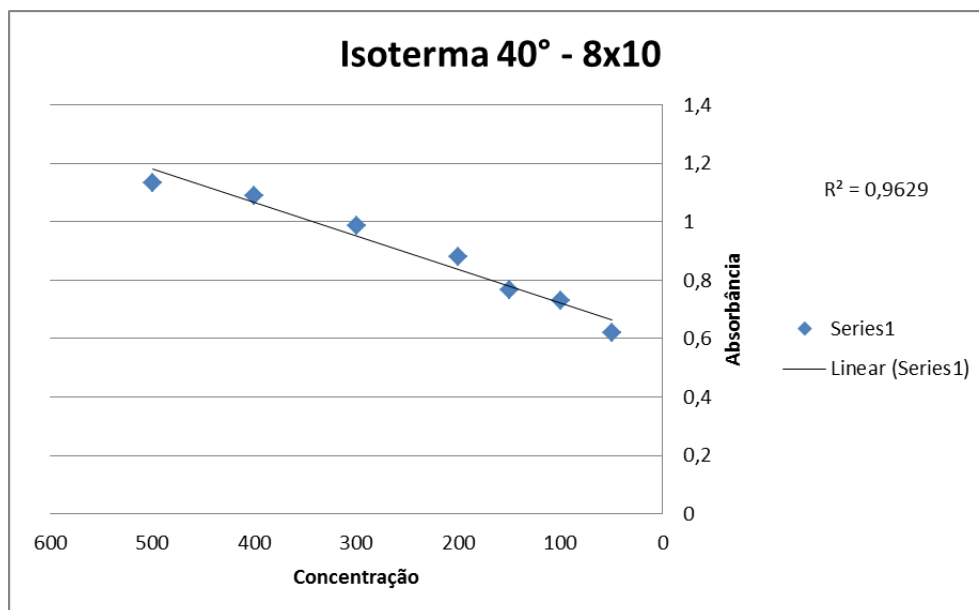
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11: Isotermas de adsorção – Resíduo do carvão ativado, T= 30° C.



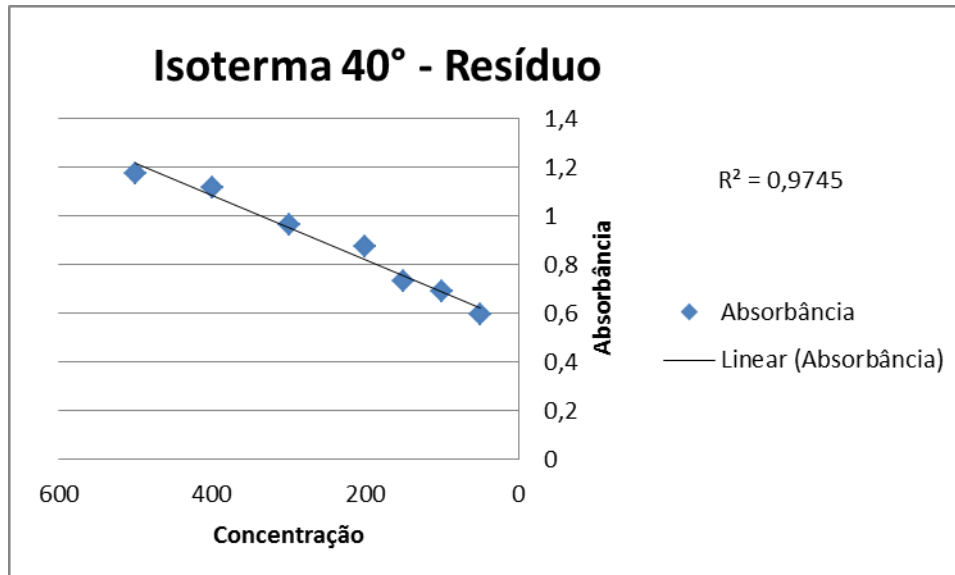
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12: Isotermas de adsorção – Carvão ativado, T= 40° C.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13: Isotermas de adsorção – Resíduo do carvão ativado, T= 40° C



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os gráficos acima, podemos observar que o resíduo do carvão ativado derivado do osso de boi, apresentou maior eficácia na adsorção, quando comparado ao carvão de maior granulometria. O resíduo do carvão, dispõe de uma maior superfície de contato, colaborando assim, para maior adsorção.

5 CONCLUSÃO

Os carvões ativados convencionais apresentam majoritariamente carbono, o carvão de osso apresenta somente cerca de 10% p/p de carbono. O restante é constituído principalmente de hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, e quantidades menores de carbonato de cálcio, CaCO_3 . A presença do carbonato de cálcio confere uma característica alcalina ao carvão.

De acordo com a empresa Bonechar, o Carvão Ativado de Osso de Boi pulverizado possui grande área superficial, com estrutura porosa bem distribuída, predominando os médios e macroporos. São utilizados geralmente em processos descontínuos, apresentando a vantagem do uso em dosagens variadas. O Carvão em pó é agregado e misturado ao líquido a ser tratado, sendo então removido por filtração e/ou sedimentação, após determinado tempo de contato. O tamanho de suas partículas promove um contato íntimo com o líquido a purificar, além de possuir as características necessárias de umectabilidade e sedimentação. A elevada eficiência proporciona o uso de dosagens mínimas, favorecendo a filtrabilidade e posterior remoção do meio líquido.

Ao avaliar os dados obtidos através das análises realizadas, podemos observar que o resíduo do carvão ativado, apresenta melhores resultados no que diz respeito à adsorção do corante quando comparado aos carvões de maiores granulometrias, o que é um fator bastante positivo, uma vez que este resíduo é descartado.

As análises de cinética de adsorção nos permitem notar que o sistema atinge o equilíbrio em aproximadamente 4 horas, além de apresentar excelente capacidade de remoção. Sendo assim, podemos dizer que o resíduo do carvão ativado, é uma opção mais econômica e eficaz para adsorção do corante estudado, em relação à outras opções de materiais adsorventes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIT, Associação Brasileira de Indústria Têxtil e de Confecções (2012). Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/cartilha_rtcc/cartilha.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2015.

ARAUJO, R.D.S.; NOGUEIRA, M.I.C.; RODRIGUES, K.A.; SAMPAIO, G.M.M.S.; BUARQUE, H.L.B. (2009) Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂). Eng. Sanit. Ambient, 14 (1), 1-8.

BONECHAR CARVÃO ATIVADO. **Carvão ativado**. Disponível em: <http://www.bonechar.com.br/carvao_ativado.html>. Acesso em: 20/05/2014

BRUNO, Mariza. Utilização de zeólitas a partir de cinzas de carvão na remoção de corante em água, 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e nucleares, Universidade de São Paulo, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Presidente: Marina Silva. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar. 2005. Sec. 1, p. 190-191

COSTA, M.G. (2010) Avaliação da lama vermelha como adsorvente de níquel e cádmio em soluções aquosas. PPGCAPES. Departamento de engenharia química UFPE. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=200970>. Acesso em 15 mar. 2015.

FERNANDES, R. Adsorventes alternativos para remoção de fenol em solução aquosa. Dissertação [Mestrado]. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

GEADA, O.M.R.N.D. (2006) Remoção de Corantes Têxteis Utilizando Resíduos Agrícolas a Produção de Milho. Dissertação (Mestrado), Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto. 137 pp

GUARATINI, Cláudia C. I.; ZANONI, Maria Valnice B. Corantes Têxteis. Química Nova, Araraquara, São Paulo, v. 23, n.1, p. 71-78, out. 1998/mar 1999.

GUPTA, V.K., Suhas (2009) Application of low-cost adsorbents for dye removal. *Journal of Environmental Management*, 90, 2313–2342.

HELLER, L. et al. Que impacto esperar na Portaria 518/2004? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande (MS). Anais Rio de Janeiro: Abes, 2005. 1 cd-rom

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006.

KUNZ, A., PERALTA-ZAMORA, P., MORAES, S. G. et al. “**Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**”. *Química Nova* 25, 1, pp. 78-82. 2002.

NATURALTEC. **Carvão Ativado/Carbonat.** Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/Carvao-Ativado.html>>. Acesso em: 22/03/2015

PORTAL LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE PROCESSOS QUÍMICOS. **Fundamentos e Princípios Químicos.** Disponível em: <http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?Itemid=450&id=188&option=http://www.naturaltec.com.br/Carvao-Ativado.htmlcom_content&task=view>. Acesso em: 18/04/2015

QUÍMICA NOVA INTERATIVA – SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. **Vermelho do Congo.** Disponível em: <http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=joOWv-_EerlAEsCsuT26nZ83MWj4m1Q4JnnTZRxywpN9QnfG56mG0q0IbiI7D4FYPT1EtaYjV0bdZDSn490WgA>. Acesso em: 10/04/2015

SAROHA, A.K.V.K. (2013) Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent - A review. *Journal of Environmental Management*, 128, 949-963.

SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE, 1, 2009, Cascavel – Paraná – Brasil. **Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente.** Cascavel, Paraná, 8 p.

SOARES, Daniel de Almeida. Estudo da adsorção de níquel e zinco por meio do carvão ativado de osso de boi. 2012. Dissertação(Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, 2012.

SOUZA, Juber Pereira de. Produção e Modificação de Carvões ativados a partir de matérias-primas de baixo custo: osso bovino e cascas de sementes de moringa. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto Ouro Preto, Minas Gerais, 2010.

SPIRO, T. G., STIGLIANI, W. M., *Química Ambiental*. 2ª ed, São Paulo: Person Prentice Hall, 2009.

TROTMAN, E. R.; Dyeing and chemical technology of textile fibres, 5 ed., *Charles Griffin & Company Ltda*, London, (1975).

VOLESKY, B. Biosorption process simulation tools, *Hydrometallurgy*, v.71, p.179-190, 2003.