

Eixo Temático ET-02-008 - Saneamento Ambiental

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE FILTROS LENTOS COMO TECNOLOGIA PARA POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA: UMA REVISÃOMaria Virgínia da Conceição Albuquerque¹, Railson de Oliveira Ramos²,
Josivaldo Rodrigues Sátiro³, Catarina Simone Andrade do Canto⁴, Wilton Silva Lopes⁵¹Bióloga, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.²Químico Industrial, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.³Engenheiro Sanitarista e Ambiental - UEPB.⁴Dr. em Engenharia Química – USFCar.⁵Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UEPB.**RESUMO**

A filtração lenta é uma tecnologia para a potabilização de água utilizada há séculos e ainda considerada eficiente. Em sistemas desse tipo, a água é introduzida no filtro com baixas taxas de filtração (entre 3 e 12 m³/m².d), o que permite a remoção de patógenos principalmente por meio da atividade biológica. Diversos materiais podem ser utilizados em sua construção e não há a necessidade de tratamento químico prévio ao filtro. Neste sentido, este estudo faz uma revisão sobre a aplicabilidade da filtração lenta no tratamento de águas contaminadas, avaliando a (s) influência (s) de taxas de filtração, espessura do meio filtrante, tamanhos dos grãos de areia, bem como a maturidade microbiológica do meio filtrante na remoção de parâmetros físico-químicos e biológicos. Utilizou-se como metodologia, a revisão de literatura de cunho qualitativo descritivo, que possibilitou um aprofundamento sobre o tema proposto. O desempenho do filtro depende da taxa de filtração, temperatura, espessura do meio filtrante, granulometria da areia, e maturidade microbiológica do meio filtrante. Em um leito filtrante com areia nova, a remoção de cistos de *Giardia* e coliformes pode ser de 85% a 98%, comparada a 100% e 99% num leito biologicamente maduro. Conclui-se que estudos elaborados para avaliar a eficiência da filtração lenta após o surgimento das grandes ETAs mostraram que essa tecnologia ainda é viável e, do ponto de vista econômico e tecnológico, aplicável.

Palavras-chave: Tratamento de água; Filtros de areia; Filtração lenta.**INTRODUÇÃO**

Atualmente, apesar dos enormes avanços nas tecnologias de tratamento de água, que se desenvolveram em muito nos últimos 100 anos, ainda há muito o que se fazer na busca de água potável para as populações. A filtração lenta é uma tecnologia para a potabilização de água utilizada há séculos e ainda considerada eficiente. Em sistemas desse tipo a água é introduzida no filtro com baixas taxas de filtração (entre 3 e 12 m³/m².d), o que permite a remoção de patógenos principalmente por meio da atividade biológica. Esses sistemas também são reconhecidos por sua simplicidade na construção e operação. Diversos materiais podem ser utilizados em sua construção e não há a necessidade de tratamento químico prévio ao filtro (LANGENBACH et al., 2010).

Os filtros lentos são compostos pelo leito filtrante, geralmente de areia, camada suporte, e um sistema de controle de vazão por válvulas. É uma caixa com 2,5 a 4 m de profundidade, geralmente retangular, de pedra, brita, ou concreto, com parede normalmente vertical. No fundo se encontra o sistema de drenagem, formado por um fundo-falso ou concreto poroso, que é coberto por pedregulho. O leito filtrante de areia fica acima desta camada, e sua espessura possui de 0,6 a 1,2 m. A água bruta sobrenadante apresenta geralmente de 1 a 1,5 m. (VALENCIA, 1981) A norma brasileira NBR 12216:1992 determina o tamanho efetivo dos

grãos de 0,25 a 0,35 mm e um coeficiente de uniformidade menor que 3 (ABNT, 1992). De acordo com Di Bernardo et al (1999), o material mais adequado para a filtração lenta tem as seguintes características: tamanho dos grãos de 0,08 a 1,0 mm, tamanho efetivo de 0,15 a 0,30 mm, e coeficiente de uniformidade de 2 a 5. O coeficiente de uniformidade influencia na profundidade que as impurezas penetram, resultando em uma maior espessura da camada biológica e maiores carreiras de filtração, sem alteração da qualidade final da água.

O desempenho do filtro depende da taxa de filtração, temperatura, espessura do meio filtrante, granulometria da areia, e maturidade microbiológica do meio filtrante. Em um leito filtrante com areia nova, a remoção de cistos de *Giardia* e coliformes pode ser de 85% a 98%, comparada a 100% e 99% num leito biologicamente maduro (DI BERNARDO et al., 1999). É eficiente também com vários outros organismos, sendo uma boa opção para tratamento de pequenos volumes (EDZWALD, 2011).

Nos filtros lentos, há ainda um mecanismo que se mostra mais significativo que os outros. Como a água passa bastante tempo no filtro antes de atravessá-lo completamente no topo da camada de areia, ocorre retenção de microrganismos como bactérias e protozoários, além de matéria orgânica e demais partículas presentes na água bruta. A presença desses elementos leva a formação de uma superfície de coesão denominada *schmutzdecke* (Figura 1). A formação dessa superfície ocorre aos poucos, após o início da operação do filtro, e até se formar completamente leva dias, sendo este período chamado de período de maturação, ou de amadurecimento do filtro lento. Nela é que ocorre a remoção de patógenos, sendo os mais característicos a bactéria *Escherichia Coli* (*E. Coli*) e protozoários como *Giardia* e *Criptosporídeos*.

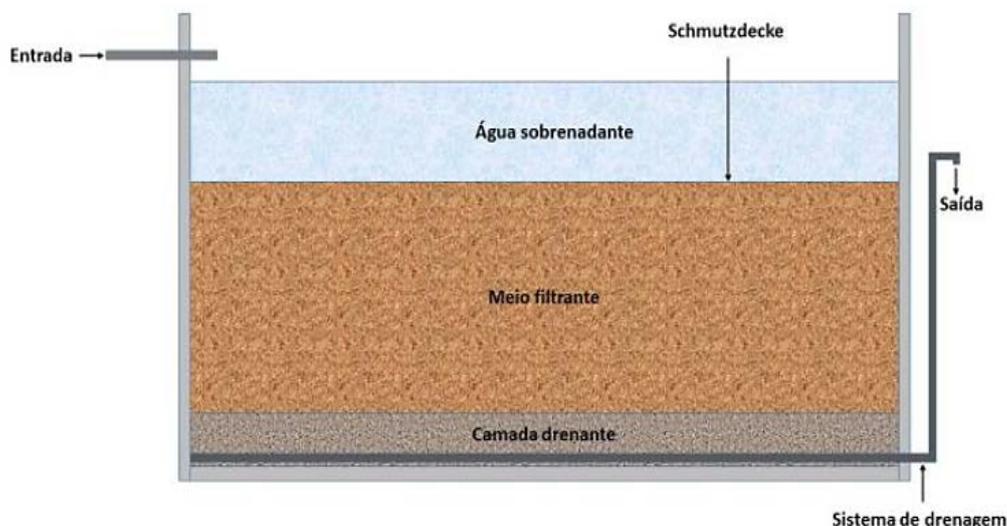


Figura 1. Filtro lento em corte. Fonte: AMUI; MORUZZI (2016).

Pelo esquema representado na Figura 1, é possível constatar a simplicidade do filtro, constituído apenas por uma camada de areia, outra de cascalho e um dreno para coleta de água filtrada. Como a *schmutzdecke* é formada na parte superior da camada de areia e nela ocorre a degradação de matéria orgânica, com incidência de luz no topo do filtro, é inevitável que se acumule algas, as quais absorvem gás carbônico, nitratos e fosfatos e liberam oxigênio. A presença deste no filtro, é essencial para evitar zonas anaeróbias. Caso haja regiões anaeróbias, é possível que ocorra a formação de gás sulfídrico e a solubilização de ferro e manganês, deixando a água imprópria para abastecimento (GÓIS, 2018).

O outro fato relevante, é a não utilização de coagulantes em sua aplicação, o que acaba sendo mais econômico, gerando menos resíduo e uma preocupação a menos no processo de tratamento. O uso é dispensado justamente pela formação da *schmutzdecke*, a qual seria

prejudicada pela presença de substâncias químicas. Para tanto, devido ao não uso de coagulantes, é importante que a água não possua também cor elevada. Isso acontece porque, ao contrário da turbidez, a cor está associada às partículas dissolvidas na água, e não em suspensão. Essas partículas possuem granulometria bem menores e para que sua remoção ocorresse de maneira satisfatória, seria necessário o uso de coagulantes, o que não é possível em filtros lentos (SÁ, 2006).

Durante o processo de filtração ocorre gradativo entupimento dos poros nas camadas superficiais do filtro, causando gradativo aumento da perda de carga no meio filtrante. Quando a perda de carga alcança determinado valor pré-estabelecido em projeto, entre 0,6 e 0,9 m, a operação do filtro deve ser interrompida para que seja feita a limpeza do meio filtrante. A limpeza consiste na drenagem da água e raspagem de 1 a 2 cm da camada superficial de areia, esse procedimento é repetido até que se alcance a espessura mínima de 0,4 a 0,5 m de areia. Quando essa espessura é alcançada o filtro é preenchido com areia até a espessura inicial, de forma que a areia remanescente no fundo seja colocada no topo e a areia limpa, com a qual será feito o preenchimento seja colocada na base do meio filtrante, pois a areia remanescente é rica em microrganismo e facilitará a formação da *schmutzdecke* (HELLER e PÁDUA, 2010).

A limpeza dos filtros é um processo que desfavorece a simplicidade e o baixo custo do sistema, pois para a formação de nova camada biológica, é necessário que decorra o período de amadurecimento do filtro, que pode levar dias ou semanas para se realizar. Além disso, esse procedimento deve ser realizado com cautela para que não descaracterize a granulometria da areia. Este procedimento requer a instalação de uma unidade própria de lavagem e consome volume de água considerável, embora não se compare ao volume de água consumido na lavagem de filtros rápidos

Substituindo a antiga portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017) diz respeito a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Em seu Capítulo V, Seção II, Art. 129 foi estabelecido o Anexo XX que dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os padrões de potabilidade estabelecidos da Portaria nº 5 da Consolidação do Ministério de Saúde Brasileiro, estão organizados na Tabela 1.

Tabela 1. Padrões de potabilidade da Portaria de Consolidação nº 5 /2017.

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo permitido
pH	-	6 a 9,5
Turbidez	uT	1
Cor aparente	uH	15
Sólidos dissolvidos totais	mg.L ⁻¹	1000
Coliformes totais	-	Ausência
<i>Escherichia coli</i>	-	Ausência

Fonte: BRASIL, 2017.

O valor máximo permitido para o parâmetro turbidez apresentado na Tabela 1 é correspondente ao valor máximo permitido quando o tratamento é submetido a filtração lenta. Para o parâmetro temperatura, só é exigido valores máximos e mínimos dependendo do ensaio que será realizado. A referida Portaria, define ainda *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal, estabelecendo ausência em 100 mL para águas de consumo humano, e Coliformes totais como indicador de eficiência de tratamento, estabelecendo ausência em 100 mL para água tratada na saída do tratamento, e indicador de integridade do sistema de distribuição, estabelecendo limite de apenas uma amostra positiva ao mês em sistemas que abastecem menos de 20 mil habitantes, e ausência em 95% das amostras examinadas ao mês em sistemas que abastecem mais de 20 mil habitantes.

OBJETIVO

Sabe-se que os principais fatores que alteram o desempenho do filtro lento é a taxa de filtração, espessura do meio filtrante, granulometria da areia, e maturidade microbiológica do meio filtrante. Neste sentido este estudo faz uma revisão sobre a aplicabilidade e eficácia da filtração lenta no tratamento de águas contaminadas, avaliando a (s) influência (s) de taxas de filtração, espessura do meio filtrante, tamanhos dos grãos de areia, bem como a maturidade microbiológica do meio filtrante na remoção de parâmetros físico-químicos e biológicos.

METODOLOGIA

Utilizou-se como metodologia, a revisão de literatura de cunho qualitativo descritivo, que propiciou um aprofundamento sobre o tema proposto. Avaliando-se em publicações contidas em livros, jornais e revistas nacionais e internacionais, direcionados a área científica e acadêmica, sendo realizada uma busca bibliográfica por meio das bases de dados: Web of Science, Scopus e na biblioteca eletrônica Scientific Electronic Library Online (SciELO). As palavras chaves utilizadas para esta busca, foram: “Filtração lenta”, “Filtros lentos” e “Tratamento de água”, publicadas no período de 2010 a 2019.

Após identificados os documentos, estes foram analisados e os que atenderam aos objetivos do estudo, e estiveram sido publicados nos últimos 10 anos, foram utilizados. A coleta das referências que foram aplicadas neste trabalho de Revisão da Literatura, aconteceu no decorrer dos meses de setembro a outubro de 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos elaborados para avaliar a eficiência da filtração lenta após o surgimento das grandes ETAs mostram que essa tecnologia ainda é viável e, do ponto de vista econômico e tecnológico, aplicável.

Paterniani et al. (2011) visou avaliar a aplicabilidade da filtração lenta, comparando diferentes meios filtrantes, ambos associados a pré-filtros, no tratamento de efluentes domésticos objetivando posterior fertirrigação. Trabalhou-se comparando dois meios filtrantes distintos, sendo o primeiro composto de areia e manta não tecida no topo e o segundo com areia, carvão ativado e também manta não tecida no topo. Foram avaliados parâmetros como sólidos suspensos, turbidez, cor aparente, coliformes totais e *E.coli*. Ambas as unidades apresentaram resultados satisfatórios, porém a utilização do carvão ativado resultou em maiores remoções dos parâmetros citados. As remoções mais relevantes foram, para o filtro de manta e areia e manta, carvão e areia, respectivamente: 26,01 e 39,3% para turbidez, 33,7 e 44,01% para cor aparente, 57,5 e 74,6% para coliformes totais e 70,7 e 72,6% para *E. Coli*, possibilitando a utilização do efluente para fertirrigação, mas necessitando de desinfecção a depender da cultura.

Analisando o desempenho de filtros lentos com diferentes períodos de amadurecimento, precedidos de pré-filtros, no tratamento de águas com células tóxicas de *Microcystis aeruginosa*, Farias (2011), ressaltou como o amadurecimento dos filtros lentos foi importante para a obtenção de melhores resultados. Para tanto, foram realizados experimentos com um sistema composto por pré-filtro de pedregulho com escoamento ascendente (PFA), operado com taxa de filtração de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, seguido de dois filtros pilotos similares, operados em paralelo, com taxa de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$. O desempenho do sistema foi avaliado com os filtros lentos sendo submetidos a diferentes formas de amadurecimento e a simulações periódicas de floração de *M. aeruginosa*, em densidades que variaram de 10^5 a 10^6 cel.mL^{-1} , sendo também inseridas, esporadicamente, concentrações de microcistinas dissolvidas, com valores estimados entre 5 e $50 \mu\text{g.L}^{-1}$. Observou-se que a adoção de período mais longo de amadurecimento influenciou positivamente o desempenho do pré-filtro e que essa unidade foi capaz de condicionar água para filtração lenta areia. Quanto aos filtros lentos, os resultados indicam que o amadurecimento dos filtros com água bruta por 15 dias se mostrou mais efetivo para obtenção de maior remoção de

clorofila-a (células de *M. aeruginosa*) e turbidez, do que o amadurecimento com água efluente do pré-filtro de pedregulho. Além disso, a presença de microcistinas na água bruta pôde influenciar negativamente a retenção de células de *M. aeruginosa* no PFA, sugerindo a possibilidade de transpasse de células no sistema de tratamento, mesmo sete dias depois de cessada a alimentação com água bruta contendo células de *M. aeruginosa*. Vale ressaltar que a Portaria de Consolidação nº 5, do anexo XX / 2017, limita a concentração da microcistina na água (somatório de todas as variantes) em $1 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Em outro estudo, que avaliou o potencial da filtração lenta em abastecer comunidades rurais e desfavorecidas no atendimento de água potável, Nascimento, Pelegrini e Brito (2012) montaram filtros lentos e aplicaram água de um manancial localizado no campus da Universidade Federal de São Carlos. Utilizando um tubo cilíndrico de policloreto de vinila com altura útil de 1000 mm, diâmetro de 150 mm, e espessura do material filtrante constituída de uma camada de 400 mm de areia seguido de 100 mm de brita. Entre as camadas descritas e no topo foram utilizadas mantas sintéticas não tecidas com gramatura de 400 g.m^{-1} . Analisando pH, turbidez, cor e matéria orgânica durante um período de quatro meses constatou-se remoções satisfatórias, com 90% de redução para turbidez, 50% para cor e matéria orgânica.

Na University of Arizona (EUA), foi realizada uma comparação por Corral et al. (2014) entre a filtração lenta e microfiltração como pré-tratamento para posterior dessalinização por osmose reversa. A avaliação do pré-tratamento dos dois métodos foi comparada por meio da remoção de turbidez e pelo parâmetro Silt Density Index (SDI). Esse parâmetro mede o grau de matéria orgânica da água. Quanto maior o SDI mais rápido as membranas da osmose reversa entopem. Para valores de SDI abaixo de 5 as membranas de osmose reversa sujam numa taxa menor, durando mais. Vale ressaltar que a turbidez e o SDI não possuem correlação. Os resultados de anos de experimento mostraram que a filtração lenta promoveu água de boa qualidade para ser utilizada em posterior osmose reversa, com $\text{SDI} < 5$. Mas nesse caso a microfiltração se mostrou mais eficiente, com $\text{SDI} < 3$, o que prolonga ainda mais a utilização das membranas da osmose reversa.

Michelan et al. (2015) realizaram a comparação da filtração lenta, entre formas de limpeza do meio filtrante: convencional ou por retrolavagem. Sabe-se que a forma convencional ocorre por raspagem da superfície do meio filtrante, enquanto que por retrolavagem, se baseia no contra fluxo de água filtrada para expandir o meio filtrante, com conseqüente arraste das impurezas que ficaram retidas no meio filtrante e acima do mesmo, de modo a separar o meio filtrante das impurezas. A comparação ocorreu em função da duração da carreira de filtração dos filtros. Apesar do filtro lento com limpeza retrolavável ser considerado mais rápido durante a limpeza do meio filtrante, a duração média das carreiras de filtração foi de apenas 17 dias, isso pode ser indicador de que o perfil da camada filtrante continuou enriquecido de flora microbiana, necessário para a carreira de filtração seguinte, enquanto que o filtro lento com limpeza convencional teve duração de limpeza de aproximadamente, 50 vezes mais demorado do que o filtro lento com limpeza retrolavável. A duração média das carreiras de filtração, do filtro lento com limpeza convencional foi de 22 dias, sendo assim mais duradoura.

A filtração lenta é uma alternativa tecnológica que tem se mostrado eficiente na remoção partículas sólidas, cianobactérias e vários patógenos. Neste contexto, Teixeira et al. (2016) avaliaram a adoção da filtração lenta, considerando mananciais com baixa turbidez e presença de microalgas e cianobactérias utilizando a água do lago Paranoá como estudo de caso. Para tanto, foram realizados experimentos em filtros lentos de areia em escala piloto, em duplicada, monitorados com taxa de filtração de 2 e $5 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ com água bruta do lago Paranoá. Os resultados obtidos corroboram o grande potencial da filtração lenta para remoção de turbidez (97%), clorofila-a (99%) e microrganismos patogênicos, uma vez que, houve praticamente 100% de remoção de coliformes totais e *E. coli*.

O objetivo principal do estudo realizado por Góis (2018), foi a avaliação do tempo de amadurecimento de filtros lentos quando abastecidos com água de uma lagoa litorânea com baixa turbidez e cor moderada, projetando um sistema de filtração lenta em escala piloto, trabalhando-se em duplicata. A elaboração do projeto e implantação do sistema de filtração

envolveu três grandes etapas: preparação de materiais, dimensionamento de leito filtrante e montagem do sistema de filtração. Em parceria com a Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), foi possível a instalação dos filtros lentos próximo ao manancial estudado. A avaliação do tempo de amadurecimento foi realizada por meio de análise de parâmetros como turbidez, cor aparente, coliformes totais, bactéria *E. Coli* e pH. Com operação total durando 34 dias, apesar de fatores limitantes, os filtros apresentaram indicativo de amadurecimento a partir da última semana de análise. Com os resultados obtidos, pôde-se estimar que filtros lentos operando com a água da lagoa da litorânea estudada podem levar aproximadamente de 20 a 30 dias para amadurecimento.

Com o intuito de melhorar a qualidade da água proveniente de uma nascente utilizada para abastecimento na Fazenda Córrego dos Pinheiros, localizada na zona rural de Passabém (MG), Silva et al. (2018) avaliaram a eficiência de um sistema de filtração lenta para a remoção de sólidos totais, turbidez e *Escherichia coli*. Além disso, por meio de imagens de satélite foi analisado o uso e ocupação do solo nessa região nos últimos dez anos e a percepção dos moradores vizinhos sobre a qualidade da água por eles consumida. Os dados foram coletados através de pesquisa experimental, pesquisa laboratorial, análise documental e questionários, os quais foram tratados através da estatística descritiva e análise de conteúdo. Dessa forma, verificou-se com relação ao uso e ocupação do solo nos últimos dez anos que ocorreu uma pequena regeneração em uma área de mata preservada nas proximidades da fazenda, além disso, não houve aumento no número de construções no entorno desta. Dentre os parâmetros que foram analisados, o filtro lento se mostrou eficiente para o tratamento da água, visto que com relação à *E. coli*, por exemplo, foi observada uma eficiência de 100% de remoção. Contudo, destaca-se que os resultados verificados quanto aos parâmetros turbidez, sólidos totais e pH já atendiam à Portaria de Consolidação nº 5, do anexo XX / 2017, antes de serem submetidas ao tratamento no filtro lento. Apesar de todos os moradores afirmarem utilizar água proveniente de nascente, a maioria destes não realizava tratamento prévio desta. Percebe-se assim que, de uma maneira geral, para os moradores participantes dessa pesquisa, uma água aparentemente limpa é característica suficiente para garantia de sua qualidade para o consumo.

Alguns autores afirmam que os filtros lentos convencionais são pouco eficientes na remoção de cor verdadeira. Sendo assim, Lima (2019) avaliou a associação da filtração lenta convencional com a filtração rápida (precedida de oxidação química e coagulação) para o tratamento da água de uma lagoa litorânea tropical que apresenta baixa turbidez e cor moderada. Para isso, a água do manancial de estudo (Lagoa do Jiqui) foi tratada: 1) por uma instalação piloto de filtro lento (FL), compostas por dois filtros lentos de areia operados em paralelo, com taxa de filtração constante ($3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$) e nível variado, sendo que o meio granular em um dos filtros tinha coeficiente de desuniformidade de 3 ($\text{CD} = 3$) e no outro, o coeficiente de desuniformidade de 4 ($\text{CD} = 4$); 2). Os efluentes dos filtros lentos foram tratados por pré-oxidação, coagulação e filtração rápida descendente em *Jar test* acoplado a filtros de laboratório (FLAB). A qualidade da água tratada foi avaliada por meio de análises bacteriológicas (Coliformes Totais e *Escherichia coli*) e análises físico-químicas “convencionais” como turbidez, cor aparente, cor verdadeira e pH, além de análise de potencial zeta. Os filtros lentos, quando maduros, alcançaram a remoção de 100% de *E. coli* e em torno de 98% de Coliformes Totais, porém, não removeram eficientemente cor verdadeira. O filtro lento com $\text{CD} = 4$ apresentou melhor remoção de turbidez do que o com $\text{CD} = 3$. A associação da FL com a filtração rápida (com pré-oxidação e coagulação) tem o potencial de atingir eficiências elevadas na remoção de turbidez, cor verdadeira e *E. coli*, alcançando valores remanescentes bem abaixo dos padrões de potabilidade vigentes no Brasil, implicando em maior segurança sanitária da água tratada.

Comparando a eficiência de um filtro lento domiciliar com meios filtrantes oriundos de resíduos da construção civil (FLD reciclado), com um filtro lento domiciliar convencional, Junior et al. (2019) avaliaram características físico-químicas e microbiológicas da água filtrada, segundo critérios estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 5/2017 que consolidou a Portaria nº 2914/2011 sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para

consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados sinalizam que o FLD reciclado pode atender todos os parâmetros analisados, destacando-se a turbidez e os coliformes totais. Sugere-se, portanto, a realização de estudos para determinação do tempo de maturação e da redução do tempo de repouso necessário para que a água filtrada esteja apta para o consumo, tendo em vista a promoção do FLD reciclado como alternativa atrativa em localidades com baixo adensamento populacional.

CONCLUSÃO

Constata-se que os estudos apresentados com filtros lentos, abordaram a avaliação do tempo de amadurecimento, a associação da filtração lenta convencional com a filtração rápida, as diferentes formas de limpeza do meio filtrante: convencional ou por retrolavagem, bem como a remoção de parâmetros físico-químicos e biológicos como cianobactérias, protozoários, associados ou não a outros tratamentos. Com estas pesquisas e com o avanço da tecnologia laboratorial, pôde-se observar experimentos cada vez mais elaborados, sempre expandindo o conhecimento sobre esse método, independente de resultados positivos ou negativos.

Assim, diante da possibilidade a utilização da filtração lenta como alternativa tecnológica, os resultados avaliados com o presente estudo, são de grande relevância nos processos de tratamento de água, especialmente com objetivo de atender as normativas e Portaria para os padrões de potabilidade da água. Logo, o aprofundamento no sentido da identificação das melhores alternativas de alimentação dos filtros, da determinação do tempo de maturação e da redução do tempo de repouso são necessários para que a água filtrada esteja apta para diversos usos, especialmente ao consumo humano.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12216 - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- AMUI, C.R., MORUZZI, R. M. C. M. **Desenvolvimento e avaliação de protótipos de filtro lento para tratamento de água em domicílio rurais**. 2016. 97 f. Monografia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 05/2017**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.
- CORRAL, A. F. et al. Comparison of slow sand filtration and microfiltration as pretreatments for inland desalination via reverse osmosis. **Desalination**, v. 346, p. 79, 2014.
- DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. **Tratamento de água de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- EDZWALD, J. K. **Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water**. 2011.
- FARIAS, N.J.V. **Desempenho de filtros lentos, com diferentes períodos de amadurecimento, precedidos de pré-filtração em pedregulho no tratamento de água contendo células tóxicas de *Microcystis aeruginosa***. 2011. 143f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- GÓIS, B. P. **Avaliação do tempo de amadurecimento de filtros lentos abastecidos com água de uma lagoa litorânea: estudo de caso da Lagoa do Jiqui/RN**. 2018. 79 f. Monografia -

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v. 2.

JUNIOR, V.M; SANTOS, S.M; GONZALEZ, B. C; PIMENTEL, L. L; LONGO, R. M. Filtração Lenta Domiciliar Com Meios Filtrantes Reciclados Provenientes De Resíduos Da Construção Civil, **Científic@ Multidisciplinary Journal**. v. 6, n. 1, p. 87-103, 2019.

LANGENBACH, K.; KUSCHK, P.; HORN, H.; KÄSTNER, M. Modeling of slow sand filtration for disinfection of secondary clarifier effluent. **Water research**, v. 44, n. 1, p. 159-66, 2010.

LIMA, A. B. P. **Avaliação da associação da filtração lenta com a filtração rápida no tratamento da água de uma lagoa litorânea tropical com baixa turbidez e cor moderada**. 2019. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MICHELAN, D. C. G. S.; SENS, M. L.; DALSSASSO, R. L. Comparação da duração da carreira de filtração entre filtro lento com limpeza convencional e retrolavável. **Scientia Plena**, v. 11, n. 11, 2015.

NASCIMENTO, A.P., PELEGRINI, R. T., BRITO, N.N. Filtração lenta para o tratamento de águas para pequenas comunidades rurais. **Revista eletrônica de Engenharia Civil**, v. 2, n. 4, p. 54-58, 2012.

PATERNIANI, J. E. S. et al. Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 803-812, 2011.

SILVA, D.E; CORDEIRO, J; CALAZANS, G. M; VIEIRA, E.D; PEREIRA, S.L.C.S. Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na zona rural de Passabém-MG, **Research, Society and Development**, v. 7, n. 6, p. 1-25, 2018.

TEIXEIRA, T. M. N.; BRANDÃO, C. C. S.; Avaliação da filtração lenta como tratamento de águas com baixa turbidez e presença de algas e cianobactérias: aplicação à água do lago Paranoá/DF, p. 1-10. In: Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental, v.3 n.2. São Paulo: Blucher, 2016.