

USO DO FILTRO COM CARVÃO ATIVADO PARA TRATAMENTO DE AMOSTRAS CONTENDO METAIS E CORANTE

Lucélia Hoehne¹, Franciele Lucca², Joseane Moreira do Nascimento³, Nathália Grave⁴,
Débora Stevens⁵, Eduardo Miranda Ethur⁶

Resumo: A água é necessária em todas as reações físico-químicas e biológicas dos organismos, no entanto as atividades humanas e industriais podem contaminá-la. Por isso, há a necessidade de tratamento dos efluentes gerados pela indústria, uma vez que estes não podem ser lançados sem tratamento em corpo hídrico. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a filtração com carvão ativado em diferentes vazões em amostras de água contendo metais e corantes. Os resultados mostraram que, em vazões menores da filtração, houve maior redução de oxigênio e da turbidez. No entanto, não houve redução na concentração de metais e da condutividade. Em relação aos parâmetros exigidos pela legislação, apenas uma amostra obteve pH abaixo do limite após tratamento. Também, verificou-se que houve limitação do uso do carvão ativado, uma vez que ele pode ter saturado, necessitando de tratamento para reativá-lo.

Palavras-chave: Água. Indústria. Legislação. Tratamento. Carvão ativado.

1 INTRODUÇÃO

A água é um constituinte importante do planeta, pois é necessária na manutenção das funções metabólicas e para todas as reações físico-químicas e biológicas dos organismos (GOMES; CLAVICO, 2005). No entanto, o crescimento populacional tem gerado problemas ambientais, principalmente com relação ao uso da água nos processos referentes à saúde humana (COSTA et al., 2011).

Já a indústria utiliza a água sob diversas formas em seus processos produtivos, acarretando a geração de efluentes industriais contaminados por resíduos do processo industrial, compostos por variadas substâncias (GIORDANO, 2004).

A legislação ambiental para lançamento de efluentes líquidos e qualidade das águas de corpos receptores é essencial para o controle da poluição, tanto em nível do poluidor quanto dos órgãos ambientais (VON SPERLING, 1998).

1 Doutora em Química, docente do Centro Universitário UNIVATES no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.

2 Mestranda em Biotecnologia no Centro Universitário UNIVATES. Bolsista Fapergs.

3 Mestranda em Biotecnologia no Centro Universitário UNIVATES. Bolsista Fapergs.

4 Mestranda em Biotecnologia no Centro Universitário UNIVATES.

5 Mestrae em Biotecnologia pelo Centro Universitário UNIVATES.

6 Doutor em Química, docente do Centro Universitário UNIVATES no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), Resolução 430, de 13 de maio de 2011, Art. 4º, parágrafo V, efluente é o termo utilizado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos. Os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, atendendo a padrões de emissão previstos em legislações específicas.

Dela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, o Conama define como corpo receptor de águas as águas doces, salinas e salobras, classificando-os de acordo com o seu enquadramento necessário e estabelecendo condições e padrões para o lançamento de efluentes nele. Os efluentes não podem apresentar toxicidade ao corpo receptor e também não podem influenciar na cor original.

No estado do Rio Grande do Sul, a Resolução Consema nº 128, de 24 de novembro de 2006, define os critérios e os padrões de lançamento de efluentes em águas superficiais. Adicionalmente, a Resolução Consema nº 129, de 24 de novembro de 2006, dispõe sobre os critérios e padrões de emissão para toxicidade dos efluentes líquidos lançados em águas superficiais nesse Estado (CONSEMA, 2006).

Dentro desse contexto, os principais parâmetros monitorados em efluentes são temperatura, condutividade, sólidos, matéria orgânica, carboidratos, proteínas, óleos e graxas, surfactantes, compostos orgânicos voláteis (VOCs) e semivoláteis (SVOCs), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), oxigênio dissolvido (OD), potencial Hidrogeniônico (pH), nitrogênio, compostos de enxofre, fenóis, cianetos, fluoretos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (COT), metais pesados, entre outros (CAVALCANTI, 2009).

A turbidez se dá pela medida de dificuldade que um feixe de luz tem para atravessar certa quantidade de água, que é determinada por materiais sólidos em suspensão (CORREIA et al., 2008). A Resolução Conama nº 357 indica que é aceitável até 40 unidades nefelométricas de turbidez (NTU) para águas de classe I e de até 100 NTU para as águas de classe II e III.

O potencial de hidrogênio (pH) é a **relação existente entre os íons H^+ e OH^-** , mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução e varia de acordo com a temperatura e a composição de cada substância. O valor de pH pode variar de 0 a 14, sendo 7,0 considerado o valor neutro, abaixo de 7,0 pH ácido e acima pH básico ou alcalino (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997). De acordo com a Resolução Consema, nº 128/2006 Art. 10º, o pH do efluente deve estar entre 6 e 9.

O oxigênio dissolvido (OD) é um limitador da sobrevivência em ecossistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de efluentes. Sua ausência pode provocar formação de gases mal cheirosos, além de não permitir a vida a nenhum ser aeróbio (DERISIO, 1992). Ao longo da degradação de matéria orgânica, as bactérias utilizam o oxigênio em seus processos respiratórios, causando redução de sua concentração no meio (CETESB). De acordo com a Resolução Conama nº 357, a especificação para oxigênio dissolvido é não inferior a 6mg/L.

O parâmetro salinidade é medido pela condutividade elétrica (PAGANINI, 2003). O aumento da condutividade gera redução da voltagem entre os eletrodos, logo, ocorre a diminuição da energia requerida (CHEN et al., 2000).

Os níveis de metais têm apresentado crescimento acentuado em águas subterrâneas e superficiais, em consequência do lançamento indiscriminado de efluentes oriundos da atividade industrial (RICORDEL et al., 2001).

Com relação à determinação de metais, existem vários métodos, a maioria baseada na espectrofotometria atômica (Van Loon, 1995), mas não existem parâmetros na legislação para sódio (Na), cálcio (Ca) e potássio (K).

Os tratamentos de efluentes podem ocorrer de diversas formas: tratamentos preliminares visam à remoção de sólidos grosseiros, óleos e graxas e equalização de vazões; tratamentos primários destinam-se à remoção de sólidos suspensos e flutuantes; e nos tratamentos secundários ocorre a remoção da matéria orgânica, efetuada por reações bioquímicas realizadas por microrganismos (SPERLING, 2005).

Já os tratamentos terciários ou avançados combinam operações unitárias e processos destinados a um fim específico, sendo empregados com a finalidade de reciclagem da água, como a osmose reversa, permuta de íons etc. (BELTRAME, 2000).

O estudo de novas alternativas para tratamento de efluentes continua sendo uma das principais formas de combate ao processo de contaminação (FREIRE et al., 2000). A filtração é um processo muito utilizado, podendo ser rápida ou lenta, dependendo da taxa de filtração (DI BERNARDO et al., 1999).

O carvão ativado é um material carbonáceo que possui área superficial interna elevada e porosidade desenvolvida, possibilitando a adsorção de moléculas em fase líquida ou gasosa (COUTINHO et al., 2000). O carvão ativado granular é utilizado como filtrante devido a sua eficácia na retirada de contaminantes da água, substâncias que produzem gosto, odor, matéria orgânica dissolvida, bem como cor e fenóis (ERGUN, 1952), mas se deve levar em consideração o tamanho das partículas em questão (NOLL et al., 1992).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar amostras contendo corantes alimentícios, por meio das análises de turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade e análise de metais (Na, Ca, K e Li) antes e após serem submetidas a processos de filtração com carvão ativado, em vazão lenta e rápida, com o intuito de avaliar as condições químicas dos efluentes antes de serem despejados em rios.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas cinco amostras diferentes de efluentes artificiais contendo corantes alimentícios. As análises realizadas foram: turbidez, pH, condutividade, oxigênio, metais e varredura de comprimento de onda por espectrometria de absorção molecular. Todas as análises foram feitas em triplicatas para obter a média e o desvio-padrão (sd).

Para as análises de turbidez, foi utilizado um turbidímetro portátil marca Digimed modelo DM-TU. As análises de pH foram realizadas por meio de pHmetro, marca Digimed modelo DM-20. Os níveis de condutividade foram avaliados por condutivímetro, marca Digimed modelo DM-32. Com relação às análises de oxigênio, foi utilizado oxímetro portátil marca Digimed modelo DM-4P. Quanto às análises de metais, foi utilizado fotômetro de chama, marca Digimed modelo DM-62, em que foram medidos os níveis de sódio (Na), potássio (K) e cálcio (Ca). As análises de maior absorção molecular foram avaliadas por meio de um espectrofotômetro de absorção molecular, marca Thermo Scientific, modelo Genesys 102 UV-VIS, em uma variação de comprimentos de onda entre 300 nm até 750 nm, sendo que as amostras medidas de 50 em 50 nm para verificar a maior absorbância.

Para o tratamento dos efluentes, montou-se um filtro de carvão ativado granulado, marca Synth, para cada amostra. Os filtros foram montados em funis de separação, montados em barra metálica com argola utilizada como suporte. Para as montagens dos filtros, foi adicionada uma quantidade de 5 g de algodão no fundo de cada funil de separação. Após o algodão foi umedecido com água. Em seguida pesou-se para cada amostra de efluente 1g de carvão ativado granulado 6 a 10 mm, $\rho = 12,01$, que foi colocado sobre o algodão umedecido. Adicionaram-se 50 mL de água (para cada amostra) vagorosamente dentro do funil, processo realizado para calibração da vazão. Após foram medidas as vazões rápida (100 mL/min) e lenta (30 mL/min) da passagem da água

pelo funil, para posterior análise do efluente. Os cálculos das vazões foram realizados utilizando uma proveta e um cronômetro avaliando o tempo em segundos que a água levou para passar pelo funil e atingir o volume de amostra suficiente para fazer as análises que foi de 100 mL.

Os efluentes tratados em vazão rápida e lenta passaram pelos mesmos testes que o efluente bruto, seguindo os mesmos procedimentos descritos anteriormente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar na Tabela 1 que os resultados obtidos na análise de oxigênio da vazão rápida foram considerados maiores em relação às amostras brutas, uma vez que se tem mais oxigênio circulando e maior turbulência. A dissolução de oxigênio na água depende tanto da temperatura quanto da pressão, e esta é afetada quando poluentes orgânicos biodegradáveis são lançados no curso receptor. Isso ocorre porque as bactérias originalmente presentes na água degradam esses compostos biodegradáveis e consomem o oxigênio dissolvido na água (SANT'ANNA, 2010).

Os valores de pH dos efluentes brutos encontravam-se dentro dos parâmetros exigidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2011), e assim permaneceram após os tratamentos, com valores próximos ao neutro.

Os valores de turbidez diminuíram nos dois testes, havendo, na vazão lenta, maior redução. A turbidez é causada pelos sólidos em suspensão, reduzindo sua elevada concentração o desenvolvimento de plantas, podendo influenciar no desenvolvimento das comunidades aquáticas (CETESB, 2012). Dessa forma, esse parâmetro é muito importante. Visto que as Resoluções Consema 128/2006 e Conama 430/2011 não apresentam limite máximo de lançamento deste parâmetro, adotou-se como padrão a Resolução Conama 357/2005, art.14, que estabelece como padrão de qualidade para água classe I a concentração de até 40 NTU. Por esse critério, todas as amostras após tratamento ficaram dentro dos limites permitidos.

Em relação às análises de metais, verificou-se que, para a maioria dos metais presentes, houve decréscimo na concentração, quando comparadas às amostras brutas, tanto nos testes da vazão rápida quanto da vazão lenta, sendo mais eficaz essa redução nos testes com vazão lenta, uma vez que há maior tempo de contato com o filtro. No entanto, para a concentração de Na, houve aumento. Provavelmente os filtros já estavam saturados desse metal, e, por lixiviação, foram eluídos com a amostra. Desse modo, os valores de condutividade também aumentaram, devido à presença de mais Na nas amostras, oriundo dos filtros.

Dessa forma, verificou-se que o carvão ativado poderia estar saturado de metais e seria necessário fazer uma etapa de reativação nele. No entanto, foi possível usá-lo e foi eficaz em muitos parâmetros, se comparado com trabalhos que usaram processos mais avançados de tratamentos (SILVA et al., 2012) ou o carvão ativado em conjunto com outros adsorventes (PATERNIANI et al., 2011).

Tabela 1. Resultados das medições de efluente bruto tratado em vazão rápida e em vazão lenta

	Amostras														
	Amostra Bruta					Amostra tratada vazão rápida (100 mL/min)					Amostra tratada vazão lenta (30 mL/min)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Turbidez, NTU	104±4	188±6	4,58±0,1	27±2	91±3	13±1	13±2	2,2±0,1	7±1	2,0±0,1	3,0±0,1	6±1	1,2±0,1	11±1	1,0±0,3
pH	8,2±0,2	9,2±0,2	7,1±0,1	8,1±0,3	7,6±0,1	8,2±0,2	8,4±0,1	7,5±0,1	8,3±0,3	2,7±0,3	8,5±0,1	8,2±0,2	7,6±0,1	8,4±0,2	2,4±0,1
Condutividade, uSm⁻¹	1,0±0,1	850±5	936±5	634±6	1800±8	2,3±0,1	949±4	746±9	569±8	1700±0,1	2,0±0,1	990±9	957±4	777±7	1800±2
Oxigênio, %	8,2±0,1	8,3±0,3	8,7±0,1	7,5±0,3	7,7±0,1	9,1±0,3	9,9±0,2	9,4±0,4	8,9±0,1	9,9±0,3	6,9±0,3	7,1±0,1	6,8±0,2	6,9±0,1	7,1±0,3
Na, mg/L	18,3±0,3	32±1	45±1	23±1	3,2±0,3	18±1	31±2	42±3	22±4	99±4	19±2	35±2	49±4	25±2	105±5
Ca, mg/L	7,3±0,1	1,2±0,2	0,9±0,1	2,2±0,1	1,2±0,1	7,1±0,1	1,4±0,3	0,6±0,1	3,2±0,1	1,1±1	6,3±0,2	1,0±0,1	0,5±0,1	1,1±0,3	0,7±0,1
K, mg/L	398±3	128±2	105±2	84±4	4±1	378±2	104±2	90±3	75±1	8±2	371±1	117±2	95±4	63±1	2±1

Todas as análises possuem média ± desvio-padrão.

Fonte: Dados da pesquisa

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, existe a necessidade de tratamento em efluentes gerados pelas indústrias, uma vez que estes não podem ser lançados no esgoto sem tratamento, por não atenderem aos limites de lançamento previstos nas Resoluções Consema 128/2006 e Conama 430/2011.

A capacidade adsorptiva do carvão ativado é influenciada por fatores como volume, distribuição de poros, forma dos poros, existência de grupos funcionais de superfície, pH, entre outros. Ainda, nesse processo atuam diretamente na sua eficiência as condições experimentais como pH, temperatura, tempo de contato requerido, agitação e presença de compostos que competem pelos mesmos sítios de adsorção (KURODA, 2005). A distribuição dos grãos de carvão ativado na montagem do filtro pode ter influenciado nos resultados obtidos, além da forma de passagem da água entre os grãos que pode variar e a pesagem do carvão ter sofrido variação devido a troca de balança por divergências observadas na pesagem.

Quanto mais tempo o efluente ficasse retido no filtro em filtração lenta, teria que ter absorvido mais íons e diminuído a condutividade, o que de fato ocorreu. Porém, após os tratamentos, houve aumento na concentração de Na. Acredita-se que pode ser contaminação no carvão ou a saturação do carvão ativado.

Com relação à turbidez, oxigênio dissolvido, todas as amostras ficaram dentro dos parâmetros exigidos pela legislação. Os metais também reduziram, com exceção do Na. Quanto aos valores de pH, apenas duas amostras não ficaram de acordo com o exigido. Dentro desse contexto, o presente estudo apresentou grande contribuição para o desenvolvimento e a continuidade de estudos em nova fase de desenvolvimento para a aplicação de técnicas de remoção dos poluentes via processos de filtração por meio de carvão ativado. Propõem-se para testes posteriores lavagens do carvão ativado, processos de reativação dele e nova avaliação das amostras, uma vez que o carvão usado neste trabalho provavelmente estava saturado.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário UNIVATES e ao Programa de Pós- Graduação em Biotecnologia do Centro Universitário UNIVATES.

REFERÊNCIAS

- BELTRAME, L. T. C. 2000. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 161p.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2011. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, p. 213.
- CAVALCANTI, J. E. W de A. 2009. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. São Paulo: Engenho. Editora Técnica Ltda, 453p.
- CHEN, X.; CHEN, G., YUE, P. L. 2000. Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. **Separ. and Purific. Tech.**, New York, v. 19, n. 1-2, p. 65-76.
- CLASS, I.C. 2007. **Lodos ativados**. Princípios teóricos fundamentais, operação e controle. Ed. Evangraf, Porto Alegre.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_oxigenio.php>. Acesso em: 21 agosto 2014.
- CORREIA, A.; BARROS E.; SILVA J.; RAMALHO J. 2008. Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento. **VIII ERMAC 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional**. Natal - RN.
- COSTA, O. L. ET AL. 2011. Análise da qualidade da água de quatro fontes naturais do Vale do Taquari/RS, **Rev. Dest. Acad.**, ano 3, n. 4. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/247/204>. Acesso em 20 de agosto de 2014.
- COUTINHO, A.R.; BARBIERI, F.C.; PAVANI, P.A. 2000. Preparação de carvões ativados a partir de fibras de celulose. In: 2º Encontro brasileiro de adsorção, maio de 1998, Florianópolis, SC. **Anais de trabalhos apresentados**, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil, p. 139-144.
- DE AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A.; GUARINO, A. W. S. 2002. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Quím. Nova**, v. 25, n. 6/B, p. 1145-1154.
- DERISIO, J. C. 1992. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), p 23-106.
- DI BERNARDO, L., BRANDÃO, C. C. S., HELLER, L. 1999. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, ABES, (p. 1144).
- ERGUN, S. 1952. Fluid Flow Through Packed Columns Chemical. **Eng. Progr.**, New York, vol. 48, p. 89-94.
- FEITOSA, F. A. C.; FILHO M. J. 1997. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações**. Fortaleza, 389p.
- FREIRE, R. S. ET AL. 2000. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Quím. Nova**, v. 23, n. 4, p. 504-511.

- GIORDANO, G. 2004. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Disponível em: <http://www.cepuerj.uerj.br/insc_online/itaguaui_2011/edital/superior/biologo/Apostila%20%20Tratamento%20de%20efluentes%20industriais.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2014.
- GOMES, A S.; CLAVICO E. 2005. **Propriedades Físico-Químicas da Água**. Universidade Federal Fluminense. Departamento de Biologia Marinha. Disponível em: <<http://www.uff.br/ecosed/PropriedadesH2O.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2014.
- KURODA, E. K. et al. 2005. Caracterização e escolha do tipo de carvão ativado a ser empregado no tratamento de águas contendo microcistinas. **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**.
- NOLL, K.E.; GOUNARIS, V.; HOU, W.S. 1992. **Adsorption technology for air and water pollution control**. Lewis Publishers, INC. USA.
- PAGANINI, W. S. 2003. **Reuso de água na agricultura**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p. 339-401.
- PATERNIANI, J. E. S., SILVA, M. J. M., RIBEIRO, T. A P., BARBOSA, M. Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.803-812, jul./ago. 2011.
- PIVELI, R. P. 2001. **Curso: "Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos"** Notas de Aula, EEUSP.
- RESOLUÇÃO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) Nº 357/2005 - "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.". Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63 - Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 22 agosto 2014.
- RESOLUÇÃO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) Nº 430/2011 - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.". Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 22 agosto 2014.
- RESOLUÇÕES CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA) Nº 128 e 129/2006 - "Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.". Publicado no DOE do dia 07 de dezembro de 2006. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=216&cod_conteudo=7206>. Acesso em: 22 agosto 2014.
- RICORDEL, S.; TAHA, S.; CISSE, I.; DORANGE, G. 2001. Heavy metals removal by adsorption onto peanut husk carbon: characterization, kinetic study and modeling. **Separ.and Purific. Tech.**, v. 24, p. 389-401.
- ROSALINO M. R.R. 2011. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. (Dissertação de mestrado), Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. 85 p.
- SANT'ANNA, JR.; LIPPEL, GERALDO. 2010. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro, Editora Interciência.

SILVA G. G., NAVAL L. P., BERNARDO L. D., DANTAS, A. D P. Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular. **Eng Sanit Ambient.** v.17 n.1 jan/mar 2012, 71-80.

SPERLING, M. V. 2005. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** – Princípios do tratamento biológico de água residuária. Volume 1, 3ª edição. Editora Revista Belo Horizonte: DESA/UFMG.

VAN LOON, J. C. 1995. **Selected Methods of trace Metal Analysis:** biological and environmental simples. New York: John Wiley & Sons.

VON SPERLING, M. 1998. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamento de efluentes líquidos. **Rev. Bras. de Rec. Hídricos**, v. 3, n. 1, p. 111-132.