

## **XII-006 - ESTUDO DO DESEMPENHO QUALITATIVO DE FILTROS CERÂMICOS EM COMUNIDADE REMANESCENTE DE QUILOMBO**

**Edilaine Cristina Pamplona Menezes<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista, Mestre em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará (UFPA), Técnica em Gestão, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Pará.

**Luiza Carla Girard Mendes Teixeira**

Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Civil - USP, Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido – UFPA e pós-doutorado em Tratamento Avançado de Esgotos Domésticos no Departamento de engenharia Química e Tecnologia de Meio Ambiente da Universidade de Valladolid-Espanha (2010), Professora Associada da UFPA

**Adrilayne dos Reis Araújo**

Bacharel em Estatística, Mestrado em Estatística pela Universidade de São Paulo, Pesquisadora da UFPA

**Edson Marcos Leal Soares Ramos**

Bacharel em Estatística pela Universidade Federal do Pará, mestre em Estatística pela Universidade Federal de Pernambuco e Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Professor Associado IV da Universidade Federal do Pará e professor colaborador da Universidade de Cabo Verde

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Presidente Vargas - Campina - Belém - PA - CEP: 20000-000 - País - Tel: +55 (91) 993086389 - e-mail: [edilainecristina@gmail.com](mailto:edilainecristina@gmail.com)

### **RESUMO**

As alternativas simplificadas de tratamento de água podem contribuir para o aumento do acesso à água potável, sobretudo em áreas rurais ou periurbanas. Este artigo visou a abordar as discussões com a Comunidade Remanescente de Quilombolas de Salvar, Salvaterra, Pará, Brasil, sobre as técnicas simplificadas de tratamento de água e assim escolher e implantar, em parceria com a comunidade, a melhor técnica de tratamento de água. Para isso, foi feito diálogo com os habitantes da comunidade e foram implantadas duas unidades filtrantes de leito rígido cerâmico (unidades filtrantes 1 e 2). As variáveis utilizadas foram: cor aparente, pH, turbidez e condutividade elétrica. Os resultados apontaram que para cor aparente a eficiência obtida foi de  $90,3\% \pm 3\%$  e  $96,4\% \pm 2$  (unidades filtrantes 1 e 2), atendendo ao padrão de 15 UC, para turbidez foram de  $90,5\% \pm 3,4\%$  e  $93,8\% \pm 5,4\%$  (unidades filtrantes 1 e 2) tendo o máximo de 3 UNT. Para o pH verificou-se um aumento de  $5,6 \pm 0,1$  e  $5,8 \pm 0,1$  para  $7,1 \pm 0,1$  e  $9,1 \pm 0,2$  (unidades filtrantes 1 e 2). Para a condutividade elétrica foi verificado aumento na água filtrada 1 e 2 ( $173,6 \pm 57,7 \mu\text{S/cm}$  e  $118,9 \pm 21 \mu\text{S/cm}$ ), em relação à água bruta 1 e 2 ( $122,4 \pm 3 \mu\text{S/cm}$ ,  $34,2 \pm 2 \mu\text{S/cm}$ ). Após os testes de qualidade da água, as demais casas da comunidade foram atendidas e foi realizada uma oficina de montagem das unidades filtrantes. A técnica adotada apresentou bom desempenho na clarificação da água e foi aceita pela população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Filtração, tratamento de água, tecnologia social.

### **INTRODUÇÃO**

Estimular, fomentar e desenvolver alternativas de tratamento de água em nível domiciliar ou coletivo em comunidades rurais é uma estratégia de importante impacto na redução de doenças relacionadas à água, sobretudo em localidades remotas e desatendidas por serviços de saneamento. Assim a descentralização técnica voltada para áreas periurbanas ou rurais potencializa o acesso à água potável se for oportunizado o conhecimento de técnicas simplificadas de tratamento de água para os habitantes.

Em termos de saneamento no Brasil, a região com a menor cobertura de água é a Norte (54,5%), bem como de coleta e tratamento de esgoto (7,9% e 14,4% respectivamente), situando-se abaixo da média brasileira (83% e 49,8%) (BRASIL, 2016). Da Região Norte, o Estado do Pará é aquele que possui os menores atendimentos de água potável (BRASIL, 2016). Com uma população rural de 2.389.492 habitantes segundo censo de 2010 (IBGE, 2010), o equacionamento deste problema perpassa na necessidade de elaboração de estratégias efetivas e adaptadas para a realidade local. Com menores repasses financeiros dos cofres públicos, o saneamento rural

deve ter soluções bem elaboradas e propostas adequadas às peculiaridades regionais, bem como a compatibilização com os recursos disponíveis (humanos, técnicos, financeiros).

Parte do território do Estado do Pará é ocupado por comunidades tradicionais, no entanto, supondo que a maioria está localizada em zonas rurais, o atendimento por sistemas de abastecimento de água é baixo e relega essas populações a consumirem água insegura do ponto de vista sanitário, importando no acometimento de doenças evitáveis, além de exposição a outros riscos inerentes e deslocamentos longos, precários e onerosos. Segundo BRASIL (2012) 42% da população rural do Estado do Pará não possui acesso à uma fonte sequer de água.

Neste sentido, a filtração em ponto de uso contribui para a ampliação do acesso à água potável, reduzindo os impactos negativos na saúde pública. Se a técnica aliar baixas taxas filtrantes e meio filtrante de alto desempenho na retenção de partículas (filtros de gravidade), pode-se obter importante melhoria da qualidade da água. A filtração em ponto de uso, utilizando velas filtrantes é objeto de muitos estudos e a maioria aponta para elevada eficiência na redução de turbidez e de bactérias do grupo coliforme (SOBSEY, 2002; BIELEFELDT; KOWALSKI; SUMMERS, 2009; SIMONIS e BASSON 2011; LAAN et al, 2014; MENEZES, 2016).

Os filtros de gravidade apresentam maior eficiência e viabilidade superior a outros tais como o filtro lento de areia e SODIS, especialmente em longo prazo, conforme explanado por HUNTER (2009) apud LAAN et al (2014). O referido dispositivo possui além de boa eficiência, a praticidade e aceitabilidade, durabilidade, manutenção e baixo custo de substituição de velas filtrantes. Já o filtro de areia demanda uma série de testes laboratoriais de caracterização de meio filtrante que não estão acessíveis às populações rurais remotas. Isto não acontece com as velas filtrantes, que só estão disponíveis no mercado para venda após certificação compulsória do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) (ABNT, 2012).

Assim, o desenvolvimento de alternativas simplificadas de tratamento, dialogadas, desde sua concepção, projeto, e governança, com a comunidade a ser atendida possui mais chances de obter êxito por conta da forte aceitação daquilo em que a comunidade local contribuiu com ideias e opiniões. Além disso, reafirma o direito de opinar naquilo que é proposto para a comunidade e a mesma cumpre com o dever de participar e opinar em nível de gestão.

A experiência realizada na comunidade visou:

Discutir e dialogar com a comunidade as alternativas de tratamento simplificado de água por meio de um diálogo simples e acessível, considerando os recursos financeiros e humanos disponíveis.

Estimular a percepção sobre a importância do acesso à água potável, da importância da participação comunitária em processos decisórios em que lhes são apresentadas as técnicas viáveis de tratamento de água.

Desenvolver estudo da filtração microporosa de água em leito cerâmico (vela filtrante) para consumo humano, tendo como indicadores as variáveis cor aparente, turbidez, pH e condutividade elétrica.

## OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivos:

- 1) a comparação do desempenho qualitativo da microfiltração em leito cerâmico tendo como indicadores as variáveis cor, pH, turbidez e condutividade elétrica, para as duas unidades de filtração (dotadas e não dotadas de prata coloidal).
- 2) verificar as diferenças estatisticamente significantes (alfa =5%) entre a água bruta e água filtrada tendo como variáveis cor, pH, turbidez e condutividade elétrica.
- 3) verificar o atendimento dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N 2914/2011 (Brasil, 2011), para as variáveis antes mencionadas.

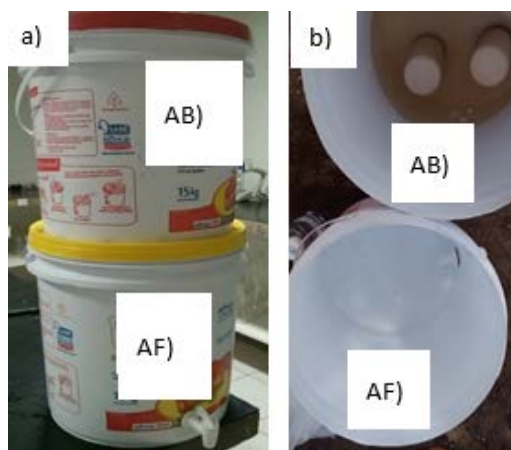
## METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em uma comunidade remanescente de quilombo, no Município de Salvaterra, Estado do Pará, Brasil. A comunidade não possui sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos, configurando vulnerabilidade sanitária. A água bruta utilizada no estudo é oriunda de dois poços tipo amazonas, utilizados pela comunidade, desprovidos de proteção e sugestivamente inseguros para utilização humana sem tratamento prévio. A comunidade não dispõe de energia elétrica também.

A necessidade de melhoria da qualidade da água consumida na comunidade de Salvar foi discutida inicialmente com a líder comunitária, que foi questionada sobre a satisfação em relação à água consumida na comunidade. Ela também foi perguntada sobre o interesse em participar, com a comunidade, no processo de escolha da técnica de tratamento de água em parceria com o profissional responsável.

Após as tratativas sobre a técnica de tratamento de água, foram montadas duas unidades filtrantes denominadas de 1 e 2 (Figura 1) compostas, cada uma, por dois reservatórios, com capacidade de 20 litros cada, dispostos um sobre o outro. No reservatório superior (água bruta) foram instalados meios filtrantes cerâmicos com eficiência de retenção de partículas de 0,5 a 1  $\mu\text{m}$  (ABNT, 2012) e taxa de aplicação superficial de 0,12 a 0,18  $\text{m}^3/\text{m}^2$  dia. Os meios filtrantes das unidades 1 e 2 eram compostos de cerâmica branca e carvão ativado, todas certificadas pelo INMETRO. A unidade 1 possuía prata coloidal e a 2 não possuía. No reservatório inferior, a água filtrada era coletada.

**Figura 1- Unidades filtrantes utilizadas no experimento, a) vista frontal da unidade filtrante, b) vista interna dos reservatórios de água bruta (AB) e filtrada (AF).**



Fonte: Autores da pesquisa (2015)

Cada unidade filtrante possuía 2 pontos denominados de AB1, AF1 (águas bruta e filtrada da unidade 1) e AB2, AF2 (idem para unidade 2) amostradas em 5 campanhas de amostragem ( $n=5$ ) para cada unidade (1 e 2). As coletas, preservações e análises de amostras obedeceram ao recomendado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1992).

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para avaliar as variáveis cor aparente, turbidez, pH e condutividade elétrica nos pontos AB1, AF1, AB2, AF2, ou seja, comparando água bruta com água filtrada. Quando encontradas diferenças significativas na ANOVA, foi aplicado o teste de Tukey (MONTGOMERY, 2012). Em todos os testes adotou-se o nível de significância  $\alpha = 0,05$ . As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 20.0.

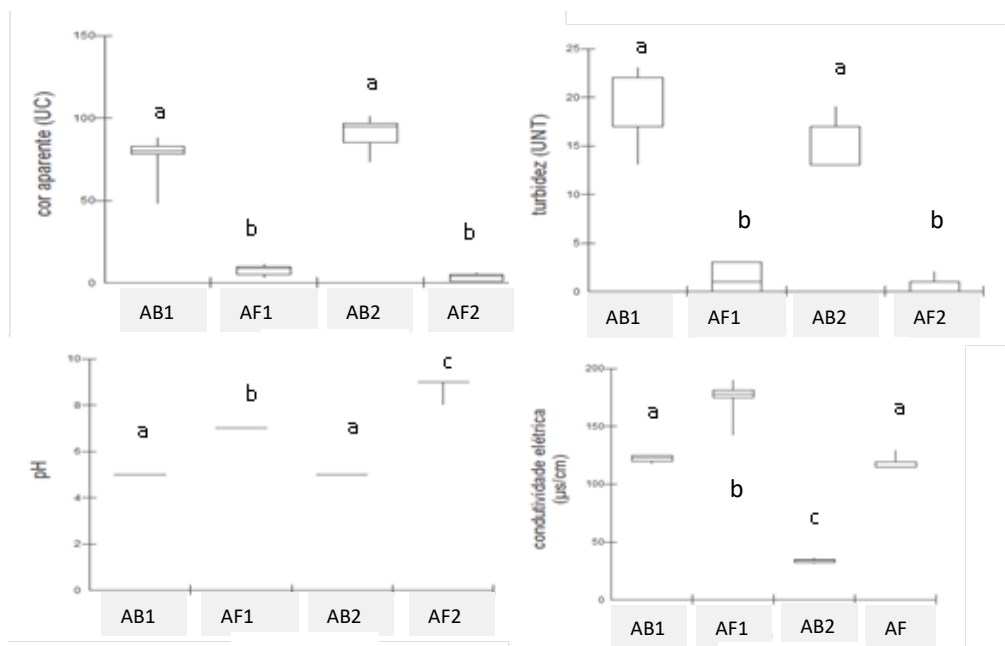
Após os testes qualitativos de água, foi aplicada uma oficina com o objetivo de capacitar pelo menos um morador de cada casa e assim disseminar a técnica de montagem, desmontagem, limpeza e operação das unidades filtrantes. Foi feita a demonstração de uma montagem e desmontagem de uma unidade filtrante e as demais unidades foram montadas pelos próprios moradores. Eventuais dúvidas foram equacionadas pelos habitantes da comunidade como medida de maior fixação do conhecimento.

## RESULTADOS OBTIDOS

O diálogo com a liderança comunitária apontou para a percepção da necessidade de melhoria da qualidade da água consumida, bem como insatisfação dos demais moradores da comunidade. Na oportunidade foram apresentadas as alternativas de tratamento de água (individual e coletiva) e suas peculiaridades técnicas e operacionais e a comunidade optou pelo sistema individual dada a simplicidade de montagem, operação e manutenção. O sistema coletivo foi preterido em face de demandar a aquisição de insumos químicos, aliado a isto está o fato da localidade estar situada em lugar remoto e sem sinal de telefonia. Desta forma a comunidade optou por um sistema mais autônomo, que no caso trata-se da unidade filtrante.

Após a escolha da alternativa, foram montadas duas unidades filtrantes na comunidade e os testes qualitativos foram feitos com a água consumida pela comunidade. Os resultados obtidos apontam que em ambas as unidades filtrantes houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) para as variáveis pesquisadas. A Figura 2 apresenta os boxplots (mediana) e as diferenças significantes ( $\alpha = 0,05$ ) que foram expressadas por letras diferentes no boxplot.

**Figura 2 - Boxplot (mediana) das variáveis cor aparente (UC), turbidez (UNT), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).**



**Nota: As letras diferentes por boxplot apontam diferenças significantes ( $p < 0,05$ )**

Fonte: Autores da pesquisa (2016).

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a variável cor aparente, não houve diferença significativa entre as águas brutas. Os pontos AF1 e AF2 apontam que a eficiência na redução de cor aparente foi de  $90,3\% \pm 3\%$  na unidade 1 e  $96,4\% \pm 2\%$  na unidade 2, reduzindo a média de  $75,4 \pm 15,8$  UC (AB1) para  $7,6 \pm 3,4$  UC (AF1) para o sistema 1 e de  $90,2 \pm 11,3$  UC (AB2) para  $3,4 \pm 2,3$  UC (AF2), em ambas as unidades filtrantes, houve atendimento ao padrão de 15 UC (BRASIL, 2011; WHO, 2011). Para SCALIZE e TEIXEIRA (2013) a eficiência da filtração microporosa ( $0,1\mu\text{m}$ ) foi de 27 e 38% (média de 62 UC). Conforme MENEZES (2016) não houve diferença após filtração microporosa de água de chuva.

Para a turbidez não houve diferença entre os pontos AB1 e AB2, com médias respectivas de  $19 \pm 4,3$  UNT e  $16,3 \pm 2,8$  UNT. Após as filtrações foram significativamente reduzidas ( $1,7 \pm 1,2$  UNT para AF1 e  $1 \pm 1$  UNT para AF2), representando eficiências de  $90,5\% \pm 3,4\%$  e  $93,8\% \pm 5,4\%$  para as unidades filtrantes 1 e 2. Outros estudos apontam eficiências na redução da turbidez para leito rígido cerâmico compreendidas entre 75% a 80% (SCALIZE, TEIXEIRA, 2013) e 90 a 95% (MWABI *et al.*, 2011) e 25% a 91% (MENEZES, 2016). Não houve diferença estatisticamente significativa entre o AF1 e o AF2 e todos os valores de turbidez pós-filtração microporosa (AF1 e AF2) foram inferiores a 5 UNT (WHO, 2011) e 60% dos dados ficaram abaixo de 1 UNT (BRASIL, 2011), com máximo de 3 UNT.

Para este estudo, a elevada eficiência de filtração pode ser atribuída à elevada quantidade de sólidos presentes na água (turbidez), que pode ter reduzido a seção disponível do poro por obstrução parcial. A elevada eficiência na retenção de sólidos pode causar redução bacteriana, pois segundo MWABI *et al.* (2011) a porosidade compreendida entre 0,2 a 1 micrômetros garante a retenção de bactérias e protozoários. Para MENEZES (2016), a redução bacteriana de coliformes totais e fecais foi superior a 83% no tratamento de águas pluviais. Para VAN HALEM *et al.* (2007 apud LAAN *et al.*, 2014) e VAN HALEM *et al.* (2009 apud LAAN *et al.*, 2014) a filtração microporosa cerâmica possui eficiência na redução de *E. coli* na presença de prata coloidal e na ausência deste metal pode ocorrer maior remoção de vírus por conta da formação do biofilme.

Os valores de pH para os pontos AB1 e AB2 foram estatisticamente iguais e levemente ácidos ( $5,6 \pm 0,1$  e  $5,8 \pm 0,1$ ). Após a filtração microporosa foi verificado um aumento do pH sendo que para o AF1 a variável foi de  $7,1 \pm 0,1$  e para o AF2  $9,1 \pm 0,2$  (máximo de 9,2) o que conferiu diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para ambos os pontos em relação ao AB1 e AB2, sendo o AF2 significativamente maior que o AF1. Resultado semelhante foi verificado por MENEZES (2016) onde após a filtração microporosa em leito cerâmico, houve aumento do pH, possivelmente devido a presença de íons oriundos meio filtrante de base alcalina, onde se observou também aumento da alcalinidade.

Para a condutividade elétrica foi observada diferenças significantes para os pontos AB1 ( $122,4 \pm 3$   $\mu\text{S/cm}$ ) e AB2 ( $34,2 \pm 2$   $\mu\text{S/cm}$ ), indicando que o ponto AB1 pode ser mais poluído. A filtração microporosa aumentou a variável, pois o AF1 ( $173,6 \pm 57,7$   $\mu\text{S/cm}$ ) foi maior que o AB1 e o AF2 ( $118,9 \pm 21$   $\mu\text{S/cm}$ ) foi maior que o AB2. O aumento da condutividade elétrica após a filtração microporosa (AF1 e AF2) é convergente com disposto em MENEZES (2016).

Após a verificação da eficiência das unidades filtrantes, foi realizada outra oficina de montagem, desmontagem, operação e manutenção das unidades filtrantes. Inicialmente foi feita a demonstração de montagem de uma unidade filtrante, posteriormente cada representante de cada residência já treinado auxiliou um outro morador. Toda a oficina foi supervisionada por engenheira sanitária.

## CONCLUSÕES

As unidades filtrantes reduziram significativamente a turbidez e cor aparente apresentando eficiências médias superiores a 90% na remoção de sólidos. As unidades filtrantes (AF1 e AF2) aumentaram significativamente o pH conferindo basicidade em relação à água bruta (AB1 e AB2). Para o AF2 o pH foi significativamente maior que o verificado no AF1, o que pode ser sugestivamente atribuído ao fato do meio filtrante do AF1 ser impregnado de prata coloidal. O aumento do pH pode estar relacionado à constituição caulínica das velas filtrantes.

Em relação a condutividade elétrica nos pontos AB1, AF1 e AF2 foram significativamente maiores se comparados com o ponto AB2. Enquanto indicador indireto de poluição pode-se concluir que o ponto de coleta AB1 pode ser mais poluído que o AB2, entretanto após a filtração microporosa, foi verificado um aumento significativo da condutividade elétrica.

Em face da elevada eficiência na redução de turbidez e cor aparente, estas unidades filtrantes apresentam sugestiva aplicabilidade em locais desprovidos de sistemas de abastecimento de água e podem auxiliar na redução de incidência de doenças diarreicas. As unidades filtrantes apresentaram baixo custo de implantação



(R\$50,00), supondo uma residência unifamiliar de 5 pessoas. A manutenção é simples e a aceitação na comunidade atendida foi bem sucedida. A elevada aceitação pode ter sido atribuída a abordagem participativa e colaborativa da comunidade desde a escolha da alternativa, concepção da tecnologia e montagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16098**: aparelho para melhoria da qualidade da água para consumo humano — Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo, 2012.
2. APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 18th ed. Washington: APHA, 1992.
3. BIELEFELDT, Angela R.; KOWALSKI, Kate; SUMMERS, R. Scott. Bacterial treatment effectiveness of point-of-use ceramic water filters. **Water Research**, New Zealand, v. 43, n. 14, p. 3559-3565, 2009.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, 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 [da] União**, DF, 2011.
5. BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações de Saneamento, DF, 2016.
6. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Edital de chamamento público para a implementação de tecnologias sociais de acesso à água para o consumo humano na região norte. Brasília, DF, 2012.
7. BRASIL. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=15&dados=8>. Acessado em 12 de outubro de 2016
8. LAAN, H. van der; HALEM, D. van; SMEETS, P.W.M.H.; SOPPE, A.I.; KROESBERGEN, J; WUBBELS G., NDERSTIGT, J; GENSBURGER, I; HEIJMAN, S.G. Bacteria and virus removal effectiveness of ceramic pot filters with different silver applications in a long term experiment. **Water Research**, New Zealand, v. 51, p. 47-54, Mar. 2014.
9. MENEZES, Edilaine Cristina Pamplona. Avaliação da qualidade da água da chuva em sistema de aproveitamento de água de chuva implantado na Universidade Federal do Pará. 2016. 127f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2016. Universidade Federal do Pará.
10. MONTGOMERY, Douglas C. Design and Analysis of Experiments. 8.ed., New York: John Wiley and Sons, 2012.
11. MWABI J.K.; ADEYEMO F.E.; MAHLANGU T.O.; MAMBA B.B.; BROUCKAERT B.M.; SWARTZ C.D.; OFFRINGA G.; MPENYANA-MONYATSI L.; MOMBA M.N.B. Household water treatment systems: A solution to the production of safe drinking water by the low-income communities of Southern Africa, **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, p. 1120-1128, 2011.
12. SCALIZE, P. S.; TEIXEIRA, A. L. Filtração em cerâmica microporosa aplicada a remoção de cor e turbidez de água. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 10, n. 1, p. 64-74, jan./fev. 2013.
13. SIMONIS, Jean Jacques; BASSON, Albertus Koetzee. Evaluation of a low-cost ceramic micro-porous filter for elimination of common disease microorganisms. **Physics and Chemistry of the Earth**, Parts A/B/C, Bristol, v. 36, n. 14-15, p. 1129-1134, 2011.
14. VAN HALEM, D.; VAN der LAAN; H., HEIJMAN; S.G.J., DIJK; J.C., VAN AMY; G.L. Assessing the sustainability of the silver impregnated ceramic pot filter for low-cost household drinking water treatment. **Phys. Chem. Earth**, v. 34, p. 36-42, 2009.
15. VAN HALEM, D; HEIJMAN, S.G.J.; SOPPE, A.I.A.; VAN DIJK J.C.; AMY, G.L. Ceramic silver-impregnated pot filters for household drinking water treatment in developing countries: material characterization and performance study. **Water Sci. Technol.: Water Supply**, v. 7, n. 5-6, p. 9-17, 2007.
16. WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality, 4.ed. **World Health Organization**, Geneva, Switzerland, p. 468-475, 2011.