



## CARACTERIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO MODIFICADO COM METAIS E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA

Flávia Sayuri Arakawa<sup>1</sup>; Quelen Letícia Shimabuku<sup>2</sup>; Tássia Rhuna Tonial dos Santos<sup>3</sup>; Simone Bazana<sup>4</sup>; Lívia de Oliveira Ruiz Moreti<sup>5</sup>; Rosângela Bergamasco<sup>6</sup>

**RESUMO:** Carvão ativado granular (CAG) sem impregnação de metais e carvão ativado impregnado com íons cobre e prata (CAG/Cu-Ag) em diferentes concentrações foram avaliados em relação à atividade antibacteriana para remoção de *Escherichia coli* no tratamento da água. As amostras de CAG e CAG/Cu-Ag foram caracterizadas através de técnicas instrumentais como análises de BET para determinar a distribuição de poros e área superficial do carvão ativado. A eficiência bacteriológica dos meios filtrantes com C/Cu-Ag foi superior a 6 log de redução de bactérias, melhorando a qualidade bacteriológica da água destinada ao consumo humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água potável; Carvão ativado, *Escherichia coli*, Impregnação.

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores mais importantes para a melhoria e proteção da saúde humana é o acesso à água potável. Grande maioria da população mundial ainda encontra dificuldades no acesso à água em quantidade e qualidade suficiente. A qualidade da água pode ser comprometida devido a uma série de fatores como a manutenção e monitoramento inadequado dos sistemas de tratamento de água, interrupções nos serviços, avarias na tubulação. Resultando em padrões de água potável com baixa qualidade e fazendo com que os consumidores corram riscos com doenças transmitidas pela água, mesmo a partir de fontes de água tratada (MOMBA, 2006). O principal indicador da qualidade sanitária da água potável são os coliformes, particularmente a *Escherichia coli*.

A insegurança dos níveis de qualidade da água em níveis domésticos leva à necessidade da aplicação de tecnologias apropriadas de tratamento (SU *et al.*, 2009). O carvão ativado tem sido reconhecido como uma eficiente tecnologia de controle para o tratamento da água. Devido a sua estrutura porosa altamente desenvolvida, o carvão ativado possui uma grande capacidade adsorvente para remover o sabor e o odor da água, eliminar contaminantes orgânicos e inorgânicos (CHENG *et al.*, 2005). No entanto,

<sup>1</sup> Doutoranda do Curso de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – Paraná. flaviayasuri@gmail.com

<sup>2</sup> Doutoranda do Curso de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – Paraná. le.shimabuku@gmail.com

<sup>3</sup> Mestranda do Curso de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – Paraná. tassia\_tonial@hotmail.com

<sup>4</sup> Mestranda do Curso de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – Paraná. slbazana@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Mestranda do Curso de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – Paraná. li.moreti@hotmail.com

<sup>6</sup> Orientadora, Professora Doutora do Curso de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM rosangela@deq.uem.br

carvão ativado sozinho não é eficiente contra bactérias, vírus ou protozoários (NANGMENYI *et al.*, 2006). Portanto, carvão ativado impregnado com metais tem sido aplicado devido aos seus efeitos antibacterianos (OH, 2003). Os íons prata possuem um forte efeito inibitório sobre muitas espécies de bactérias. Íons cobre em concentrações maiores é tóxico, desestabilizando a membrana bacteriana e induzindo a permeabilidade (JUN *et al.*, 2003). Para aumentar o efeito oligodinâmico, os íons cobre podem se combinar com os íons prata, resultando em um efeito sinérgico de desinfecção nas células bacterianas.

O presente trabalho teve como objetivo modificar a estrutura do carvão ativado granular a partir da impregnação com íons cobre e prata e avaliar a aplicação destes meios porosos modificados em filtros de purificação de água para uso doméstico que assegure principalmente a qualidade microbiológica da água destinada ao consumo humano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Carvão ativado granular (CAG) de casca de coco de dendê, produzido pela Bahiacarbon (Bahia, Brasil) foi preparado utilizando a técnica de impregnação com excesso de solvente, utilizando soluções aquosas de  $\text{AgNO}_3$  e  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$ . Íons cobre e prata em combinação foram impregnados no CAG em diferentes concentrações dos metais. O CAG e as soluções aquosas contendo íons cobre e prata foram adicionados em um evaporador rotativo e mantidos sob mistura a temperatura de  $80^\circ\text{C}/30$  min. O CAG/Cu-Ag foi seco em estufa na temperatura de  $80^\circ\text{C}/24$  h. Posteriormente, a amostra foi submetida a um tratamento térmico em forno mufla a temperatura de  $350^\circ\text{C}/5$  h.

A caracterização textural das amostras de CAG/Cu-Ag foram realizadas antes e depois do processo de impregnação com Ag e Cu. As propriedades texturais foram realizadas em um sistema de sorção de gases Quantachrome, pela adsorção/dessorção de nitrogênio  $\text{N}_2$  a 77K. Do equipamento foram obtidos dados da área superficial ( $S_{\text{BET}}$ ), área de microporos ( $S_m$ ), volume de poros ( $V_p$ ) e diâmetro médio de poros ( $d_p$ ).

Os testes experimentais foram realizados em sistemas de purificação de água para uso doméstico. As amostras de CAG/Cu-Ag foram colocadas em cartuchos cilíndricos (90x72 mm), contendo uma massa de 150 g. Os testes dos filtros com CAG/Cu-Ag foram realizados de acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 16098 (ABNT, 2012), na condição de inicial (5%) e na final (95%) da sua vida útil do filtro, estipulando um volume de filtração de 600 L. Os testes de eficiência bacteriológica dos filtros com CAG/Cu-Ag foram avaliados por meio da percolação de água sintética preparada com a bactéria *Escherichia coli* (ATCC 11229) a uma concentração inicial de aproximadamente  $10^5 - 10^6$  UFC.100mL<sup>-1</sup> e as análises foram realizadas utilizando a técnica da membrana filtrante conforme descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). A avaliação dos testes de eficiência bacteriológica foi realizada de acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 16098/2012 que estabelece um critério de eficiência bacteriológica mínima de redução de 2 log.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

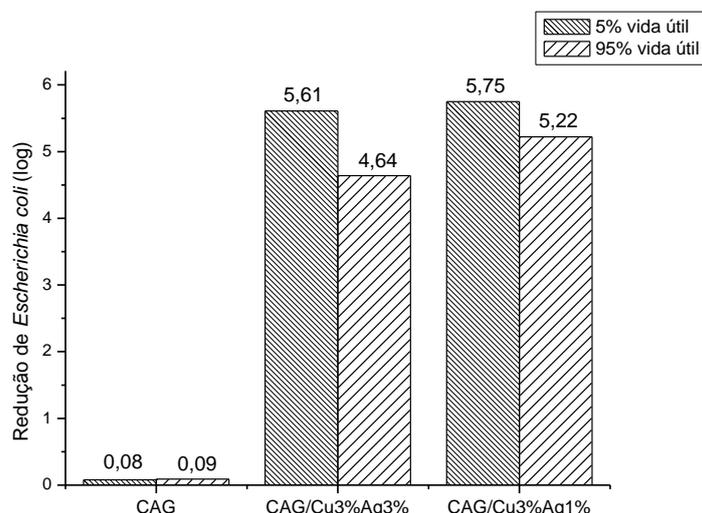
A Tabela 1 mostra as propriedades texturais das amostras de CAG e CAG/Cu-Ag.

**Tabela 1:** Propriedades texturais do CAG e CAG/Cu-Ag

| Amostra      | $S_{BET}$ ( $m^2g^{-1}$ ) | $S_m$ ( $m^2g^{-1}$ ) | $V_p$ ( $cm^3g^{-1}$ ) | $d_p$ (Å) |
|--------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|
| CAG          | 575                       | 416                   | 0,34                   | 12,0      |
| CAG/Cu3%Ag3% | 562                       | 486                   | 0,31                   | 12,0      |
| CAG/Cu3%Ag1% | 509                       | 434                   | 0,31                   | 12,1      |

De acordo com os dados mostrados na Tabela 1, nos carvões impregnados com metais os valores de  $S_{BET}$ , e  $V_p$  diminuíram quando comparados com o carvão ativado sem impregnação (CAG), enquanto que os valores de  $S_m$  diminuíram. Segundo Goscianska et al. (2012), este fenômeno pode ser justificado devido à obstrução ou bloqueio parcial dos poros do carvão original, diminuindo assim suas características originais, resultante da interação entre os metais adicionados e o carvão ativado. Em relação aos valores de  $D_p$ , todas as amostras analisadas constituem principalmente de sólidos microporosos, de acordo com a classificação da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) (SING *et al.*, 1982), apresentando diâmetro  $< 20$  Å.

As eficiências de remoção de bactérias *Escherichia coli* da água foi avaliada nos filtros com CAG e com C/Ag-Cu são mostradas na Figura 1, em termos de redução em *log*. A concentração inicial de *Escherichia coli* utilizada nos ensaios variou entre  $2,70 \times 10^6$  a  $8,80 \times 10^6$  UFC/100 mL, aproximadamente 6 *log*.

**Figura 1:** Redução de *Escherichia coli* das amostras de CAG/Cu-Ag em comparação com a amostra CAG

Observando a Figura 1, nota-se que a eficiência de remoção de bactérias é consideravelmente superior quando os carvões ativados são modificados com íons metálicos (CAGAg-Cu) quando comparados à eficiência de remoção do carvão ativado original sem modificação (CAG). A elevada eficiência na remoção de *Escherichia coli* com carvão impregnado com prata e cobre (C/Ag-Cu) podem ser explicada devido à potencialização do efeito oligodinâmico da ação em conjunto dos íons prata e cobre, apresentando um efeito sinérgico. As eficiências bacteriológicas de todos os filtros produzidos com C/(Ag-Cu) alcançaram resultados superiores a 2 *log* de redução de *E.coli* nas condições de 5% e 95% da vida útil dos filtros, conforme limite mínimo exigido pela NBR 16098/2012.

#### 4. CONCLUSÃO

##### Anais Eletrônico

Os filtros desenvolvidos com carvão ativado impregnados com a combinação de prata e cobre mostraram elevada atividade antibacteriana em relação à redução de *Escherichia coli* da água, provando ser eficaz na purificação de água e proporcionando uma melhoria na qualidade microbiológica da água. A aplicação destes meios porosos em filtros domésticos pode ser sugerida como uma possível alternativa no tratamento de água para o problema enfrentado pela população que não possuem acesso à água potável.

## 5. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16098 **Aparelho para melhoria da qualidade da água para consumo humano – Requisitos e métodos de ensaio**. ABNT, 1 ed., 34 p, 2012.

CHENG, H.; DASTGHEIB, S.A.; KARANFIL, T. Adsorption of dissolved natural organic matter by modified activated carbons, **Water Research**, v.39, p.2281-2290, 2005.

GOSCIANSKA, J.; NOWAK, I.; NOWICKI, P.; PIETRZAK, R. The influence of silver on the physicochemical and catalytic properties of activated carbons. **Chemical Engineering Journal**, v. 189-190, p. 422-430, 2012.

JUN, Y.; YI, L.; PENG, L.; HUIGANG, L.; MING, S.; SONGSHENG, Q.; ZINIU, Y. Study of the thermokinetic properties of copper (II) on *Escherichia coli* growth, **Biology Trace Elements Research**, v. 92, p. 61-70, 2003.

MOMBA, M.N.B.; TYAFA, Z.; MAKALA, N.; BROUCKAERT, B.M.; OBI, C.L. Safe drinking water still a dream in rural areas of South Africa. Case Study: The Eastern Cape Province, **Water SA**, v.32, p.715-720, 2006.

NANGMENYI, G.; XAO, W.; MEHRABI, S.; MINTZ, E.; ECONOMY, J. Bactericidal activity of Ag nanoparticle-impregnated fibreglass for water disinfection, **Journal Water Health**, v.7, p.657-663, 2009.

OH, W.C. Properties of metal supported porous carbon and bactericidal effects. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v.9, p. 117-124, 2003.

SING, K. S. W. REPORTING PHYSISORPTION DATA FOR GAS/SOLID SYSTEMS with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity, **Pure & Applied Chemistry**, v.54, p.2201-2218, 1982.

SU, F.; LUO, M.; ZHANG, F.; LI, P.; LOU, K.; XING, X. Performance of microbiological control by a point-of-use filter system for drinking water purification, **Journal of Environmental Sciences**, v.21, p.1237-1246, 2009.