

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental

**PRODUÇÃO DE ADSORVENTE ALTERNATIVO A PARTIR DE LODO
TÊXTIL INDUSTRIAL E LODO DE ESGOTO PARA TRATAMENTO DE
EFLUENTE SINTÉTICO**

Ana Luiza Forgiarini¹ (analuforgiarini@outlook.com), Joice Gnoatto Casanova¹ (joicegnoatto@hotmail.com), Michele Di Domenico¹ (micheled@utfpr.edu.br), Fernanda Batista de Souza¹ (fernandasouza@utfpr.edu.br)

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR; Câmpus Francisco Beltrão

RESUMO

Os problemas enfrentados pelos setores industriais com a destinação de resíduos têm se tornado cada vez maiores, uma vez que há uma produção excessiva destes resíduos. Duas atividades que possuem grande geração de resíduos, indústria têxtil e estação de tratamento de esgoto, enfrentam dificuldades com o tratamento e destinação de seus resíduos. O lodo é um subproduto gerado em ambas as atividades e apresenta composição diversificada conforme o tipo dos materiais de origem. Outra preocupação da indústria têxtil é quanto ao tratamento dos efluentes, que são contaminados com corantes de difícil degradabilidade. Considerando a problemática do tratamento de efluentes e a destinação de resíduos sólidos, pode-se propor processos de tratamento dando uma destinação alternativa para o lodo produzido. A utilização do processo de adsorção pode ser a solução para essas problemáticas. Nesse estudo, o lodo têxtil e o lodo de esgoto passaram por tratamentos térmicos e químicos baseados em um planejamento fatorial 2³, variando temperatura, tempo e massa de catalisador. Os adsorventes produzidos obtiveram porcentagens de remoção do corante Vermelho Remazol RR acima de 90% tanto para o lodo têxtil quanto para o lodo de esgoto. As variáveis significativas estatisticamente foram tempo e temperatura para o lodo têxtil industrial e temperatura para o lodo de esgoto, para o lodo têxtil industrial a interação entre as variáveis também foi significativa para o processo. Foi possível concluir que os materiais produziram adsorventes eficientes para a remoção do corante Vermelho Remazol RR. Logo, a utilização destes na adsorção aumentam as alternativas de destinação sustentável desse resíduo.

Palavras-chave: Resíduos; Adsorção; Corantes.

**PRODUCTION OF ALTERNATIVE ADSORBENT FROM INDUSTRIAL
TEXTILE SLUDGE AND SEWAGE SLUDGE FOR TREATMENT OF
SYNTHETIC EFFLUENT**

ABSTRACT

The problems faced by the industrial sectors with the destination of waste have become increasingly large, since there is an excessive production of this waste. Two activities that have large generation of waste, textile industry and sewage treatment plant, face difficulties with the treatment and disposal of their waste. The sludge is a byproduct generated in both activities and presents diverse composition according to the type of the materials of origin. Another concern of the textile industry is regarding the treatment of effluents, which are contaminated with dyes of difficult degradability. Considering the problem of the treatment of effluents and the destination of solid waste, it is possible to propose treatment processes giving an alternative destination for the sludge produced. The use of the adsorption process may be the solution to these problems. In this study, the textile sludge and the sewage sludge underwent thermal and chemical treatments based on a 2³ factorial design, varying temperature, time and mass of the catalyst. The adsorbents produced obtained percentages of Red Remazol RR dye removal above 90% for both textile sludge and sewage sludge. The statistically significant variables were time and temperature for industrial textile sludge and temperature for sewage sludge, for industrial textile sludge the interaction between variables was

also significant for the process. It was possible to conclude that the materials produced efficient adsorbents for the removal of Red Remazol RR dye. Therefore, their use in adsorption increases the alternatives of sustainable destination of this residue.

Keywords: Waste; Adsorption; Dyes.

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento acelerado das atividades industriais potencialmente poluidoras, os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes (FLECK; TAVARES; EYNG., 2013). Duas atividades que possuem grande potencial poluidor devido a geração expressiva de resíduos sólidos são a indústria têxtil e as estações de tratamento de esgoto.

O lodo industrial têxtil é gerado a partir das partículas sólidas presentes no efluente das indústrias e do tratamento físico-químico desses efluentes. O maior problema gerado por esses resíduos para as empresas é a falta de tratamento e destinação adequados (AQUINO, 2015), fazendo com que este resíduo seja muitas vezes destinado aos aterros sanitários.

Outra grande dificuldade para a indústria têxtil é a geração de efluentes contaminados com corantes. Os corantes são utilizados principalmente na etapa de tingimento do tecido e, além, de atribuir cor ao efluente, afetam a transparência da água, o que pode causar danos severos a saúde e ao meio ambiente (LIM; CHU; PHANG, 2010 e MARTÍNEZ-HUITLE, 2012). Ainda, os corantes utilizados são projetados para serem resistentes, o que os torna um grupo de compostos químicos desafiadores quanto aos processos de degradabilidade (NILSSON, 2006). Com isso, pode-se dizer que os corantes têxteis são extremamente perigosos devido à sua toxicidade e baixa degradabilidade (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013).

Já o lodo de esgoto é um dos subprodutos resultantes dos processos de tratamento de esgoto. Os subprodutos podem estar na forma sólida, semi-sólida ou líquida, são ricos em matéria orgânica e em nutrientes, portanto, apresentam grande potencial poluidor (BATISTA, 2015).

Para Metcalf e Eddy (2016), de forma geral, o lodo de esgoto é constituído por excreta humana, águas de banho e resíduos de processamento de alimentos, além de uma ampla variedade de compostos orgânicos e inorgânicos. Porém, há uma variabilidade desses constituintes devido ao tipo de efluente despejado na rede coletora e o tipo de tratamento empregado (BATISTA, 2015).

A adsorção é um processo de transferência de massa, que é amplamente utilizado no tratamento de efluentes para remoção de substâncias contidas em soluções (METCALF; EDDY, 2016). Além disso, é um método simples e barato, que não requer grandes investimentos e altos consumo de energia, fatores desejados para o tratamento de efluentes (XU et al., 2018).

Segundo Rosales et al. (2017), muitos materiais podem ser usados como adsorventes e a sua escolha dependerá do tipo de aplicação. Espera-se que os adsorventes alternativos possuam características como baixo custo, boa resistência química, abundância, fácil manuseio e regeneração, alta área específica e alta capacidade de adsorção (CRINI, 2006).

Os adsorventes oriundos da biomassa vegetal e animal surgiram como uma opção de baixo custo e alta eficiência frente aos métodos tradicionais de adsorção. Além de possuírem caráter renovável e fácil biodegradabilidade esses adsorventes têm se mostrado excelentes para o controle de poluentes no ambiente aquático (FLECK; TAVARES; EYNG, 2013).

Segundo Fleck, Tavares e Eyng (2013), mesmo com os inúmeros benefícios do uso de adsorventes oriundos de biomassa, o seu uso para o controle da poluição tem sido pouco explorado em vários países. O Brasil se destaca nesse sentido pela sua grande diversidade de biomassas.

Neste trabalho, foram produzidos adsorventes utilizando lodo industrial têxtil e lodo de esgoto como material de origem. Esses adsorventes foram aplicados no processo de adsorção para o tratamento de um efluente sintético contendo corante têxtil.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi obter adsorventes alternativos a partir de lodo industrial têxtil e lodo de esgoto, bem como utilizá-los no tratamento de efluente sintético para remoção de corante têxtil.

3. METODOLOGIA

3.1 Preparo de efluente sintético

O efluente foi preparado a partir da dissolução do corante Vermelho Remazol (RR) em água destilada, a uma concentração de 1000 mg/L, chamada de solução estoque.

Para realização da curva de calibração foram diluídos diferentes volumes da solução estoque em nove balões de 100 mL; as concentrações das soluções obtidas foram de 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30 e 40 mg/L. Em seguida, o pH das soluções foi ajustado para 3,0. Foi realizada uma varredura espectrofotométrica UV-VIS na amostra de 30 mg/L, com o comprimento de onda variando de 420 a 1000 nm para identificar os picos de absorvância. Em seguida, foi realizada a leitura da absorvância da curva de calibração em espectrofotômetro no pico determinado pela varredura.

Para o preparo do efluente a ser utilizado nas análises de adsorção foi realizada a diluição da solução estoque a uma concentração de 200 mg/L.

3.2 Obtenção dos materiais adsorventes

As amostras de lodo industrial foram cedidas por uma empresa do ramo têxtil localizada no município de Dois Vizinhos – PR, enquanto que as amostras do lodo de esgoto foram cedidas pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) do município de Francisco Beltrão – PR.

Após a coleta das amostras, foi necessário realizar a secagem do material em estufa de secagem, a aproximadamente 80 °C por um período de 24 h.

Depois de seco, os materiais foram triturados e peneirados em um agitador de peneiras, utilizando as malhas 1,19; 0,50; 0,30; 0,250; 0,177; 0,074 mm de abertura, respectivamente. Para realização das análises de caracterização e adsorção foi utilizado o material retido na malha de 0,50 mm.

3.3 Caracterização do adsorvente

Para a caracterização dos materiais, foi realizada a análise imediata baseando-se nas normas CEN/TS 14774-1 (2004), CEN/TS 15148 (2005) e CEN/TS 14775 (2004).

A partir dessa análise foi possível identificar a porcentagem de umidade (U (%)), de matéria volátil (MV (%)), de cinzas (Cz (%)) e de carbono fixo das amostras (CF (%)).

3.4 Preparo dos adsorventes

Primeiramente, o lodo têxtil industrial e o lodo de esgoto passaram por um tratamento térmico através da pirólise, baseado na metodologia utilizada por Mocelin (2007). Este processo foi realizado através de um planejamento fatorial 2³ com triplicata no ponto central, conforme apresentado na Tabela 1.

O tratamento químico foi realizado em metade do material obtido no tratamento térmico, sendo as quantidades apresentadas na Tabela 2. Para isso, foi utilizado 50 mL de solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,1 mol/L, para cada 1 g de lodo pirolisado, baseado na metodologia utilizada por Borges, Sellin e Medeiros (2008).

Os Erlenmeyers de 250 mL contendo o lodo e a solução de ácido sulfúrico foram levados a agitação por 3 h em shaker na velocidade de 150 rpm. Posteriormente, as amostras foram filtradas e o material adsorvente foi seco em estufa a 50 °C até atingir massa constante.

Tabela 1. Planejamento experimental 2³ da pirólise

Variável	Nível (-)	Ponto Central (*)	Nível (+)
Temperatura (°C)	300	400	500
Tempo (min)	30	60	90
Catalisador (g)	0	0,025	0,05
Experimento	Variáveis		
10 (C)	*	*	*
8	+	+	+
7	-	+	+
6	+	-	+
2	+	-	-
1	-	-	-
4	+	+	-
9 (C)	*	*	*
11 (C)	*	*	*
5	-	-	+
3	-	+	-

Tabela 2. Massa de amostra tratada quimicamente por experimento

Experimento	Lodo têxtil industrial (g)	Logo Esgoto (g)
10 (C)	2,61	2,66
8	2,27	2,40
7	3,56	3,59
6	2,08	2,57
2	2,31	2,37
1	3,34	3,67
4	2,06	2,21
9 (C)	3,18	2,72
11 (C)	2,69	2,74
5	4,13	3,74
3	3,39	3,27
Total	31,62	31,96

3.5 Ensaios de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados para todos os adsorventes obtidos por meio da pirólise e do tratamento químico do lodo têxtil industrial e do lodo de esgoto. Para realização destes, adicionou-se 1 g da amostra de adsorvente e 50 mL do efluente sintético em tubos Falcon de 50 mL. As amostras foram mantidas em agitação em banho metabólico por 24 h. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas e a absorvância foi medida no comprimento de onda definido na varredura do efluente sintético.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos adsorventes

A partir da análise imediata foi possível identificar a composição dos adsorventes após passar pelo processo de secagem (Tabela 3).

Tabela 3. Composição dos adsorventes em base úmida

Parâmetro	Lodo têxtil industrial	Lodo Esgoto
	Média (%)	Média (%)
Umidade	2,11 ± 0,06	5,86 ± 0,29
Matéria Volátil	58,64 ± 0,93	58,22 ± 0,65
Cinzas	35,91 ± 0,12	25,70 ± 0,15
Carbono Fixo	3,36 ± 0,72	16,07 ± 0,49

Observa-se pela Tabela 3 que após o processo de secagem inicial os adsorventes apresentaram um baixo teor de umidade, máximo de 5,86 %. Ainda, os adsorventes são constituídos em grande parte, em torno de 58 %, por matéria volátil. Por fim, estes possuem baixo teor de carbono fixo, de 3,36 % para o lodo têxtil industrial e 16,07 % para o lodo de esgoto, logo, como a queima de carbono é o que libera energia, pode-se dizer que o lodo possui baixo poder combustível.

4.2 Adsorção

Na Tabela 4 é apresentada a porcentagem de remoção do corante Vermelho Remazol RR para cada ensaio de adsorção realizado em lodo industrial e em lodo de esgoto.

Tabela 4. Resultados de remoção de corante utilizando o lodo têxtil industrial e lodo de esgoto

Variável	Nível (-)	Central (*)	Nível (+)	Remoção (%)
Temperatura (°C)	300	400	500	
Tempo (min)	30	60	90	
Catalisador (g)	0	0,025	0,05	

Experimento	Variáveis			Lodo têxtil industrial		Lodo Esgoto	
	Temperatura	Tempo	Catalisador	TT	TTQ	TT	TTQ
10 (C)	*	*	*	90,70	71,97	57,46	89,23
8	+	+	+	93,77	61,04	69,61	94,98
7	-	+	+	73,63	18,77	26,93	34,21
6	+	-	+	98,17	89,16	67,27	95,05
2	+	-	-	0,000	92,02	88,04	91,95
1	-	-	-	78,77	12,54	24,36	25,03
4	+	+	-	99,32	76,01	90,79	92,52
9 (C)	*	*	*	81,41	27,26	54,58	89,58
11 (C)	*	*	*	82,03	42,87	61,87	91,08
5	-	-	+	51,68	16,42	31,49	36,70
3	-	+	-	79,25	10,79	20,75	23,74

Legenda: TT - Tratamento térmico, TTQ – Tratamento térmico e químico

Pode-se observar na Tabela 4 que o tratamento térmico foi mais significativo para o lodo têxtil industrial, enquanto que o tratamento químico diminuiu a capacidade de adsorção do corante Vermelho Remazol (RR).

Outro ponto a ser analisado é que para o lodo têxtil industrial tratado apenas termicamente os experimentos com melhores resultados foram com a temperatura de 500 °C, onde os experimentos 4, 6 e 8 removeram mais de 93% do corante presente no efluente sintético. No experimento 2 não foi possível identificar a porcentagem de remoção do corante, tendo em vista que o adsorvente liberou cor à solução de corante ao invés de remover.

Vasques (2011) também estudou a remoção de corantes têxteis por meio de um adsorvente obtido a partir do lodo têxtil industrial. Os resultados experimentais obtidos, demonstraram que o lodo têxtil pode ser considerado um bom material adsorvente. O lodo têxtil foi tratado termicamente a 500 °C

e ativado quimicamente com ácido acético, e foi avaliado a remoção dos corantes Reactive Orange 16, Reactive Red 2 e Reactive Red 141, cujas porcentagens máximas de remoção foram, respectivamente, 98,61%, 99,73% e 95,72%.

Também mediante a Tabela 4 é possível identificar a forte influência da temperatura na porcentagem de remoção de corante, quando se trata do lodo de esgoto.

Ao contrário do lodo têxtil industrial, o lodo de esgoto apresentou melhora significativa na remoção de corante após o tratamento químico, obtendo, em grande parte dos ensaios, remoção superior a 85% do corante Vermelho Remazol RR.

Pereira e Giacomoni (2015) constataram em seu estudo que as melhores condições para a remoção do corante Vermelho Remazol RR são a realização do tratamento químico no adsorvente e efluente sintético com pH 2 e temperatura de pirólise de 500°C. Esse estudo aponta uma remoção de corante superior a 73%.

Além de observar os valores quantitativos de remoção foi possível realizar a análise de variância para identificar as variáveis significativas no processo de adsorção. Nas Figuras 1 e 2 são mostrados os gráficos de Pareto dos tratamentos realizados no lodo têxtil industrial, e nas Figuras 3 e 4 são mostrados os gráficos para o lodo de esgoto.

Figura 1. Gráfico de Pareto dos efeitos para o lodo têxtil industrial TT

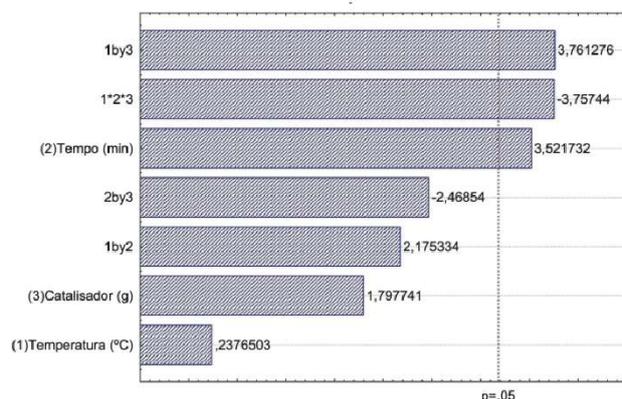
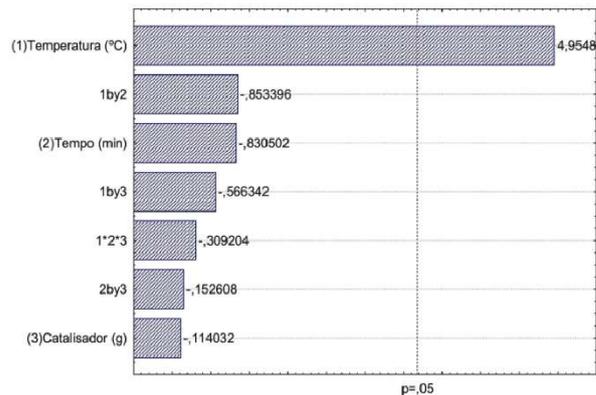


Figura 2. Gráfico de Pareto dos efeitos para o lodo têxtil industrial TTQ



Todos os efeitos situados a esquerda da linha $p = 0,05$ são considerados não significativos para o processo estudado. Por meio da Figura 1, observa-se que, para o lodo têxtil industrial tratado termicamente, o tempo foi a única variável significativa no processo de adsorção do corante. Porém, a interação entre temperatura e catalisador e a interação entre temperatura, tempo e catalisador também influenciam significativamente o processo de adsorção. Já para o lodo têxtil tratado térmica e quimicamente, mostrado na Figura 2, apenas a temperatura foi significativa para o processo de adsorção.

Figura 3. Gráfico de Pareto dos efeitos para o lodo de esgoto TT

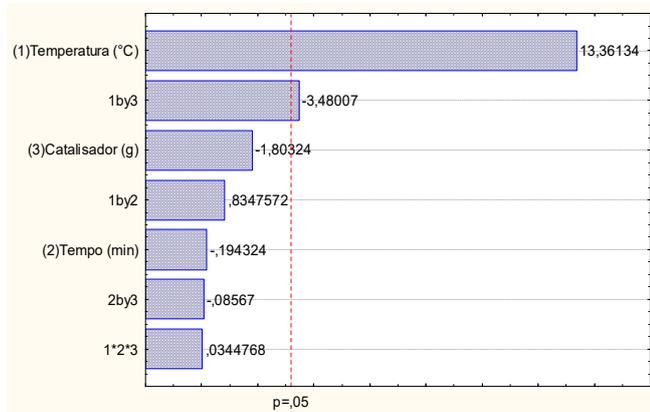
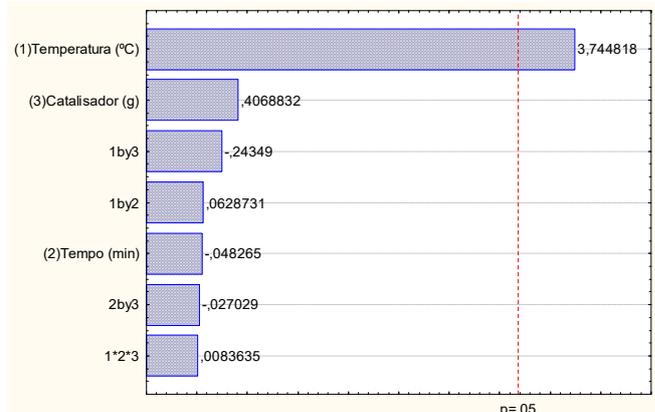


Figura 4. Gráfico de Pareto dos efeitos para o lodo de esgoto TTQ



De acordo com o gráfico de pareto mostrado na Figura 3, o lodo de esgoto tratado termicamente apresentou adsorção significativa com a variação da temperatura. Porém, a interação entre temperatura e catalisador também influenciam significativamente o processo de adsorção do corante Vermelho Remazol RR. Já para o lodo de esgoto tratado térmica e quimicamente, mostrado na Figura 4, apenas a temperatura foi significativa no processo de adsorção.

Outra ferramenta estatística que pode auxiliar na análise dos resultados são os gráficos de superfície. Através desses é possível visualizar a interação entre duas variáveis e encontrar a região de maior capacidade de remoção do corante. Nas Figuras 5 e 6 são mostradas as superfícies de resposta para o lodo têxtil industrial. A massa de catalisador foi fixada no valor do ponto central (0,025g).

Figura 5. Superfície de resposta para o lodo têxtil industrial TT

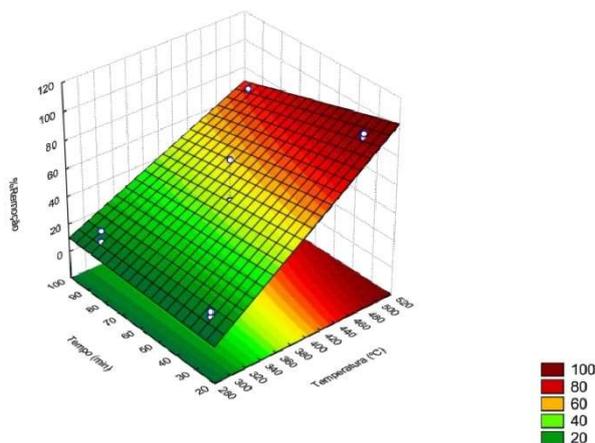
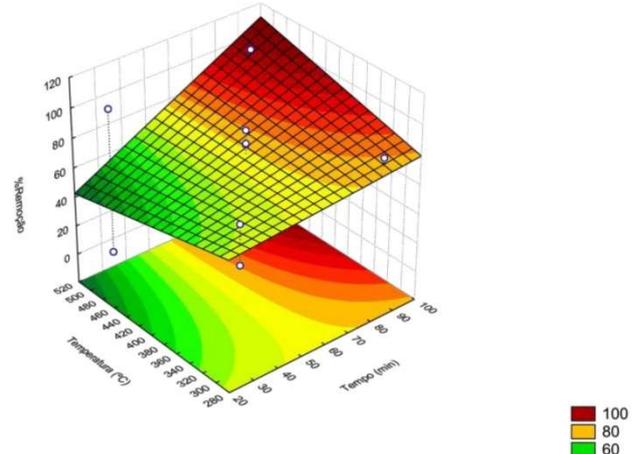


Figura 6. Superfície de resposta para o lodo têxtil industrial TTQ



Na Figura 5, observa-se que a região de maior porcentagem de remoção é a de pirólise em maior temperatura e menor tempo, já na Figura 6 observa-se que a maior porcentagem de remoção é a de pirólise em maior tempo e maior temperatura. Ambos os resultados foram obtidos sem a influência do catalisador.

Também foi avaliada por meio da análise de variância as superfícies de resposta para o lodo de esgoto. Os resultados obtidos são mostrados nas Figuras 7 e 8.

Figura 7. Superfície de resposta para o lodo de esgoto TT

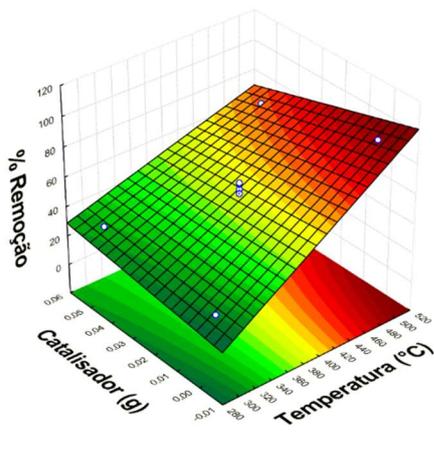
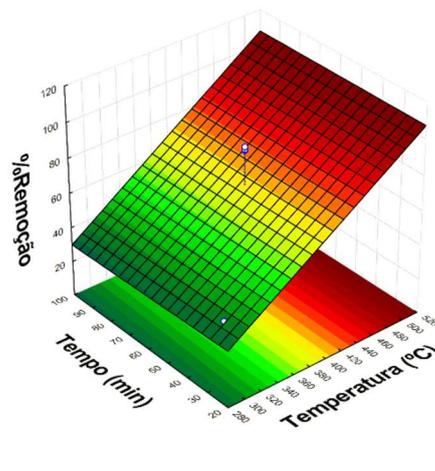


Figura 8. Superfície de resposta para o lodo de esgoto tratado TTQ



As interações mostradas na Figura 7 foram obtidas para o tempo fixo no ponto central (60 min). Já para a Figura 8, o catalisador foi fixado no ponto central (0,025g). Na Figura 7, observa-se que a região de maior porcentagem de remoção é a de pirólise em maior temperatura, na ausência de catalisador. A partir da análise da Figura 8, a região de maior temperatura apresenta maior eficiência de remoção do corante Vermelho Remazol RR, sem a influência do tempo de pirólise.

5. CONCLUSÃO

Atenção deve ser dada para problemáticas ambientais enfrentadas pelas indústrias têxteis e pelas estações de tratamento de esgoto. Esses empreendimentos possuem grande potencial poluidor devido à expressiva geração de resíduos e dificuldades na sua destinação.

Uma destinação alternativa para esses resíduos apresentada neste estudo resulta em expressivo potencial de produção de adsorventes de baixo custo a partir de lodo têxtil industrial e de lodo de esgoto.

É possível afirmar que o lodo têxtil industrial e o lodo de esgoto apresentam boa eficiência na remoção do corante Vermelho Remazol RR, obtendo valores de remoção acima de 90%, indicando que os adsorventes obtidos podem ser utilizados no tratamento de efluentes. Observa-se também que as variáveis que influenciam no processo de adsorção podem ser otimizadas em estudos futuros para se obter melhores resultados.

A utilização de resíduos para a geração de produtos comercializáveis deve ser incentivada e estudada cada vez mais. Sendo assim, é possível reduzir os custos agregados ao processo de adsorção e, principalmente, dar uma destinação alternativa e correta aos resíduos que são gerados em grande escala.

REFERÊNCIAS

AQUINO, R. C. et al. Adição de resíduo de lodo da indústria têxtil na produção de blocos cerâmicos de vedação. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. v. 10, n. 1, p. 29-35. 2015. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewFile/448/336>>, acesso em: 29/03/2019.

BATISTA, L. F. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no distrito federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. 2015. 214.f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18139/1/2015_LucileneFerreiraBatista.pdf>, acesso em: 29/03/2019.

BORGES, F.; SELLIN, N.; MEDEIROS, S. H. W. Caracterização e avaliação de lodos de efluentes sanitário e industrial como biomassa na geração de energia. **Ciência e Engenharia**. v.17, n. 1-2, p. 27-32, jan.-dez. 2008

CEN/TS 14774-1:2004. European Committee for Standardization. Solid biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture - Reference method (English Version). August, 2004.

CEN/TS 15148:2005. European Committee for Standardization. Solid biofuels - Method for the determination of the content of volatile matter(English Version). December, 2005.

CEN/TS 14775:2004. European Committee for Standardization. Solid biofuels - Method for the determination of ash content (English Version). August, 2004.

CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. **Bioresource Technology**, v.97, p. 1061-1085, 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852405002452>>, acesso em: 29/03/2019.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Adsorventes naturais como controladores de poluentes aquáticos: uma revisão. **Revista EIXO**, Brasília, DF, v.2, n.1, p. 39-52, jan./jun. 2013.

LIM, S. L.; CHU, W. L; PHANG, S.; Use of *Chlorella vulgaris* for bioremediation of textile wastewater. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 19, p. 7314–7322, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410008023>>, acesso em: 29/03/2019.

MARTÍNEZ-HUITLE, C.A.; et al. Applicability of diamond electrode/anode to the electrochemical treatment of a real textile effluent. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 674, p. 103–107, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572665712000550>>, acesso em 29/03/2019.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução de José Carlos Miezza Ivanildo Hespanhol. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MOCELIN, C. **Pirólise de lodo de esgoto sanitário: produção de adsorvente e óleos combustíveis**. 2007. 113.f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NILSSON, I. et al. Decolorization of synthetic and real textile wastewater by the use of white-rot fungi. **Enzyme and Microbial Technology**. v. 38, n. 1-2, p. 94-100, jan. 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141022905001973>>, acesso em: 29/03/2019.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **HOLOS**. v. 5, n. 29, p. 98-106. 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1239>>, acesso em: 29/03/2019.

PEREIRA, I. C.; GIACOMONI, M. **Produção de adsorvente de baixo custo a partir do lodo de esgoto para remoção de corante de efluente têxtil**. 2015. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2015.

ROSALES, E. et al. Challenges and recent advances in biochar as low-cost biosorbent: From batch assays to continuous-flow systems. **Bioresource Technology**, v.246, p. 176-193, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417309884>>, acesso em: 29/03/2019.

VASQUES, A. R. et al. Adsorção dos corantes RO16, RR2 e RR141 utilizando lodo residual da indústria têxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 16, n. 3, p. 245-252, jul.-set. 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a07>>, acesso em: 29/03/2019.

XU, J. et al. A review of functionalized carbon nanotubes and graphene for heavy metal adsorption from water: Preparation, application, and mechanism. **Chemosphere**, v.195, p.351-364, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653517320313>>, acesso em: 29/03/2019.

WERLANG, E. B. et al. Produção de carvão ativado a partir de resíduos vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul. v.13, n.1, p. 156-167, 2013. Disponível em: < <https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/3600>>, acesso em: 29/03/2019.