



Estudo da adsorção do Corante Índigo Carmim através do Carvão Ativado de Osso Bovino

Francine Bueno¹, Juliano Roberto Alves Garcia¹, Natan Kasper¹, Sirlei Maria Hentges¹, Tieli Cláudia Menzel¹

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul. (francine.bueno@hotmail.com)

Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (PPGATS)

Resumo

O presente trabalho objetivou avaliar a remoção do corante Índigo Carmim (CIC) em uma solução aquosa sintética, por meio do processo de adsorção, utilizando carvão ativado de osso bovino (CAOB). Foram testadas diferentes massas do CAOB afim de verificar a melhor concentração do adsorvente, para posterior avaliação da variação de diferentes pHs e a determinação das absorbâncias (abs) dos comprimentos de onda 228, 254, 284, 310, 455 e 610 nm. Os resultados indicaram uma maior eficiência com a massa de 3,0 g do CAOB, utilizada como um parâmetro fixo nos experimentos posteriores. Foi verificada uma maior adsorção da molécula do corante em relação aos comprimentos de onda (284, 310 e 610) e da cor quando utilizado um pH 2,0 em 15 minutos. No entanto, este pH tem um decaimento na redução dos compostos aromáticos entre 15 e 60 minutos. Assim, destaca-se a utilização do pH 4,0, uma vez que em 60 minutos de tratamento ocorre uma redução bastante significativa. Para a cor foi verificada uma eficiência de processo semelhante para os pHs investigados em 60 minutos de tratamento, alcançando uma redução para aproximadamente 50 mg Pt C₀ L⁻¹.

Palavras-chave: Processo Adsorativo. Corante têxtil. Carvão de ossos.

Área Temática: Águas Residuárias.

Adsorption Study of Indigo Carmine dye through Activated Bovine Bone Coal

Abstract

The objective of the present study to evaluate the remove Indigo Carmine dye (CIC) in a synthetic aqueous solution by means of the adsorption process using bovine bone activated carbon (CAOB). Different masses of the CAOB were tested in order to verify the best concentration of the adsorbent, to later evaluate the variation of different pHs and the determination of the absorbances (abs) of wavelengths 228, 254, 284, 310, 455 and 610 nm. The results indicated a higher efficiency with the 3.0 g mass of CAOB, so we used this mass as a fixed parameter in the later experiments. The best adsorption of the dye molecule relative to the wavelengths (284, 310 and 610) and the color occurred when was used at pH 2.0 in 15 minutes. However, this pH has a decay in reduction of aromatic compounds between 15 and 60 minutes. Therefore, the use of pH 4.0 is emphasized, due to a very significant reduction. For the color a similar process efficiency was verified for the pHs investigated in 60 minutes of treatment, achieving a reduction to approximately 50 mg Pt C₀ L⁻¹.

Key words: Adsorption Process. Textile Dye. Bone Charcoal.

Theme Area: Wastewater.



1 Introdução

Os corantes são amplamente utilizados para fabricação de couro, cosméticos, plásticos, tintas e principalmente na indústria alimentícia e têxtil. Esses compostos são caracterizados por possuírem em sua estrutura vários anéis aromáticos, os quais acarretam em problemas ambientais quando despejados inadequadamente no meio ambiente, tais como a contaminação dos recursos hídricos e inibição da penetração da luz (interferindo no processo da fotossíntese), acarretando em danos à saúde humana, fauna e flora (AMORIM et al., 2009, HUANG et al., 2017).

Dentre os corantes empregados no setor têxtil para o tingimento do algodão jeans destaca-se o corante Índigo Carmim (CIC), caracterizado por sua baixa solidez e resistência à abrasão (LOPES, 2010). Este corante é classificado como sendo do tipo ácido e por possuir uma absorbância máxima em 610 nm, devido à ocorrência do grupo cromóforo índigo, em que o sistema responsável pela cor é o arranjo transversal de dois elétrons doadores (N) e dois elétrons receptores (C=O) na dupla ligação C=C (MEIRA, 2014).

Usualmente processos convencionais de tratamento podem não ser eficientes para a remoção destes compostos, consequência de sua estrutura muito complexa. Através disso, pesquisadores têm investigado o desenvolvimento de processos eficientes para a sua remoção, tais como os processos oxidativos avançados, separação por membranas, osmose reversa, adsorção, entre outros. Dentre estes processos destaca-se a adsorção, pois pode ser considerado um método econômico, com fácil operação, não tóxico e viável para descontaminar poluentes orgânicos devido à viabilidade e eficiência dos adsorventes utilizados (KISMIR & AROGUZ, 2011, YAGUB et al., 2014).

A adsorção consiste em um processo físico capaz de remover substâncias contaminantes a partir de agentes adsorventes, que são os materiais sólidos capazes de adsorver os materiais da fase fluida, os adsorvatos (LOUREIRO, 2012). Dentre os diferentes resíduos possíveis de aplicação desta técnica está o carvão ativado (CA), que caracteriza-se por ser um tipo de carbono constituído por material poroso e de área superficial interna elevada. Diversos materiais de baixo custo vem sendo testados para obtenção deste carvão, tais como resíduos vegetais e osso bovino (COSTA et al., 2013).

Entretanto, os CAs convencionais são constituídos em sua maior porção por carbono, enquanto o carvão de osso apresenta apenas 10% deste elemento. Sua composição é formada basicamente por hidroxiapatita, em sua maior parte, e por carbonato de cálcio, em menor quantidade. Esta característica lhe confere natureza alcalina, mostrando-se vantajoso para tratamento de efluentes ácidos, como é o caso das águas residuárias contendo o CIC. Além disso, o mercado brasileiro de produção pecuária é bastante amplo, facilitando a aquisição da matéria-prima para preparo deste CA (RIBEIRO, 2011).

Adicionalmente, convém destacar a escolha adequada da cinética de adsorção, para assim determinar a eficiência e suas respectivas aplicações. Dentre os possíveis processos cinéticos, destaca-se a adsorção em batelada, que consiste em uma forma alimentada de reatores agitados. Sua dinâmica consiste em colocar o adsorvente e o soluto em contato, para que assim ocorra a transferência das moléculas do soluto em solução para a fase sólida que corresponde ao adsorvente (CANEVESI, 2015).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar a capacidade de remoção do CIC em uma solução aquosa sintética, por meio do processo de adsorção, utilizando carvão ativado de osso bovino (CAOB). Assim, foram testadas diferentes massas do CAOB afim de verificar a melhor concentração, para posterior variação de diferentes pHs e determinação das absorbâncias (abs) dos comprimentos de onda 228, 254, 284, 310, 455 e 610 nm.



2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização do adsorvente e da solução sintética de CIC

O adsorvente utilizado neste trabalho foi o CAOBS, fornecido pela empresa Bonechar, e previamente preparado e caracterizado por Canevesi (2015). As características morfológicas e propriedades físicas e químicas do CAOBS estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Características físico-químicas do CAOBS

Características morfológicas e físico-químicas	Especificidades	Metodologia
Umidade	2,35%	LUTZ, 2008
Capacidade de hidratação	1 mL/g ⁻¹	COSTA, 2012
Distribuição Granulométrica	660 micrometros	MASTERSIZER-S
Área superficial Específica	621,7 m ² g ⁻¹	FISISSORÇÃO DE N ₂
Volume de microporos	154,1 cm ³ g ⁻¹	
Volume de mesoporos	370,5 cm ³ g ⁻¹	

Fonte: Adaptado de Canevesi (2015).

A técnica de espectroscopia energia dispersiva (EDS) apresentou uma composição elementar do CAOBS de aproximadamente 42% Oxigênio (O), 28% Cálcio (Ca), 16% Carbono (C), 13% e Fósforo (P). Já nas condições ácidas da adsorção, os níveis de O e Ca foram reduzidos para 13% e 1%, respectivamente, enquanto que o P teve redução total. Já o C sofreu incremento considerável, passou a compor 85% do total.

O corante que compõe a solução sintética tem como fórmula estrutural C₁₆H₈N₂Na₂O₈S₂, sendo seu pico máximo de absorbância localizado no comprimento de onda de 610 nm (MEIRA, 2014). Para o preparo da solução utilizou-se uma concentração de 50 mg/L de água.

2.2 Procedimento Experimental

O reator utilizado para os experimentos consistiu em um sistema composto por erlenmeyers de borossilicato acoplados a uma mesa agitadora (SL-180/SOLAB) em velocidade de 180 RPM, para homogeneizar a solução e manter em contato o CAOBS e o CIC.

Inicialmente, realizou-se a correção do pH inicial da solução do CIC para 2,0; 5,0 e 8,0, através de um pHmetro digital (Tecnal, TEC-2). Um volume de 250 mL do CIC com pH corrigido foi adicionado no reator e foram testadas diferentes quantidades do CAOBS (0,1; 0,5; 0,9; 1,5 e 3,0 g).

Após isso, foi determinada a massa considerada mais eficiente no processo e foram realizados testes preliminares variando faixas de pHs (2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 e 9,0) para avaliar a influência deste parâmetro em relação aos comprimentos de onda investigados (228, 254, 284, 310 e 610 nm) e a cor (mg Pt C_o L⁻¹). Tendo em vista as características químicas do adsorvente, para a leitura das determinações analíticas foi utilizado como “branco” uma solução com carvão e pH corrigido (2,0; 5,0 e 8,0) de acordo com as faixas de pHs investigadas.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a variação do pH não interfere na remoção dos parâmetros analisados, sendo então descartado o uso de pHs neutros e alcalinos (>4,0) nos experimentos subsequentes.

Nos tempos de 0, 5, 15, 30, 45, 60, 120 e 150 minutos foram retirados alíquotas para a realização das determinações analíticas em comprimentos de onda (228, 254, 284, 310 e 610



nm) e cor ($\text{mg Pt C}_0 \text{ L}^{-1}$) realizadas no Espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu, modelo UV-1601 PC).

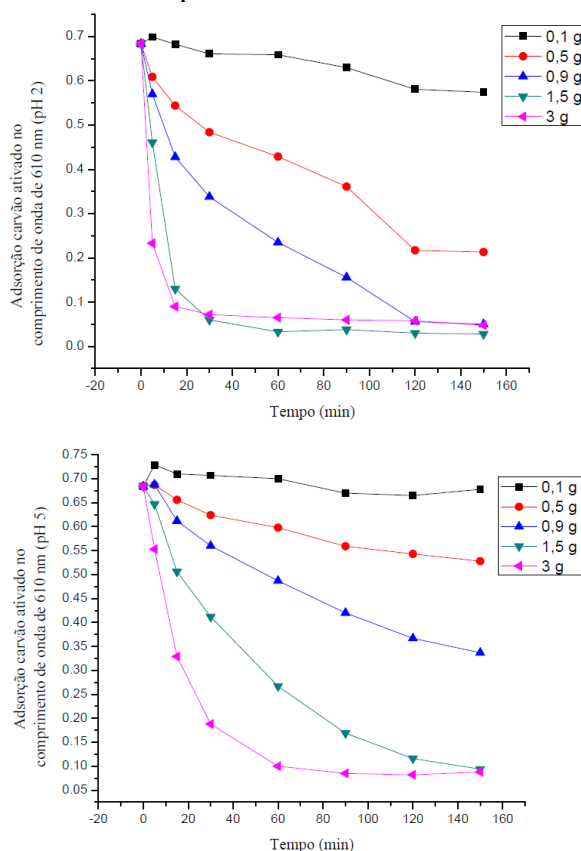
3 Resultados e Discussão

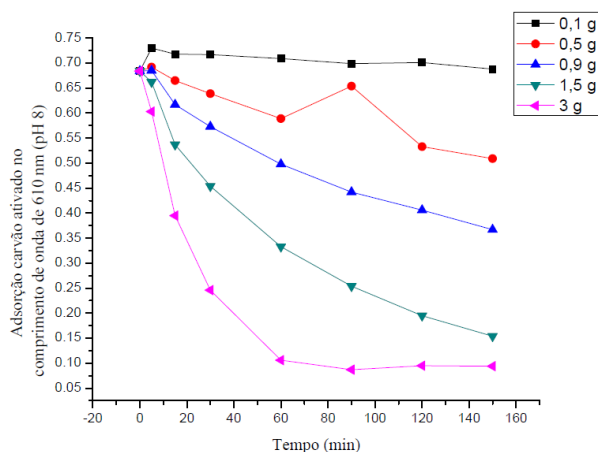
Primeiramente foram realizados experimentos utilizando diferentes massas de CAOB (0,1; 0,5; 0,9; 1,5 e 3,0 g) em diferentes pHs (2,0; 5,0 e 8,0) para definir a quantidade ideal a ser utilizada de CAOB em solução e verificar a eficiência na remoção do comprimento de onda em 610 nm, conforme visualizado na Figura 1.

Ainda, observa-se que as maiores eficiências são proporcionais às maiores massas de adsorvente utilizado, uma vez que um dos principais objetivos a serem alcançados durante a ativação do carvão para tratamento de efluentes é o desenvolvimento de uma área superficial interna maximizada, geralmente apresentando uma variação de 500 a 1200 m^2/g , com formação de milhares de micro, meso e macroporos (FANGMEIER & HOEHNE, 2012). Logo, pressupõe-se que maiores massas de CAOB em solução poderão representar um incremento para o processo, uma vez que, quanto maior a quantidade de adsorvente empregada, maior será a superfície de tratamento.

Dentro disso, destaca-se a utilização de 3,0 g do CAOB, no qual alcançou uma redução em 30 minutos de tratamento para aproximadamente 0,09; 0,16 e 0,23 para os pHs 2,0; 5,0 e 8,0 respectivamente.

Figura 1- Variações de massa do CAOB e pH da solução para determinação das melhores condições de remoção de CIC no comprimento de onda 610





A partir disso, determinou-se a massa de 3,0 g do CAO B como um parâmetro fixo nos próximos experimentos, variando faixas de pHs de 2,0; 3,0 e 4,0 para avaliar a eficiência do processo de adsorção na redução de diferentes comprimentos de onda (284, 310 e 610) e da cor ($\text{mg Pt C}_0 \text{ L}^{-1}$) do CIC.

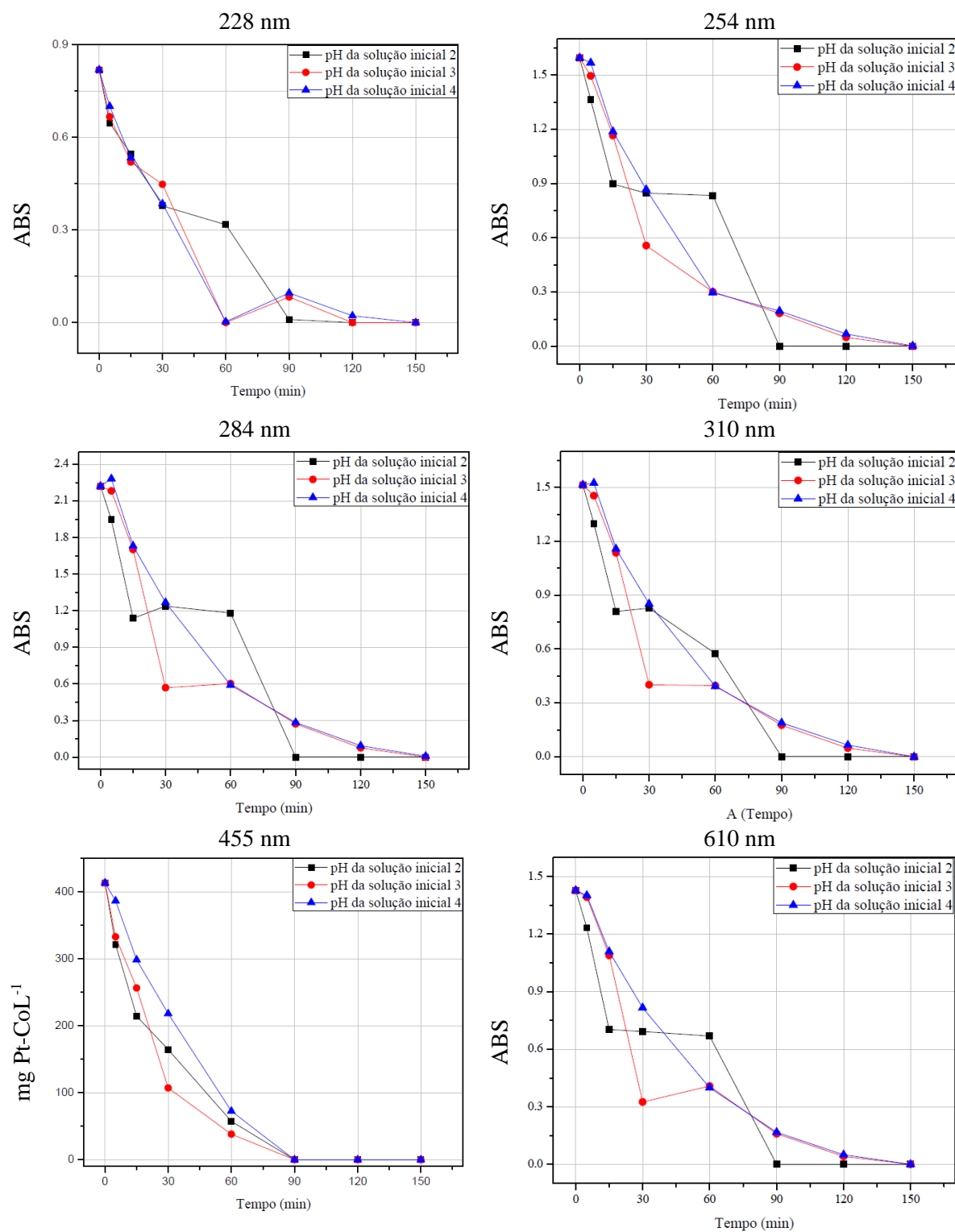
Para o processo de adsorção um fator relevante a ser investigado é o parâmetro pH, uma vez que este exerce uma relação inversamente proporcional à capacidade adsorptiva do adsorvente utilizado. O favorecimento dessas reações em pHs ácidos pode estar relacionado ao fato do adsorvente apresentar uma maior quantidade de carga positiva em meio ácido. Dessa forma, como as moléculas do corante possuem cargas negativas, ocorre uma atração eletrostática com a superfície do adsorvente em pHs ácidos (CANEVESI, 2015; BINUPRIYA et al., 2010).

Dentro disso, verifica-se na Figura 2 uma maior adsorção da molécula do corante em relação aos comprimentos de onda (284, 310 e 610) e da cor quando utilizado um pH 2,0 em 15 minutos. No entanto, este pH tem um decaimento na eficiência e redução dos compostos aromáticos entre 15 e 60 minutos.

A partir disso, destaca-se a utilização do pH 4,0, uma vez que em 60 minutos de tratamento ocorre uma redução de aproximadamente 0,32; 0,30; 0,60; 0,33 e 0,34 para os comprimentos de onda de 228, 254, 284, 310 e 610, equivalente a 79,0; 82,0; 73,0; 78,0 e 76% de remoção, respectivamente. Além disso, a utilização de um pH maior acarreta em benefícios ao processo através da diminuição na utilização de reagentes para a etapa da acidificação, tendo como consequência a minimização dos custos operacionais do processo.



Figura 2- Eficiência dos tratamentos nos diferentes comprimentos de onda (228, 254, 284, 310, 455 e 610 nm) empregando massa de CAO B pré-determinada (3g) variando pH da solução (2, 3 e 4)



Para a cor foi verificada uma eficiência de processo semelhante para os pHs investigados em 60 minutos de tratamento, alcançando uma redução para aproximadamente 50 mg Pt Co L⁻¹, equivalente a 90% de remoção.



4 Conclusão

A partir das análises realizadas, conclui-se que a massa de 3 g do CAO B apresenta eficiência na adsorção do CIC. Ainda, vale salientar a efetividade do pH 4 para o processo, uma vez que, além de proporcionar reduções significativas, pode acarretar a diminuição de custos (se comparado a pHs mais ácidos).

Por fim, é importante destacar o reconhecimento das diferentes condições experimentais dos tratamentos que envolvem o processo de adsorção, uma vez que sua eficiência está sujeita a alterações.

Referências

AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D.; MOREIRA, R. F. P. M. Comparação entre diferentes processos oxidativos avançados para degradação de corante azo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 4, Outubro/Dezembro de 2009, pg. 543-550.

BINUPRIYA, A. R.; SATHISHKUMAR, M.; VIJAYARAGHAVAN, S.; YUN, I. *Bioreduction of trivalent aurum to nano-crystalline gold particles by active and inactive cells and cell-free extract of Aspergillus oryzae var. viridis*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 177, n.1, Maio de 2010, pg. 539-545.

CANEVESI, R. L. S. **Remoção dos corantes reativos azul 5g e remazol vermelho empregando o processo de adsorção**. 98 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

COSTA, M. T.; HENRIQUE, D. C.; PEITER, A. S.; MEILI, L. et al. Estudo da cinética de adsorção de efluente de produção de biodiesel em carvão ativado de osso bovino. **IN: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. 2013, Vassouras – RJ – Brasil.

FANGMEIER, M.; HOEHNE, L. Avaliação de carvão ativado e de sílica como adsorventes para amostras com corantes e com sódio. **Revista destaques acadêmicos**, v. 4, n. 4, 2012, pg. 41-49.

HUANG, Z.; LI, Y.; CHEN, W.; SHI, J. et. al. *Modified bentonite adsorption of organic pollutants of dye wastewater*. **Materials Chemistry and Physics**, v. 202, n.1, Dezembro de 2017, pg. 266-276.

KISMIR Y., AROGUZ A. Z. *Adsorption characteristics of the hazardous dye Brilliant Green on Saklikent mud*. **Chemical Engineering Journal**, v. 172, n. 1, Agosto de 2011, pg. 199-206, 2011.

LOUREIRO, L. F. **Avaliação da adsorção do herbicida 2,4-D em carvão ativado em pó e granular por meio de análises de isotermas de adsorção utilizando diferentes qualidades de água**. 128 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.



MEIRA, L. **Degradação de Corantes Indigoides com Reagente de Fenton.** 2014. Dissertação de Mestrado em Tecnologias de Valorização Ambiental e Produção de Energia. Instituto Politécnico de Portalegre - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Porto Alegre, 2014.

RIBEIRO, M. V. **Uso de Carvão de Osso Bovino na Defluoretação de Água para Uso em Abastecimento Público.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

YAGUB, M. T., SEM, T. K., AFROZE, S., ANG, H. M. *Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review.* **Advances in colloid and interface science**, v. 209, Julho de 2014, pg.172 -184.