

I-322 – TRATAMENTO DE ÁGUA DOMICILIAR POR FILTROS DE CERÂMICA MICROPOROSA E CARVÃO ATIVADO

Maryna Soares Gomes⁽¹⁾

Estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Camila Silva Franco⁽²⁾

Graduada em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Mestre em Recursos Hídricos Em Sistemas Agrícolas. Lavras, UFLA. Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia da UFLA.

Ana Carolina Assis Viana⁽³⁾

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), Consultora Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Travessa Costa Pinto, 59, Ap301 - Centro - Lavras - MG - CEP: 37200000 - Brasil - Tel: (35) 991904927 - e-mail: maryna_022@hotmail.com.

Endereço⁽²⁾: Av. Doutor Sylvio Menicucci, 1001 - Kennedy, Lavras - MG, 37200-000- Brasil – Tel (35) 3829-1122 – e-mail: camila.sfranco@deg.ufla.br.

Endereço⁽³⁾: Rua Rodolfo Ferreira Pacheco, 579 – Sianinha- Oliveira- MG- CEP:35540-000- Brasil- Tel: (37)3332-7603 -e-mail: carol-viana@hotmail.com

RESUMO

Os filtros domésticos têm sido utilizados principalmente em comunidades rurais que estão isolados dos centros urbanos, com o intuito de melhorar a qualidade da água destinada ao consumo humano. Os filtros funcionam por gravidade e no seu interior contém um elemento filtrante que pode ser constituído de material microporoso ou também com seu interior preenchido com carvão ativado para uma melhor remoção de patógenos e de outras impurezas. Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho de velas de cerâmica microporosa com e sem carvão ativado no tratamento da água da fonte superficial em escala descentralizada da Universidade Federal de Lavras. Foram realizadas avaliações na água afluente e efluente para avaliação da eficiência dos filtros de acordo com algumas variáveis estabelecidas pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 2914/2011. Observou-se, que ambos os elementos filtrantes foram eficientes na remoção da maioria das variáveis de qualidade de água avaliadas sendo elas: as concentrações de coliformes termotolerantes, cor, turbidez, pH, Ferro, Manganês, Dureza, Cloretos e sólidos dissolvidos. Ao analisar a água efluente dos dois filtros observou-se uma grande eficácia na remoção da turbidez da água, principalmente para o filtro sem carvão ativado. Os valores de cor e cloretos foram baixos para água bruta. Houve um incremento nos valores de dureza, pH e sólidos dissolvidos observado no efluente de ambos os filtros, porém tal incremento não ultrapassou os padrões de potabilidade. Para ambos os filtros, observou-se maior eficiência na remoção de Fe em comparação ao Mn. Os coliformes termotolerantes no filtro contendo carvão ativado proporcionou 100% de remoção. Conclui-se, que o tratamento domiciliar é bastante eficaz e que a utilização do carvão ativado é mais eficiente para consumo humano, por remover totalmente a presença de coliformes termotolerantes na água contribuindo para uma melhor qualidade de vida da população local.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento Básico, Elementos Filtrantes, Filtração, Melhoria da Qualidade, Tratamento Domiciliar.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial, limitado e necessário para o desenvolvimento econômico e social do planeta. O abastecimento público de água tem gerado desafios em termos de quantidade e qualidade em função da escassez desse recurso e da deterioração da qualidade dos mananciais. Algumas atividades humanas e também o desenvolvimento e a grande demanda do sistema produtivo por água, têm provocado alterações no meio ambiente, tais como: processos de erosão do solo, desmatamentos, poluição proveniente das atividades mineradoras, aplicação de agroquímicos e fertilizantes em excesso, dejetos industriais, lançamentos de efluentes, dejetos domésticos nos recursos hídricos tem intensificado os problemas de escassez para abastecimento público pela deterioração da qualidade da água.

A qualidade da água destinada ao consumo humano é, sem dúvida, um dos aspectos mais importantes. Como medida de segurança e de fiscalização, a água a ser consumida deve sempre atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) uma vez que sua contaminação pode ser veículo de transmissão de doenças, tais como: febre amarela, dengue, esquistossomose, teníase, febre tifoide, giardíase, hepatite, poliomielite, entre outras.

Nas zonas rurais e regiões afastadas, nas quais a população não tem acesso aos serviços básicos de saneamento centralizado, há um aumento da problemática de falta de água de qualidade para o consumo humano. Nestes casos, para o tratamento de água domiciliar.

No Brasil, até o século XIX, não existia uma preocupação sistemática com a qualidade da água que se bebia nas residências. Somente no final do século XIX e início do XX, com o crescimento populacional, começaram a surgir diversos equipamentos e utensílios domésticos que tentavam filtrar e tornar a água potável para ser consumida (BELLINGIERI, 2004).

Brick et al. (2004) relatam que a contaminação também pode ocorrer durante o armazenamento residencial. Nesse caso, é necessário promover opções alternativas de tratamento domiciliar, que é realizado no ponto de uso, como uma forma viável de melhorar a situação do abastecimento de água nas residências.

O tratamento de água no ponto de uso é um sistema no qual cada família trata sua própria água antes de consumi-la. Esse procedimento é uma forma descentralizada eficaz e sustentável de tornar a água mais pura para o consumo. Enquanto a água de um sistema de tratamento centralizado é aquela tratada dentro de uma estação e, em seguida, distribuída através de tubos para consumo sem qualquer tratamento adicional (OYANEDEL-CRAVER et al., 2007).

Uma das técnicas mais antigas e utilizadas é a filtração de águas naturais em filtros de vela, com o propósito de minimizar a disseminação de doenças de veiculação hídrica. Esse sistema de tratamento é formado por um conjunto de dois recipientes de barro equipado com vela filtrante por onde a água passa com a finalidade de reter partículas, reduzir turbidez e cor e remover microrganismos patogênicos presentes. Esta técnica é, atualmente, tão disseminada, que é utilizada inclusive em residências urbanas providas de rede de distribuição de água tratada como um tratamento adicional. Ademais, têm sido produzidos filtros de vela combinados com carvão ativado, na intenção de melhorar sua eficiência no tratamento de água para consumo.

O carvão ativado tem sido bastante utilizado também em vários ramos da indústria. De acordo com MÜLLER et al., (2009) uma das aplicações é no tratamento de água, com o objetivo de adequá-la aos parâmetros de potabilidade exigido para o consumo humano, visto que o carvão ativado tem a capacidade de purificar a água. Devido a seu alto poder de adsorção, o carvão ativado é capaz de eliminar cor, odor, mau gosto, remove substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água (FERNANDES, 2010).

O sistema de tratamento domiciliar tem o potencial para melhorar a qualidade microbiológica de água para uso doméstico e reduzir o risco de doença diarreica, desidratação e morte especialmente entre crianças (CLASEN et al., 2004).

No entanto, não se encontra na literatura dados sobre a eficiência destes filtros comerciais quando utilizados para tratar águas provenientes de diferentes mananciais. Neste contexto, objetivou-se identificar o desempenho de filtros de vela comerciais constituídos de cerâmica microporosa com e sem carvão ativado para tratamento de água proveniente de fonte superficial em escala descentralizada sendo do sistema de abastecimento da Universidade Federal de Lavras.

MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto filtrante constitui-se de dois recipientes de barro, um superior que armazena a água bruta e é equipado com uma vela filtrante (peça cilíndrica, feita de cerâmica microporosa) e outro inferior que recebe a água filtrada e possui uma torneira, ambos com capacidade de 4L. Foram utilizados dois elementos filtrantes, o tradicional, feito apenas de cerâmica microporosa e outro com interior de carvão ativado, conforme representa a (Figura 1).

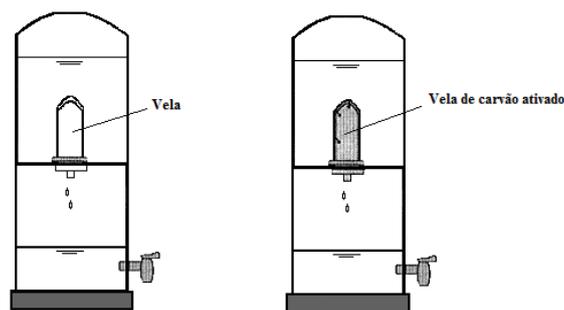


Figura 1: Esquema das unidades filtrantes contendo as velas de cerâmica com e sem carvão ativado

A água bruta utilizada no experimento foi proveniente de manancial superficial lântico, uma lagoa utilizada para o abastecimento de água. Foram coletados 4 L de água utilizando recipientes polietileno previamente limpos e esterilizados. As amostras foram mantidas refrigeradas a 4° C por, no máximo, 24 horas antes de serem analisadas e submetidas à filtração. As análises foram realizadas em triplicata por metodologia *Standard Methods* (APHA, 2005), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis de qualidade da água e metodologias de análise

Variável de qualidade da água	Metodologia de análise
Dureza	Titulometria com EDTA
Manganês	Colorimetria
Ferro	Colorimetria
pH	Potenciometria
Turbidez	Turbidímetro de bancada ($\pm 0,01$)
Cor	Espectrofotometria
Coliformes totais e termotolerantes	Tubos múltiplos
Cloretos	Titulometria
Sólidos dissolvidos	Filtração à vácuo e gravimetria

O tempo de filtração em segundo (t) foi medido com a finalidade de calcular a taxa de filtração (T) conforme a equação 1 e a Eficiência da filtração para cada variável de qualidade de água foi calculada pela equação 2.

$$T = \frac{V/t}{A}$$

Equação (1)

$$E = \frac{(VAB - VAF)}{VAB} \times 100$$

Equação (2)

Em que:

T = taxa de filtração ($L \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$);
V = Volume de água filtrada (L);
t = tempo (s);
A = Área de filtração (m^2)

Em que:

E = eficiência (%);
VAB = Valor da variável de qualidade encontrado na água bruta;
VAF = Valor da variável de qualidade encontrado na água filtrada.

Os resultados foram tratados por estatística descritiva: média, desvio padrão e coeficiente de variação no programa Excel® (2007), e as variáveis de qualidade analisadas foram comparadas aos padrões de potabilidade da Portaria 2914/2011.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo de filtração médio foi de 120 s em uma área de filtração total de 0,021 m^2 , resultando em uma taxa de filtração de 5,7 $m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$, valor abaixo do intervalo de taxa de filtração para filtros lentos, conforme NBR 12216 (ABNT, 1994).

A Tabela 2 apresenta os resultados de qualidade da água bruta e filtrada pela vela constituída apenas de cerâmica e a Tabela 3 apresenta os resultados da filtração pelo filtro de vela com carvão ativado. Observa-se nas referidas tabelas que a água bruta não se enquadra nos padrões de potabilidade no que diz respeito às variáveis de turbidez, Fe, Mn e coliformes termotolerantes. Após a filtração, no entanto, todas as variáveis se encontraram abaixo dos valores máximos permitidos pela portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011), evidenciando a capacidade de potabilização desta água por ambos os filtros.

Tabela 2 - Resultados das análises no afluente e efluente à filtração com vela de cerâmica.

Variáveis de qualidade	Afluente	Desvio padrão	CV* (%)	Efluente	Desvio padrão	CV* (%)	Eficiência (%)	VMP**
Cor (uH)	2,72	0,00	25,64	1,79	0,00	98,97	34,03	15
Turbidez (UNT)	9,80	0,32	3,29	0,31	0,19	62,79	96,84	5
pH	7,22	0,36	5,03	7,55	0,90	12,00	–	6 a 9
Fe (mg L ⁻¹)	0,40	0,01	2,86	0,00	0,00	–	99,17	0,3
Mn (mg L ⁻¹)	0,27	0,06	21,65	0,07	0,06	86,66	74,07	0,1
Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)	24,44	0,00	13,66	42,22	0,00	61,70	–	1000
Dureza (mg L ⁻¹)	35,60	0,45	25,6	52,70	0,41	15,55	–	500
Cloretos (mg L ⁻¹)	19,04	0,22	13,66	13,75	0,11	8,81	27,78	250
Coliformes termotolerantes (NMP/ 100 mL ⁻¹)	Três amostras positivas	-	-	Uma amostra positiva	-	-	95,00	Uma amostra positiva no mês

*Coeficiente de variação

**Valor Máximo Permitido conforme portaria de potabilidade 2914/2011. Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Tabela 3 - Resultados das análises no afluente e efluente à filtração com vela de cerâmica com carvão ativado.

Variáveis de qualidade	Afluente	Desvio padrão	CV* (%)	Efluente	Desvio padrão	CV* (%)	Eficiência (%)	VMP**
Cor (uH)	2,72	0,00	25,64	2,46	0,00	43,30	15,86	15
Turbidez (UNT)	9,80	0,31	3,22	0,81	0,17	21,57	91,73	5
pH	7,22	0,36	5,03	8,24	1,43	17,42	–	6 a 9
Fe (mg L ⁻¹)	0,40	0,01	2,86	0,01	0,01	86,6	98,35	0,3
Mn (mg L ⁻¹)	0,27	0,05	21,465	0,17	5,77	34,64	37,04	0,1
Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)	24,44	0,00	51,17	48,88	0,00	56,77	–	1000
Dureza (mg L ⁻¹)	35,6	0,45	25,6	56,70	63,33	22,35	–	500
Cloretos (mg L ⁻¹)	19,04	0,21	13,66	18,38	18,35	11,88	3,46	250
Coliformes termotolerantes (NMP/ 100 mL ⁻¹)	Três amostras positivas	5,50	57,90	Ausente	–	–	100,00	Uma amostra positiva no mês

*Coeficiente de variação

**Valor Máximo Permitido conforme portaria de potabilidade 2914/2011. Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os valores afluentes de turbidez apresentaram-se acima do limite máximo estabelecido pela portaria de potabilidade, provocada por coloides e sólidos em suspensão carregado para o manancial. De acordo com Libânio (2005) águas de lagoas, proporcionam, em geral, baixa turbidez por apresentar pouca velocidade de escoamento, com uma frequência de turbidez inferior a 10 UNT. Ao analisar a água efluente dos dois filtros observou-se uma grande eficácia na remoção da turbidez da água, principalmente para o filtro sem carvão ativado, provavelmente por possuir menores poros por onde o fluxo de água se estabelece. Os valores de cor e cloretos foram baixos para água bruta, produzindo, portanto, baixas eficiências, porém com valores abaixo dos máximos permitidos.

O incremento nos valores de dureza, pH e sólidos dissolvidos observado no efluente de ambos os filtros podem ser decorrentes da dissolução de cátions multivalentes presentes na cerâmica que compõe ambas as velas, ou seja, ocorreu um aumento na concentração de determinados sais na água, principalmente os cátions de cálcio e magnésio (BRICK et al., 2004). Tal incremento, no entanto não foi suficiente para ultrapassar os padrões de potabilidade.

Para ambos os filtros, observou-se maior eficiência na remoção de Fe em comparação ao Mn, Franco (2015) avaliando adsorção de Mn em carvão ativado também observou adsorção mais lenta deste metal em comparação com o Fe. Jimenez, Bosco e Carvalho (2004) afirmam que o raio iônico hidratado e a energia de hidratação dos cátions são fatores intervenientes do processo de adsorção e, portanto, podem ter influenciado tal resultado.

Observa-se ainda que houve maior remoção dos metais no filtro sem carvão ativado, provavelmente o tempo de contato da água com o carvão ativado presente na vela não tenha sido o suficiente, resultado semelhante foi observado por Okoniewska et al. (2007) e Laus et al. (2006).

Ressalta-se, no entanto, que não houve inativação completa de microrganismos patogênicos na água tratada pelo filtro constituído apenas por cerâmica, embora os coliformes termotolerantes estejam ainda dentro do padrão estabelecido pela portaria, enquanto que o filtro contendo carvão ativado proporcionou 100% de remoção.

Estes resultados representam a eficiência da filtração no início da vida útil dos filtros, ressalta-se, portanto, a necessidade de pesquisas que avaliem esta eficiência ao longo do tempo de uso do filtro, remetendo a uma avaliação sobre a vida útil do filtro e procedimentos de limpeza.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Ambos os elementos filtrantes foram eficientes na remoção na maioria das variáveis de qualidade de água avaliadas, principalmente cor, turbidez, Fe e coliformes termotolerantes, causando incremento em dureza, sólidos dissolvidos e pH, porém não o suficiente para ultrapassar os padrões de potabilidade.

A utilização do filtro de barro é viável para aumentar a qualidade da água a ser consumida, e se possível é recomendável utilizar os elementos filtrantes que contém carvão ativado no seu interior para uma maior eficiência do tratamento. Porém, necessita-se monitorar as variáveis de potabilidade da água em escala temporal a fim de identificar a vida útil do elemento filtrante.

Portanto, ambos os filtros podem ser considerados como tecnologia viável para tratamento domiciliar de água em condições semelhantes à água bruta utilizada neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION / WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington, 2005.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 18 p.
3. BELLINGIERI, Julio Cesar. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do filtro de água em São Paulo. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, v. 12, n. 1, p. 161-191, 2004.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial União**, Brasília, v. 239, p.39-46, 14 dez. 2011, Seção 1.
5. CLASEN, Thomas F. et al. Reducing diarrheal through the use of household-based ceramic water filters: a randomized, controlled trial in rural Bolivia. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 70, n. 6, p. 651-657, 2004.
6. FERNANDES, Kendra Abreu D' et al. Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. **Revista da graduação da PUCRS, Porto Alegre**, v. 3, n. 2, 2010.
7. FERNANDES, C. V. et al. Estudo da qualidade das águas processadas em filtros de barro tradicionais contrapondo os filtros modernos. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 327-336, 2015.
8. FRANCO, C. S. Sistema alternativo de tratamento de água em escala descentralizada. 2015. 99 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
9. JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural: influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004.
10. LAUS, R. et al. Microesferas de quitosana reticuladas com tripolifosfato utilizadas para remoção da acidez, ferro(III) e manganês(II) de águas contaminadas pela mineração de carvão. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 34-39, 2006.
11. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Editora Átomo, 2005. 1444p.
12. MÜLLER, C. C.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T. M.; CYBIS, L. F. A. Adsorção em carvão ativado em pó para remoção de microcistina de água de abastecimento público. **Engenharia sanitária e ambiental: órgão oficial de informação técnica da ABES**. Rio de Janeiro. Vol. 14, no. 1, p. 29-38, 2009.

13. OKONIEWSKA, E. et al. The removal of manganese, iron and ammonium nitrogen on impregnated activated carbon. **Desalination**, Amsterdam, v. 206, p. 251–258, 2007.
14. OYANEDEL-CRAVER, V A.; SMITH, J. A. Sustainable colloidal-silver-impregnated ceramic filter for point-of-use watertreatment. **Environmental Science & technology**, v. 42, n. 3, p. 927-933, 2007.
15. THOMAS BRICK^A, BERYL PRIMROSE^B, R. CHANDRASEKHAR^A, SHEELA ROY^A, JAYAPRAKASH MULIYIL^B, GAGANDEEP KANG. International Journal of Hygiene and Environmental Health. **Water contamination in urban south India: household storage practices and their implications for water safety and enteric infections**. Volume 207, Issue 5, 2004, Pages 473–480.