

ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMO ADSORVENTE ALTERNATIVO

A de F. GOUVEIA¹, C. KREUTZ¹, K. Q. de CARVALHO², F. H. PASSIG³, D. S. IKENO⁴ e L. M. LUNARDI⁵.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Ambiental

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Química e Biologia

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

⁵ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia Civil

E-mail para contato: gouveiaf.andreia@gmail.com

RESUMO – Estima-se que 20% da produção mundial de corante usado na indústria têxtil sejam descartados no ambiente. Neste trabalho é avaliada a adsorção do vermelho remazol (VR) e azul de metileno (AM) com os materiais adsorventes: lodo de Estação de Tratamento de Água (LTA) e carvão ativado granular (CAG). Os resultados da caracterização físico-química do LTA e CAG foram pH 6,99 e 6,24; densidade aparente 0,77 e 4,15 mg/L; teor de umidade 2,45 e 10%; teor de cinzas 12,82 e 3,50%; teor de material volátil 15,98 e 8,00% e granulometria média de 0,75, 5,0 e 6,1 mm, respectivamente. O comprimento de onda resultou em 450 nm para RB e 470 nm para AM. Os resultados das eficiências de remoção indicaram como melhor pH para AM de 9,5 e para VR de 5,5. A temperatura mais adequada foi de 60 °C e 30 °C, respectivamente. O CAG resultou mais eficiente na remoção de ambos os corantes.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é responsável pela geração de efluentes provenientes do uso de água e produtos químicos nas diversas etapas do processo. Esses resíduos, se não tratados corretamente, contribuem para degradação e contaminação do ambiente. Segundo Tomaz (2000), a indústria têxtil consome aproximadamente de 275 a 365 L de corante para tingir 1 kg de tecido na etapa do tingimento.

A composição desses efluentes é heterogênea, principalmente nas etapas de tingimento e acabamento, contendo material tóxico e recalcitrante, de difícil degradação. Calcula-se que no processo de tingimento das fibras têxteis, aproximadamente 20% da produção mundial de corante seja perdida para o ambiente (GUARATINI; ZANONI, 2000).

A dificuldade das indústrias têxteis em tratar seus efluentes é devido às características dos corantes que possuem baixa degradabilidade, o que acarreta na menor eficiência dos processos biológicos convencionais quando comparados aos processos físico-químicos. Usualmente a forma de tratamento utilizada para remoção do corante envolve processos

físicos ou químicos, incluindo coagulação, floculação, oxidação avançada, H_2O_2/UV , ozonização, troca iônica, irradiação, adsorção, dentre outros (VASQUES *et al.*, 2011).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a eficiência do lodo de Estação de Tratamento de Água (LTA) como material adsorvente de solução aquosa contendo vermelho remazol e azul de metileno, em substituição ao carvão ativado granular (CAG).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparação da Solução Aquosa

Para preparação de cada solução aquosa utilizou-se 0,15 g de azul de metileno (Qhemis, 85% de conteúdo de corante, fórmula química = $C_{16}H_{18}N_3SCl$; FW = 319; natureza = azul básico) e 0,15 g vermelho remazol (corante azo, fórmula química = $C_{25}H_{15}N_7O_{16}S_5Na_4Cl$; FW = 984,82; natureza = vermelho) dissolvidos em 1 L de água potável (de torneira) sem qualquer tratamento adicional. Os corantes foram testados separadamente.

2.2. Material Adsorvente

Para caracterização físico-química do lodo de ETA foram determinados pH (ASTM 3838-80/1999), densidade aparente (ABNT NBR 12076/1991), teor de umidade (ASTM D 2867-04/2004), teor de material volátil (ASTM D 5832-98/2003), teor de cinzas (ASTM D 2866-94/1999), número de iodo (ABNT NBR 12073/1991) e granulometria (ABNT NBR NM 248/2001) em triplicata para LTA e CAG (Tabela 1). A caracterização físico-química do carvão ativado granular foi realizada por Ikeno (2013) e os resultados foram utilizados para correlacionar com as características do lodo de ETA, visto que o carvão utilizado neste trabalho é o mesmo utilizado pelo referido autor.

2.3. Ensaios de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em triplicata com massas de 1,0 g do lodo de ETA e de carvão ativado granular adicionadas a 100 mL de solução de cada corante com concentração e pH conhecidos em erlenmeyers de 125 mL. A variação do pH nos ensaios foi de 5,5; 7,5; 9,5 com pH inicial corrigido pela adição de soluções de NaOH (0,1 M) e H_2SO_4 (0,1 M).

Os ensaios foram conduzidos em uma mesa agitadora com banho-maria Labor, modelo Banho Metabólico Dubnoff, sob agitação constante de 120 rpm e temperatura de 30 e 60 °C durante 150 min. Nesse período, alíquotas de 10 mL foram retiradas dos erlenmeyers nos intervalos de tempo de 15, 30, 60, 90, 120, 135 e 150 min. O material adsorvente foi separado da solução em centrífuga Sislabs, modelo Twister, sob agitação de 2500 rpm durante 5 min.

A concentração residual foi determinada através de medidas de absorbância antes e após o tratamento com comprimento de onda definido por varredura no espectrofotômetro Hach UV-vis, modelo DR 5000, com passo ótico de 1 cm em cubeta de quartzo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização físico-química do LTA e CAG

Os resultados médios obtidos na caracterização físico-química do lodo de Estação de Tratamento de Água (LTA) e carvão ativado granular (CAG) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados médios da caracterização físico-química das amostras dos materiais adsorventes.

| PARÂMETROS | LTA | CAG |
|---|-----------------|-----------------|
| pH | 6,99 ± 0,10 | 6,24 ± 0,10 |
| Densidade Aparente (g/cm ³) | 0,77 ± 0,012 | 4,15 ± 0,21 |
| Teor de Umidade (%) | 2,45 ± 0,47 | 10,00 ± 1,00 |
| Material Volátil (%) | 15,97 ± 1,65 | 8,00 ± 1,00 |
| Teor de cinzas (%) | 12,78 ± 0,24 | 3,50 ± 0,35 |
| Número de Iodo (mgI ₂ /g) | 135,81 ± 0,89 | 650,00 ± 3,06 |
| Granulometria (diâm. da partícula - µm) | | |
| > 500 µm | 98% em massa | 96,84% em massa |
| 300 – 150 µm | 1% em massa | 3,04% em massa |
| < 150 µm | 1% em massa | 0,12% em massa |
| Diâmetro médio (d ₁₀ , d ₅₀ e d ₆₀) | 0,75; 5,0 e 6,1 | - |
| Coeficiente de uniformidade | 8,13 | - |

Os resultados de pH obtidos para CAG apresentam semelhança com àqueles verificados por Garg *et al.* (2004) na faixa de 6,5 a 7,5 e por Rangel *et al.* (2013) de 6,7. Para o LTA, os valores foram semelhantes ao encontrado por Kairanly (2011) de 7,2. A densidade aparente de 0,77 g/cm³ foi superior a obtida por Loureiro (2012) de 0,62 g/cm³ para LTA. Na determinação do teor de material volátil, a área superficial específica e distribuição de porosidade são afetados, sendo necessária atenção para que as temperaturas não acarretem em combustão do material (LOUREIRO, 2012).

O valor médio do teor de umidade foi de 2,45% para LTA e de 10,00% para CAG. É importante que as moléculas de água sejam removidas do sólido para que a atividade não seja reduzida. O valor encontrado para o CAG foi superior ao valor encontrado por Loureiro (2012) de 6,24%. Os valores médios de teor de cinzas de 12,7% para LTA e 3,5% para CAG foram superiores a 2,5% obtido por Garg *et al.* (2004).

O número de iodo de 650 mg/g para CAG foi superior ao obtido por Loureiro (2012) de 575,37 mg/g. De acordo com a NBR 12073/1991 (ABNT, 1991), o limite mínimo de 600 mg/g é recomendado, o que não foi observado para o LTA com 135,8 mg/g. Na caracterização granulométrica foi possível observar que mais de 96% dos materiais ficaram retidos em peneiras de diâmetro > 500 µm para CAG e LTA. Este parâmetro é utilizado para análise e conhecimento das partículas dos materiais, uma vez que quanto menores forem, maior será a sua área superficial, facilitando a adsorção.

3.2. Ensaios de Adsorção

Com a varredura das soluções aquosas contendo os corantes, foi possível obter o comprimento de onda de 470 nm para o azul de metileno ($y = 0,1054 + 0,0175x$; $R^2 = 0,9947$);

e de 450 nm para o vermelho remazol ($y = 0,1 + 0,0292x$; $R^2 = 0,9902$). Os resultados de adsorção obtidos com a variação do pH 5,5 e da temperatura (30 °C e 60 °C) para o LTA e CAG nas soluções aquosas são apresentados nas Figuras 1 e 2.

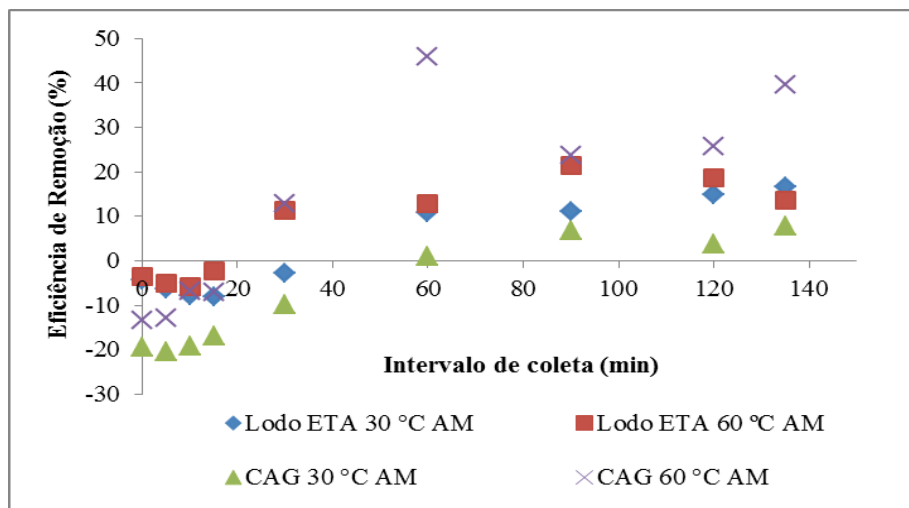


Figura 1 – Eficiência de remoção do corante AM para LTA e CAG pH 5,5 a 30 °C e 60 °C.

Pela Figura 1 é possível notar melhor eficiência de remoção do azul de metileno com CAG quando comparada àquela verificada com o LTA. A melhor eficiência foi de 45,8% a 60 °C com pH 5,5 no tempo de 90 min. Com o aumento da temperatura houve melhoria na eficiência de remoção do CAG de 7,7% para 39,5% no tempo de 150 min. O mesmo comportamento foi verificado para o LTA, pois a eficiência de remoção aumentou de 15,0% para 18,7% no tempo de 135 min.

Foi possível verificar melhor eficiência de remoção do vermelho remazol com LTA em relação àquela obtida com o CAG (Figura 2). A melhor eficiência foi de 12,7% a 30 °C com pH 5,5 no tempo de 90 min. Não foi verificada melhoria na eficiência de remoção para o LTA com o aumento da temperatura, pois esta reduziu de 6,6% para 4,1% no tempo de 150 min. Com o aumento da temperatura foi verificado aumento na eficiência de remoção de cor com CAG de 0,5% para 6,5% no tempo de 150 min.

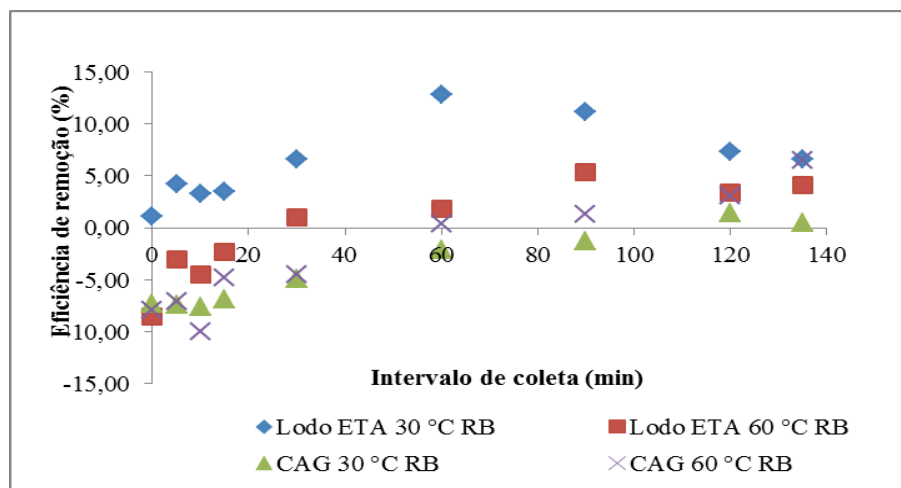


Figura 2 – Eficiência de remoção do corante VR para LTA e CAG pH 5,5 a 30 °C e 60 °C.

Os resultados de adsorção obtidos com a variação do pH 7,5 e da temperatura (30 °C e 60 °C) para o LTA e CAG nas soluções aquosas contendo azul de metileno e vermelho remazol são apresentados nas Figuras 3 e 4.

Pela Figura 3 é possível notar que a eficiência de remoção do corante azul de metileno, em pH 7,5 foi maior para o lodo de ETA a 60 °C com remoção de 25,7% e para o vermelho Remazol foi de 5,0% para o CAG a 60 °C. É possível observar que com o aumento da temperatura a remoção do azul de metileno aumentou gradativamente nos dois adsorventes testados, com melhores picos de adsorção na faixa de 90 a 120 min.

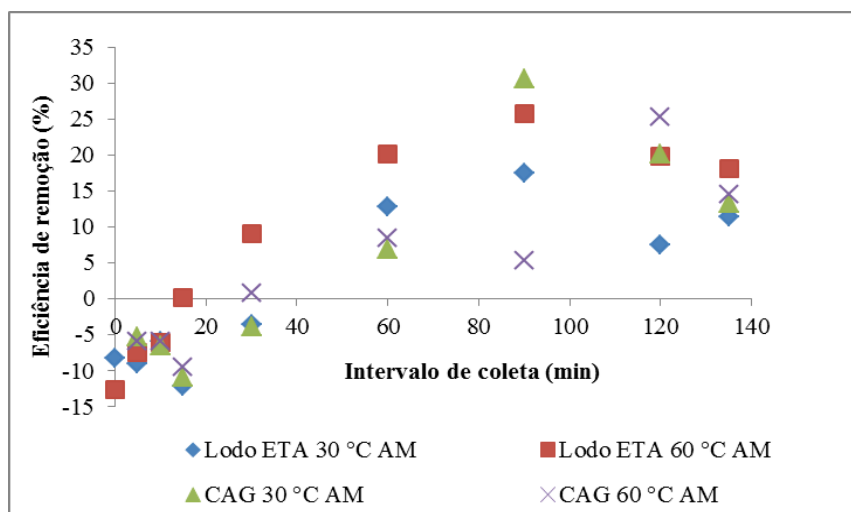


Figura 3 – Eficiência de remoção do corante AM para LTA e CAG pH 7,5 a 30 °C e 60 °C

Pela Figura 4 é possível verificar que não foram obtidas eficiências de remoção significativas para o vermelho remazol, sendo o maior valor de 4,8% pelo CAG em 120 min, e 2,7% pelo LTA em 5 min a 60 °C.

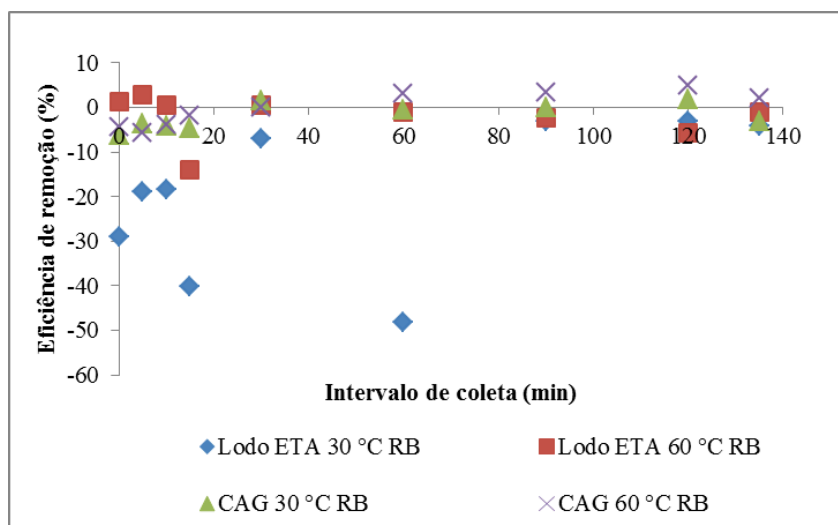


Figura 4 – Eficiência de remoção do corante VR para LTA e CAG pH 7,5 a 30 °C e 60 °C.

De acordo com os resultados é possível observar que em pH 7,5, o VR é melhor adsorvido em temperaturas mais elevadas, haja visto que com temperatura de 30 °C a maior eficiência de remoção alcançada para o CAG foi de 1,8% e para LTA não houve adsorção. Os resultados de adsorção obtidos com a variação do pH 9,5 a 30 °C e 60 °C para o LTA e CAG nas soluções aquosas são apresentados nas Figuras 5 e 6.

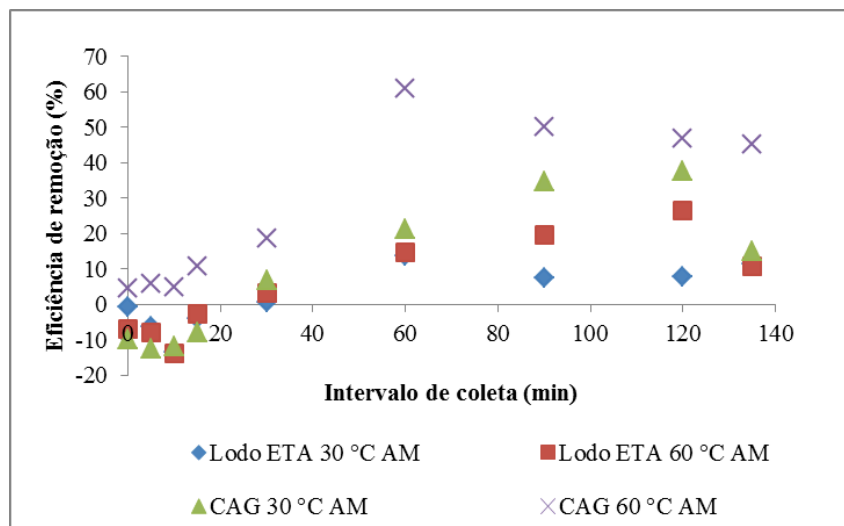


Figura 5 – Eficiência de remoção do corante AM para LTA e CAG pH 9,5 a 30 °C e 60 °C.

Pela Figura 5 é possível notar que a eficiência de remoção do AM, em pH 9,5 foi maior utilizando o adsorvente CAG a 60 °C, com 61% de remoção do corante. O CAG também foi mais eficiente adsorvente do corante VR para o mesmo pH a 30 °C com remoção de 6,6%. Foi possível observar picos de adsorção no tempo de 120 min para CAG a 30 °C e LTA a 60 °C em 60 min para LTA a 30 °C CAG a 60 °C.

Pela Figura 6 é possível notar que a eficiência de remoção do corante VR resultou constante para o CAG com remoção de 7,7% a 60 °C e 6,5% a 30 °C.

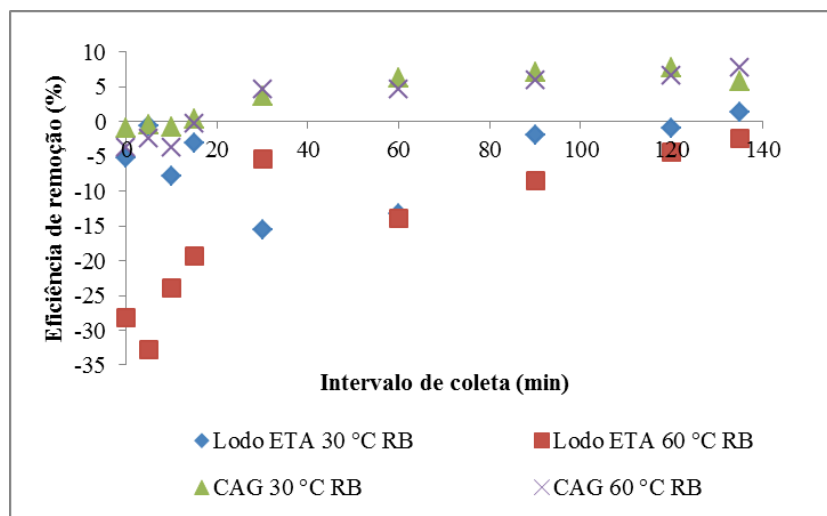


Figura 6 – Eficiência de remoção do corante RB para LTA e CAG pH 9,5 a 30 °C e 60 °C.

Para o LTA, a eficiência máxima de adsorção registrada foi de 1,3% a 30 °C em 135 min. Não foi verificada melhoria deste percentual com aumento da temperatura para o LTA.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados experimentais, conclui-se que o LTA apresenta baixa eficiência de remoção para ambos os corantes testados. Este fato pode ser decorrente das propriedades orgânicas da amostra, ou seja, o LTA antes de adsorver os corantes, libera quantidade de matéria orgânica, contribuindo com o aumento da concentração de cor e turbidez da solução. Estudos mais aprofundados devem ser executados, alterando algumas propriedades físico-químicas do LTA, na tentativa de torná-lo um material adsorvente mais eficiente e financeiramente vantajoso quando comparado ao carvão ativado granular.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11834: Carvão Ativado Pulverizado – Especificação**. Código Secundário: EB 2133. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12073: Carvão Ativado Pulverizado – Determinação de Iodo**. Código Secundário: MB 3410. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12076: Carvão Ativado Pulverizado – Determinação da Massa Específica Aparente**. Código Secundário: MB 3413. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASTM – American Society for Testing and Materials. **D: 2867-2004: Standard Test Method for Moisture in Activated Carbon**. 2004.

_____. **D: 2866-1994: Standard Test Method for Ash Content of Activated Carbon**. 1999.

_____. **D: 5832-1998: Standard Test Method for Volatile Matter Content of Activated Carbon**. 2003.

GARG, Vinod K.; AMITA, Moirangthem.; KUMAR, Rakesh.; GUPTA, Renuka. Basic Dye (Methylene Blue) Removal From Simulated Wastewater By Adsorption Usin Indian Rosewood Sawdust: A Timber Industry. Hisar. **Dyes and pigments**, v. 63, n. 2004, p. 243-250, nov. 2004.

GUARATINI, Claudia C. I.; ZANONI, Maria Valnice B. Corantes Têxteis. Araraquara. Química Nova, v. 23, n. 1, p 71-78, mar. 1999.

IKENO, Daniel S. **Remoção de azul de metileno por adsorção usando pó de serragem do gênero *Pinus* sp.** 64 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 64 p. 2013.

KAYRANLI, Birol. Adsorption of Textile Dyes Onto Inron Based Waterworks Sludge From Aqueous Solution; Isotherm, Kinetic and Thermodynamic Study. Ankara. **Chemichal Engineering Journal**. v. 173 n. 2011. p 782-791, jun. 2011.

LOUREIRO, L. F. Avaliação do herbicida 2,4D em carvão ativado em pó e granular por meio de análise de isotermas de adsorção utilizando diferentes qualidades de água. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

RANGEL, Felipe N. et al. Caracterização físico-química do carvão ativado e do pó de serragem para adsorção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de Consumo de Água**. São Paulo. Hermano & Bugelli. Ed. Navegantes, 250 f. 2000.

VASQUES, Andressa R. et al. Adsorção dos corantes RO16, RR2 e RR141 utilizando lodo residual da indústria têxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Florianópolis, v.16, n. 3, p. 1-8, 2011.