http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2020.v12.n2.e320
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 14/05/2020 Revisado:31/07/2020 Aceito: 01/09/2020

REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO-SEDIMENTAÇÃO E ADSORÇÃO.

REMOVAL OF TEXTILE DYES BY COAGULATION-FLOCULATION-SEDIMENTATION AND ADSORPTION.

Gabriela Fonseca da Costa, Marcella Yuri de Almeida Sawaguchi, Vilson Gomes da Assunção Júnior

Centro Universitário Filadélfia - UniFil
E-mail: gabidacosta@gmail.com

RESUMO – Os efluentes têxteis quando lançados nos corpos hídricos sem tratamento adequado provocam prejuízos a qualidade da água dos corpos receptores devido à grande quantidade de corantes utilizados para o tingimento dos tecidos, sendo necessária a realização de pesquisas visando melhorar a eficiência do tratamento destes efluentes. O objetivo do trabalho foi avaliar a remoção da dispersão pigmentária de Ftalocianina de cobre, negro de fumo, monoazóico de naftol, diaxazina e diazótico, em escala de bancada. Para isso, foi preparado um efluente sintético com dispersão pigmentária de Ftalocianina de cobre, e os tratamentos utilizados foram coagulação-floculação e sedimentação, utilizando Hidroxicloreto de Polialumínio como coagulante, seguido de adsorção em leito fixo. A eficiência do tratamento foi avaliada pelos parâmetros pH, condutividade, turbidez e concentração residual de pigmento. Os resultados indicaram a melhor condição de coagulação em pH de 7,41 e dosagem de 10 $mg.L^{-1}$ de coagulante, resultando em remoções de 95,0% da turbidez e 90,0% de cor. O melhor adsorvente amostrado apresentou Índice de Azul de Metileno de 328,12 $mg.g^{-1}$ e capacidade de adsorção no equilíbrio de 44,57 $mg.g^{-1}$. O tratamento por coagulação-floculação e sedimentação foi capaz de remover 75,2% dos pigmentos e com o tratamento por adsorção a remoção dos pigmentos chegou a 97,3%.
Palavras-chave: Ftalocianina de Cobre; Carvão ativado; Zeólita; Índice de azul de metileno.

ABSTRACT – Textile effluents when discharged into water bodies without proper treatment cause damage to the water quality of the receiving bodies, mainly due to the large amount of dyes used for dyeing tissues, being necessary to conduct research aiming to improve the treatment efficiency of these effluents. Thus, the objective of this work was to assess the removal of pigments Copper phthalocyanine, naphthol monoazole, diaxazine and diazotic, by test bench. For this, the synthetic effluent with pigment dispersion of Copper phthalocyanine was prepared, and the

treatments used were coagulation-flocculation and sedimentation using polyaluminium hydroxychloride as coagulant, followed by fixed bed adsorption and the treatment efficiency was measured the following parameters: pH, conductivity, turbidity and pigment concentration. The results indicated the best coagulation condition with in pH of 7.41 and 10 $mg.L^{-1}$ dosage of coagulant resulting in 95.0% turbidity and 90.0% color removal. The best adsorbent, CAG 01, for adsorption sampled in this work presented Methylene blue index of 328.12 $mg.g^{-1}$ and adsorption capacity in equilibrium equal 44.57 mg g^{-1}. Coagulation-flocculation and sedimentation treatment removed 75.29% of the pigments and with adsorption treatment, the removal of the pigments reached 97.30%.

***Keywords*:** Copper phthalocyanine; Activated carbon; Zeolite; Methylene blue index.

1. INTRODUÇÃO

O setor têxtil representou 7% do consumo mundial de água (GUARATINI; ZANONI, 2000; LOPES, 2011), sendo considerado um dos maiores usuários de água e produtos para o pigmentação das roupas (KUNZ *et al*., 2002). Durante o processo de tingimento, cerca de 10 a 20% dos corantes são perdidos durante a etapa de lavagem e descartados como os efluentes (GUARATINI; ZANONI, 2000; LEDAKOWICZ *et al.,* 2001) ricos em cor, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, turbidez, demanda química de oxigênio - DQO e produtos químicos tóxicos (MACHADO *et al*., 2017). Em função da cor e da turbidez elevadas, bem como à toxicidade, os efluentes têxteis reduzem a atividade fotossintética e influenciam o equilíbrio natural da biota (CARVALHO *et al*., 2010).

O setor têxtil apresenta grande dificuldade em tratar seus efluentes, pois os corantes possuem baixa biodegradabilidade e o tratamento por coagulação-floculação e sedimentação não tem se mostrado eficiente em atendimento à legislação de descarte de efluentes – Resoluções CONAMA nº 357 e nº 430 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011) sendo necessária a adoção de tratamentos físicos e químicos complementares (VASQUES *et al*., 2011).

Uma das alternativas mais utilizadas para a complementação do tratamento dos efluentes têxteis é a adsorção (DOTTO *et al*., 2011; VASQUES *et al*., 2011; PIVA *et al*., 2011; HOLANDA *et al*. 2015; GOMES *et al*., 2016). Contudo, Sua eficácia está relacionada a fatores como: estrutura molecular e solubilidade do pigmento ou corante, diâmetro das partículas, pH e temperatura (FOUST *et al*., 1982).

A economia e eficiência deste tratamento depende da escolha do adsorvente, que deve ser de baixo custo, ter alta capacidade e taxa de adsorção, disponibilidade e eficiência na remoção dos corantes (CRINI e BADOT, 2008; DOTTO et al., 2011 e GOMES et al., 2011).

Dentre os adsorventes disponíveis comercialmente, merecem destaque o carvão ativado, material carbonáceo e poroso, que apresenta grande capacidade de adsorção devido à grande área superficial e a presença de uma variedade de grupos funcionais em sua superfície (MÜLLER *et al*., 2009; SILVA *et al*., 2017); e a zeólita, formada por tetraedros de silicatos e aluminatos, que possui estrutura microporosa que permite a mobilidade de íons pelos canais e cavidades, propiciando seletividade aos processos de troca iônica (JIMENEZ *et al*., 2004), além de apresentar uma elevada superfície interna em relação à sua superfície externa e permitir a transferência de massa entre o espaço

cristalino e o meio externo (AGUIAR; NOVAES, 2002).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos carvões ativados granulares e da zeólita como tratamento complementar de efluente têxtil sintetizado a partir de dispersões pigmentária de Ftalocianina de cobre.

2. METODOLOGIA

O efluente sintético foi preparado em laboratório a partir da diluição de 0,08 $g.L^{-1}$ de dispersão pigmentária de Ftalociana de Cobre (à base de água) em água da concessionária desclorada por volatilização para evitar a degradação dos pigmentos. O corante utilizado é composto pelos pigmentos negro de fumo, monoazóico de naftol, ftalocianinas de cobre, diaxazina e diazótico.

O efluente sintético bruto e as amostras tratadas foram caracterizados em função dos parâmetros pH, turbidez, cor verdadeira e condutividade elétrica, utilizando como referência os equipamentos e métodos apresentados na Quadro 1.

Quadro 1. Parâmetros qualitativos analisados e métodos empregados.

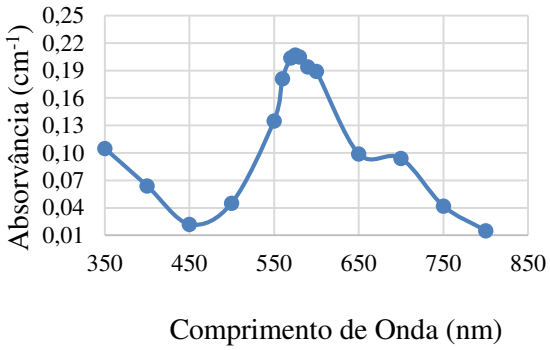
Parâmetros analisados	**Ref. APHA *et al.*, (2018)**	**Equipamentos (modelo/marca)**
pH	4500	pHmetro Gehaka PG2000
Turbidez (UNT)	2130 B	Turbidímetro Hach 21000Q
Cor verdadeira (uH)	2120 C	Espectrofotômetro - Bell
Condutividade Elétrica (µS/cm)	2510 B	Condutivímentro Gehaka CG1800

Fonte: (APHA *et al.*, 2018 Adaptado).

Por espectrometria, foi realizada a quantificação da dispersão de Ftalocianina de Cobre, no comprimento de onda de 575 nm, por varredura espectral, realizada a 25 nm e a cada 5 nm próximo ao ponto de pico, entre 350 a 800 nm, conforme a Figura 1.

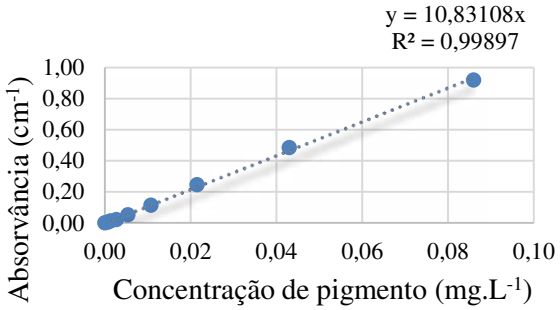
A curva de calibração foi realizada com concentrações de 0,003 $mg.L^{-1}$, 0,013 $mg.L^{-1}$, 0,021 $mg.L^{-1}$, 0,051 $mg.L^{-1}$, 0,113 $mg.L^{-1}$, 0,245 $mg.L^{-1}$, 0,485 $mg.L^{-1}$ e 0,92 $mg.L^{-1}$ de corante obtendo-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,99897, conforme Figura 2.

Figura 1. Varredura espectral para obtenção do comprimento de onda de maior absorção para quantificação da dispersão pigmentária de Ftalocianina de Cobre.



Fonte: Os autores.

Figura 2. Curva de calibração para quantificação da concentração da dispersão pigmentária de Ftalociana de Cobre.



Fonte: A autora, 2020.

Para obtenção da melhor condição de coagulação realizou-se o diagrama de coagulação, limitando o pH entre 6,0 e 9,0, conforme padrão de descarte de efluente tratado nos corpos hídricos (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Foram realizados experimentos no reator estático de bancada – Jar Test, da marca Milan, modelo JT-203, variando o pH e a dosagem de coagulante, a fim de otimizar as

condições de coagulação. Para a coagulação utilizou-se o coagulante hidroxicloreto de polialumínio ($Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$), em solução com concentração de 2.000 $mg.L^{-1}$ de Al^{3+}

As concentrações para esse procedimento foram de 5 $mg\ L^{-1}$, 7,5 $mg\ L^{-1}$, 10 $mg\ L^{-1}$ e 12,5 $mg\ L^{-1}$. Para adequação do pH utilizou-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) com concentração 0,1 N.

Os parâmetros de controle operacionais utilizados foram, mistura rápida com gradiente médio de velocidade de 112 s^{-1} e tempo de mistura de 1,0 minuto, floculação com o gradiente médio de velocidade de 21 s^{-1} e tempo de floculação de 19,0 minutos.

Para sedimentação utilizou velocidade de sedimentação da partícula crítica de 0,117 $cm.min^{-1}$ e tempo de duração de 56,0 minutos.

As características dos adsorventes foram obtidas com base em informações do fabricante, com exceção da caracterização do Índice de azul de metileno - IAM que foi realizado em laboratório. Essas características estão sintetizadas nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2. Caracterização preliminar dos carvões ativados granulares (CAGs) em relação a origem, matéria-prima, ativação, número de iodo e índice de azul de metileno.

Análise	CAG 01	CAG 02	CAG 03	CAG 04
Origem	Mineral	Animal	Vegetal	Vegetal
Matéria prima	Mineral betumi-noso	Osso de animal	Endo-carpo de coco babaçu	Casca de coco
Tipo de ativação	Física	Física	Física	Física
Número de Iodo ($mg.g^{-1}$)	993,3	-	812,2	995,04
Índice de Azul de metileno ($mg.\ L^{-1}$)	328,12	242,08	117,42	174,74

Fonte: Os autores.

Quadro 3. Caracterização preliminar da zeólita amostrada em relação à origem, granulometria, densidade aparente, pH, capacidade de troca catiônica e índice de azul de metileno.

Análise	Zéolita
Origem	Mineral
Granulometria (mm)	0,4 a 1,0
Densidade aparente ($g.cm^{-3}$)	0,93
pH	6,93
Índice de Azul de metileno ($mg.\ L^{-1}$)	87,23

Fonte: Os autores.

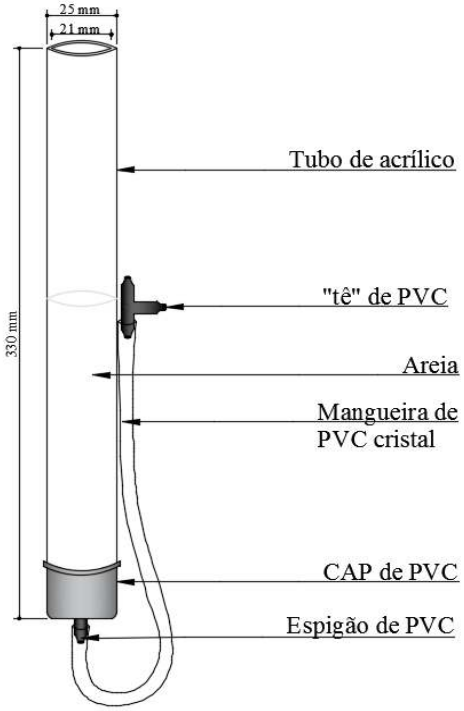
A caracterização do Índice de Azul de Metileno (IAM), dos adsorventes carvão ativado granular e zeólita, foram realizadas conforme a norma K1474 (JAPÃO, 2014), utilizando concentrações da ordem de 0,048 $mg\ L^{-1}$, 0,24 $mg.L^{-1}$, 1,2 $mg.L^{-1}$, 2,4 $mg.L^{-1}$. As concentrações resíduas foram determinadas por espectrometria utilizando o espectrofotômetro no comprimento de onda 665 nm.

Após tratamento por coagulação-floculação e sedimentação, realizou-se a adsorção em leito fixo, com espessura do meio granular de 0,10 m, tempo de contato de 10 minutos resultando em uma vazão de 3,14 $mL.min^{-1}$.

Para realização dos experimentos de adsorção, foi construído um filtro com comprimento de 0,33 m, 0,025 m de diâmetro externo e 0,021 m de diâmetro interno. Com parte inferior composta por uma tela de aço inox e por um CAP soldável de PVC, perfurado com um espigão de plástico com diâmetro 6 mm.

Esse espigão é ligado a uma mangueira de PVC cristal, com diâmetro de 0,06 m e aproximadamente 0,30 m de comprimento, e ligada a um “tê” de diâmetro de 0,06 m, conforme figura 03. A Figura 3 ilustra o filtro construído.

Figura 3. Representação do filtro de leito fixo, em escala reduzida.



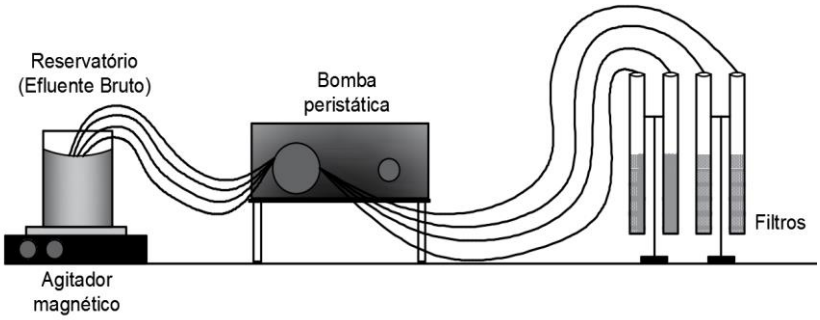
Fonte: Os autores.

As paredes internas do filtro foram revestidas com areia para impedir a formação de correntes preferenciais de escoamento durante o processo de adsorção. A altura do revestimento foi de 0,15 m.

A capacidade de adsorção dos adsorventes foi avaliada por meio da construção de uma curva de ruptura com os adsorventes selecionados. A estrutura utilizada para a realização da curva de ruptura está esquematizada na Figura 4:

- Recipiente com capacidade de 8 litros, para acomodar o efluente bruto;
- Agitador magnético, para manter a homogeneidade do efluente durante o processo;
- Bomba peristáltica de 4 canais, para alimentação simultânea;
- Quatro filtros;
- Quatro béqueres de 1 litro para coleta do efluente tratado.

Figura 4. Sistema montado para realização da curva de ruptura e posteriormente a adsorção em filtro de leito fixo.



Fonte: Os autores.

Para a curva de ruptura utilizou-se vazão de 3,14 mL.min^{-1}, tempo de contato de 10 min., altura do meio filtrante de 0,10 m. Após o tempo de contato de 10 minutos, realizaram-se as coletas nos tempos de 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300, 360, 840, 1320, 1800, 2280, 2760, 3240 e 3720 min.

A curva de ruptura teve duração de 65 horas, e foi interrompido por ter atingindo mais do que 95% da saturação dos adsorventes. Com as concentrações obtidas ao longo do experimento, foram construídas as curvas de ruptura e calculados as capacidades adsortivas, conforme a equação 1.

$$qe = \frac{(Co - Cf)}{m} * Q * t \quad (1)$$

Em que:

qe = quantidade adsorvida na fase sólida (mg.g^{-1});

Co = concentração inicial na fase líquida (mg.g^{-1});

Cf = concentração final na fase líquida (mg.g^{-1});

m = massa de carvão ativado granular utilizada (g);

Q = vazão (mL/min);

t = tempo de saturação do CAG (horas).

Para determinação da quantidade útil adsorvida na fase sólida foi considerada à concentração final na fase líquida até a ocorrência da perda de carga limite ou eficiência mínima de remoção de 30%. A quantidade total adsorvida na fase sólida foi considerada até a eficiência de remoção de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização dos adsorventes

Os resultados demonstram que o carvão ativado com o maior IAM foi o CAG 01, de origem de mineral betuminoso, conforme figura 5. Estes resultados são divergentes aos resultados encontrados por Fukumoto e Kuroda (2019), que obtiveram maiores IAM para CAGs provenientes de endocarpo de coco, conforme Quadro 4.

Entretanto, o IAM depende além da proveniência do carvão, de outros fatores como: queima, ativação, porosidade, área superficial, que justificam a diferença entre os resultados. No geral, os CAGs estudados nesse trabalho apresentaram resultados melhores que a média dos CAGs nacionais amostrados por Fukumoto e Kuroda (2019), em relação ao seu Índice de azul de metileno.

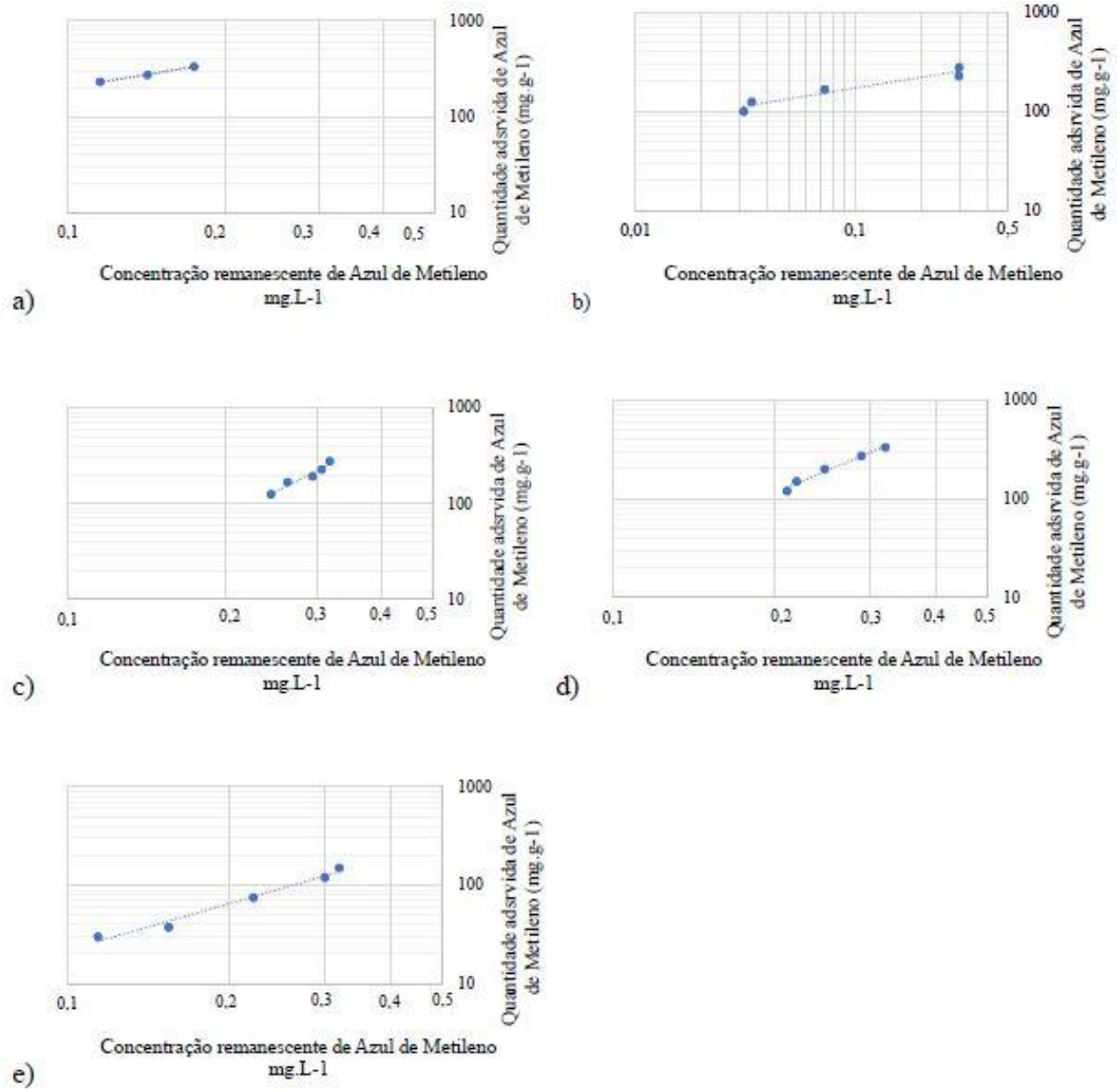
Quadro 4. Caracterização dos carvões granulares amostrados de Fukumoto e Kuroda (2019), em relação a origem, matéria-prima, ativação, número de iodo e índice de azul de metileno.

Análise	**CAG 15**	**CAG 16**	**CAG 18**	**CAG 19**	**CAG 20**
Origem	Vegetal	Vegetal	Vegetal	Vegetal	Vegetal
Matéria prima	Endocarpo de coco	Endocarpo de coco	Endocarpo de coco	Endocarpo de coco	Endocarpo de coco
Tipo de ativação	Física	Física	Física	Física	Física
Número de Iodo ($mg.g^{-1}$)	936	910	850	976	845
Índice de Azul de metileno ($mg.\ g^{-1}$)	54	79	-	190	81

Fonte: Fukumoto e Kuroda (2019).

A zeólita apresentou IAM de 87,23 $mg.L^{-1}$, portanto, não foi utilizada nos ensaios de adsorção por ser considerado um índice reduzido.

Figura 5. Caracterização dos adsorventes em relação ao Índice de azul de metileno
(a) CAG 01 – Mineral betuminoso, (b) CAG 02 – Osso animal, (c) CAG 03 - Endocarpo de coco de babaçu, (d) CAG 04 – Casca de coco, (e) Zeólita 01.

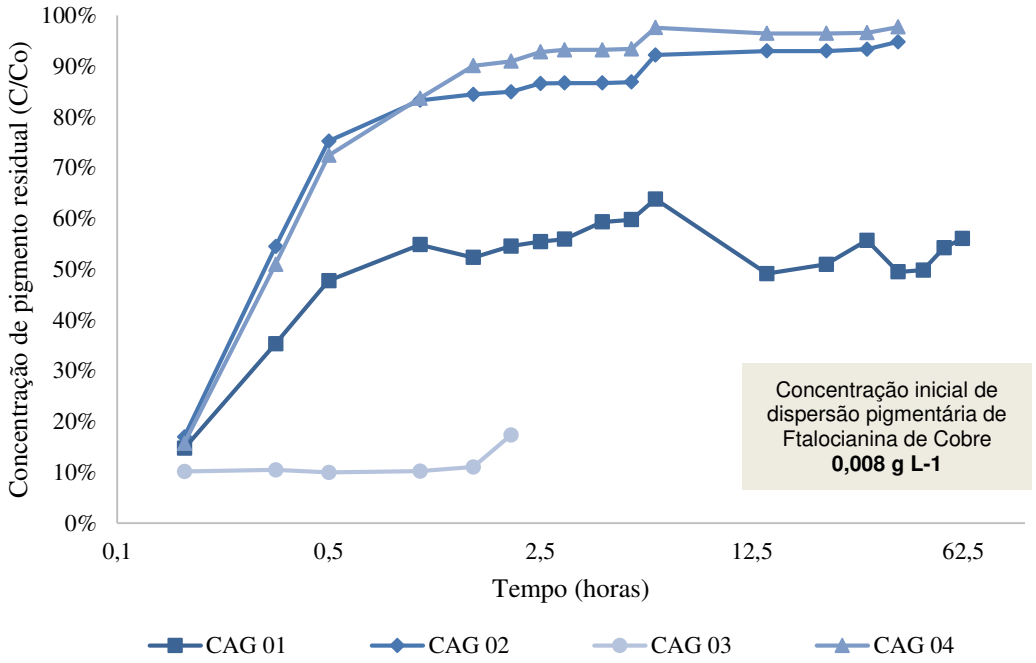


Fonte: Os autores.

3.2. Curva de ruptura

Na Figura 6, é apresentada a curva de ruptura do efluente sintético bruto, empregado como adsorvente CAGs 01, 02, 03 e 04.

Figura 6. Curva de ruptura do efluente sintético bruto com os CAGs 01, 02, 03 e 04.



Fonte: Os autores.

A curva de ruptura foi interrompida para os CAGs 02 e 04 por atingirem a capacidade total de adsorção, considerada quando a concentração residual de pigmento foi igual ou superior a 95% da concentração inicial. O CAG 02 obteve qe útil de 0,33 $mg.g^{-1}$ com 0,5 horas e qe total de 0,49 $mg.g^{-1}$ com 1,5 horas e o CAG 04 qe útil de 2,28 $mg.g^{-1}$ com 0,5 horas e qe total de 1,31 $mg.g^{-1}$ com 6 horas.

Para os CAGs 01 e 03 a curva de ruptura foi interrompida devido à ocorrência da perda de carga limite de 0,20 m. No caso do CAG 01, o filtro operou 62 horas, justificando a colmatação do meio filtrante pela adsorção dos pigmentos. No caso do CAG 03, isso ocorreu devido à menor granulometria eficiência elevada, provocando a acelerada colmatação do meio filtrante. Para o CAG 03, não foi possível obter Qe total devido a ocorrência da perda de carga limite (0,20 m) com 2 hora de experimento.

A partir das curvas de ruptura, foram calculados os valores da capacidade útil (qe útil) e da capacidade total (qe total) de adsorção para a dispersão pigmentária de Ftalocianina de Cobre. Os valores de Qe útil obtidos para os CAGs 1, 2, 3 e 4 foram respectivamente de 44,57; 0,33; 0,31; 2,28 mg g^{-1}, sendo, portanto, o CAG1 de mineral betuminoso selecionado como o adsorvente de melhor desempenho.

3.3. Coagulação-floculação-sedimentação e Adsorção

Na figura 7 e no Quadro 5 são apresentadas as características do efluente sintético bruto utilizado para realizar o diagrama de coagulação. Pode-se observar, que o efluente apresentou pH próximo do neutro, cor acentuada e elevada turbidez. Os mesmos parâmetros foram refeitos após o efluente passar pela coagulação-floculação-sedimentação e adsorção.

Quadro 5. Características do Efluente bruto (1), do efluente tratado por coagulação-floculação e sedimentação (2) e efluente pós tratado por adsorção (3).

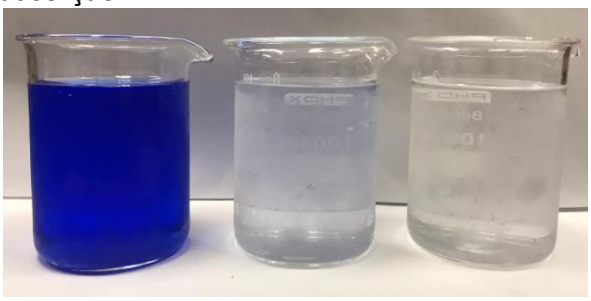
Parâmetros	(1)	(2)	(3)
pH	7,2	7,10	7,91
Concentração de pig. (mg.L^{-1})	10,52	0,92	0,28
Turbidez (UNT)	62,05	2,60	1,75

Fonte: Os autores.

De acordo com o quadro 5 pode-se verificar que a coagulação-floculação-sedimentação não foi suficiente para remoção dos pigmentos, permanecendo concentração residual de 91,25%.

A realização da adsorção produziu melhores resultados, complementando a remoção de pigmentos para 97,30% e a remoção complementar de turbidez para 97,20%. Com base na figura 7, pode-se observar melhor os resultados indicados no quadro 4.

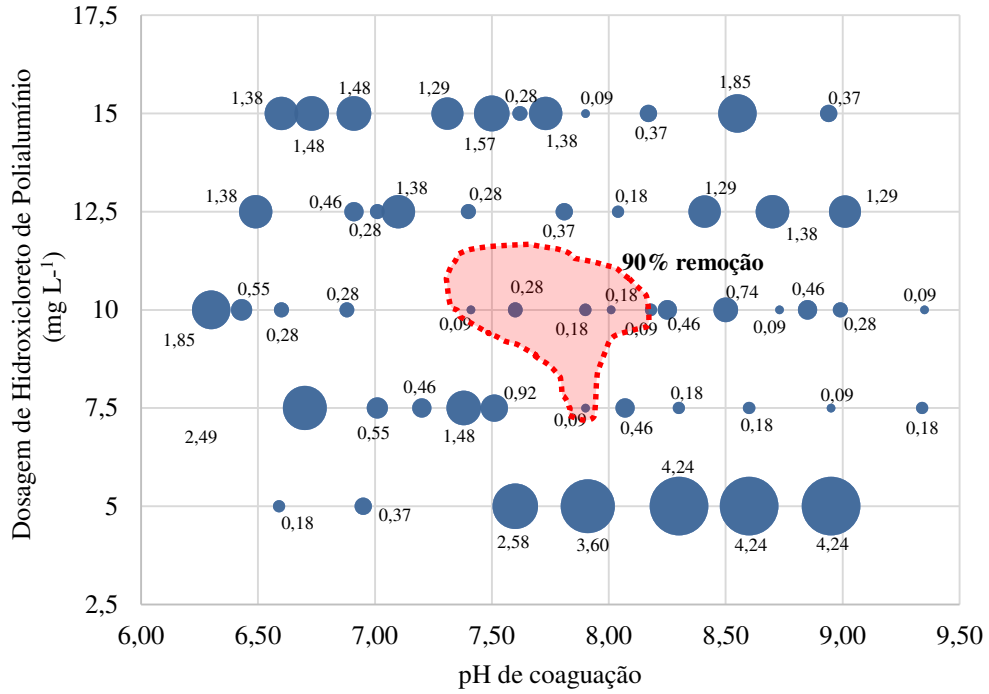
Figura 7. Amostra de efluente bruto, efluente tratado por coagulação-floculação-sedimentação e amostra pós tratada por adsorção.



Fonte: Os autores.

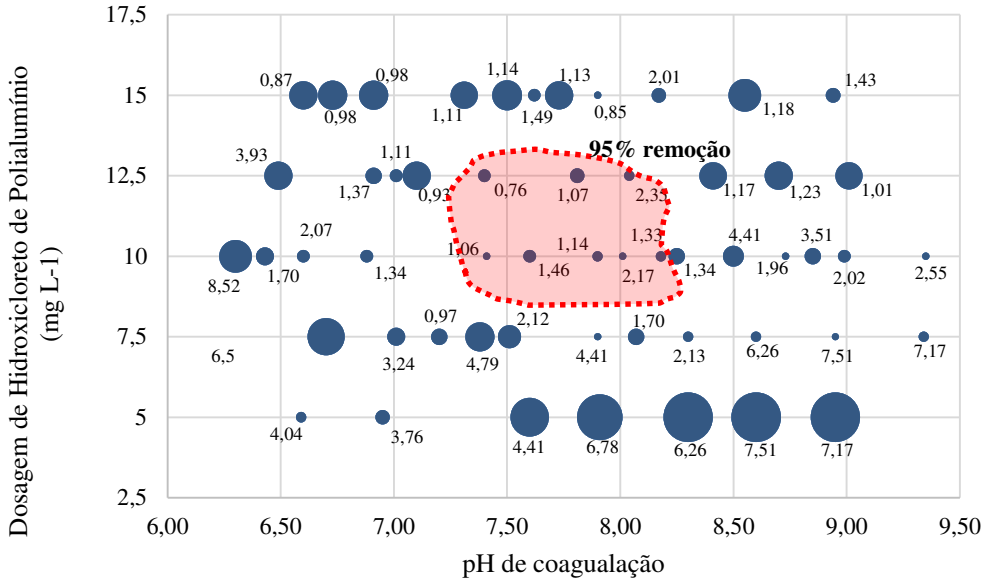
Analisando os diagramas, ilustrados nas Figura 8 e 9, a região de melhor eficiência de coagulação foi próxima ao pH de 7,5 e a dosagem de 10 mg.L^{-1} de Hidroxicloreto de Polialumínio. A melhor condição obtida foi para o pH de 7,41 e a dosagem 10 mg L^{-1} de Al^{3+} resultando em concentração residual de corante de 0,092 mg L^{-1} e turbidez de 1,06 UNT.

Figura 8. Concentração de pigmento residual em relação à variação de Hidroxicloreto de Polialumínio e pH de coagulação.



Fonte: Os autores.

Figura 9. Concentração de turbidez residual em relação à variação de Hidroxidocloreto de Polialuminio e pH de coagulação.



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, o CAG 1 que apresentou o maior IAM (328,12 mg g-1) foi também o carvão que apresentou melhor capacidade sortiva para a dispersão pigmentária de Ftalocianina de Cobre, com Qe útil de 44,57 mg g^{-1}.

O tratamento por coagulação química – floculação – sedimentação do efluente sintético contendo 10,52 mg L^{-1} de Dispersão pigmentária foi capaz de promover a remoção de 75,29% dos pigmentos, apresentando concentração residual de 0,92 mg L^{-1}.

A adsorção do sobrenadante atuou na complementação da remoção dos pigmentos, com remoção final de 97,30% e concentração residual de 0,28 mg L^{-1}.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 1678-7064, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000700015

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater**, 22. ed. Washington. D. C., 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução N° 357, 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. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011.** Complementa e altera a Resolução no 357 de 2005. Brasília, 2011.

CARVALHO, T. E. M.; FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C. Adsorção do corante reativo laranja 16 de soluções aquosas por zeólita sintética. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 358-363, 2010. https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000200023

CRINI, G.; BADOT, P. M. Application of Chitosan, a Natural Aminopolysaccharide, for Dye Removal from Aqueous Solutions by Adsorption Processes Using Batch Studies: A Review of Recent Literature. **Progress in Polymer Science**, v. 33, p. 399-447, 2008. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2007.11.001

DOTTO, G. L.; VIEIRA, M. L. G.; GONÇAVES, J. O.; PINTO, L. A. A. Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra ativada, terra diatomácea, quitina e quitosana: estudos de equilíbrio e termodinâmica. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1193-1199, 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000700017

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W. **Princípio das operações unitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.

FUKUMOTO, A. A. F.; KURODA, E. K. Seleção de carvões ativados para adsorção de microcistinas. **Eng. Sanit. Ambient**. v. 24, n. 2, p. 295-304, 2019. https://doi.org/10.1590/s1413-41522019183445

GOMES, M. S. S. 0; NASCIMENTO, J. R.; SILVA, M. G. O. Mesocarpo de babaçu (ORBINYA SP) como adsorvente do dodecil benzeno sulfonato de sódio (SDBS). **Holos**, v. 7, n. 32, p. 51-61, 2016. https://doi.org/10.15628/holos.2016.3019

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, p. 71-78, 2000. https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100013

HOLANDA, C. A.; SOUZA, J. L.; SANTOS, C. C. SILVA, H. A. S.; ABREU SANTANA, S. A. A. S.; COSTA, M. C. P.; SCHULTZ, M. S.; BEZERRA, C. W. B. Remoção do Corante Têxtil Turquesa de Remazol Empregando Aguapé (*Eichhornia crassipes)* como Adsorvente. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry.,** v. 7, n. 2, p. 141-154, 2015. https://doi.org/10.17807/orbital.v7i2.622

JAPÃO, Japanese Industrial Standar – JIS. *K 1474* – **Test methods for activated carbon**. 2014.

JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M. D.; CARVALHO, W. A. remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolecita – influência da temperatura e do ph na adsorção em sistemas monoelementares. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004. https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000500011

KUNZ, A.; ZAMORA, P. P.; MORAIS, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000100014

LEDAKOWICZ, S.; SOLECKA, M.; ZYLLA, R. Biodegradation, decolonization and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. **Journal of Biotechnology,** v. 89, p. 175-184, 2001. https://doi.org/10.1016/S0168-1656(01)00296-6

LOPES, C. S. D. Análise ambiental da fase de acabamento do jeans. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e sustentabilidade**, v. 6, p. 42-46, 2011.

MACHADO, M. C.; VARGAS, R. R.; SILVA, M. A.; ENGELS, T. Uso de sementes de Moringa Oleífera (LAM) no tratamento de efluente têxtil. **Revista Principia**, v. 33, p. 37-49, 2017. https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n33p37-49

MÜLLER, C. C.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T.; CYBIS, L.F. Adsorção em carvão ativado em pó para remoção de microcistina de água de abastecimento público. **Eng Sanit Ambient**, v. 14, n. 1, p. 29-38, 2009.

https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000100004

PIVA, J. A. L. D.; SANTOS, O.; ANDRADE, C. M. G. Determinação e análise de isotermas de adsorção do corante azul 5G em leito fixo de carvão ativado. **Departamento de Engenharia Química**, v. 33, n. 4, p. 435-438, 2011. https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.8239

SILVA, E. S. C. A.; PINTO, B. C.; LIMA, A. S.; OLIVEIRA, M. A.; BEZERRA, A. C. S.; SOUZA, T. S. F.; RODRIGUES, C.G; MACHADO, A. R. T. Equilíbrio de adsorção do corante rodamina B em carvão ativado obtido dos resíduos do coco verde. **The Journal of Engineering and Exact Sciences,** v. 3, n.8, p. 1051-1058, 2017. https://doi.org/10.18540/jcecvl3iss8pp1051-1058

VASQUES, A. R.; SOUZA, S. M. A. G. U.; WEISSENBERG, L.; SOUZA, A. A. U.; VALLE, J. A. B. Adsorção dos corantes RO16, RR2 e RR141 utilizando lodo residual da indústria têxtil. **Eng Sanit Ambient**, v. 16, n. 3, p. 245-252, 2011. https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000300007