

Verificação da potabilidade de água de chuva através de filtro lento e desinfecção ultravioleta

Verification of rainwater potability through slow filter and ultraviolet disinfection

Josias da Silva Cruz^{1}, Luiza Carla Girard Mendes Teixeira², Helenice Quadros de Menezes³*

Resumo: Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um sistema experimental de captação e tratamento de água de chuva constituído de filtro lento de areia e carvão ativado seguido de desinfecção UV. Ao longo de 2 meses foram coletadas amostras do sistema para determinação das variáveis cor aparente, turbidez, dureza, pH, coliformes totais e termotolerantes. As análises das amostras da água bruta e filtrada mostraram resultados satisfatórios, reduzindo as variáveis: dureza média de 15 ± 1 mg/L para 0 mg/L; cor aparente de $7 \pm 0,7$ uC para 0 uC; a turbidez de $2,3 \pm 1,54$ uT para $0,5 \pm 0,7$ uT; o pH passou da média $7,5 \pm 0,36$ para $7 \pm 0,33$; a análise microbiológica apresentou redução gradativa do NMP/100 ml até alcançar a ausência de coliformes totais e termotolerantes. A água, após passar pelo sistema de desinfecção com UV, mostrou ausência de coliformes totais e termotolerantes. Consequentemente, a água de chuva alcançou, para as variáveis estudadas, os padrões de potabilidade estipulado pela legislação vigente no Brasil.

Palavras-chaves: Filtro lento. Água de chuva. Desinfecção UV. Captação. Tratamento.

Abstract: This study had as objective to evaluate the efficiency of an experimental system for collecting and treating rainwater made up of the slow sand filter and activated charcoal followed by UV disinfection. Samples were collected in the system for determination of apparent color, turbidity, hardness, pH, total coliforms and thermotolerant coliforms. The analyses of the samples of raw water and filtered showed satisfactory results, reducing the variables: hardness from 15 ± 1 mg/L to 0 mg/L; apparent color from 7 ± 0.7 uC to uC 0; turbidity from 2.3 ± 0.5 to 0.7 ± 1.54 uT; pH from 7.5 ± 0.36 to 7 ± 0.33 . The microbiological analysis showed the gradual reduction of the NMP/100 ml to the absence of total coliforms and thermotolerant. The water, after passing through the UV disinfection system, showed the absence of total coliforms and thermotolerant. Consequently, the rainwater has reached, for the studied variables, potable standards stipulated by the legislation in force in Brazil.

Key words: Slow filter. Rainwater. UV Disinfection. Catchment. Treatment.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 09/02/2017; aprovado em 29/06/2017.

¹Engenheiro Ambiental (IESAM), Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica. Universidade Federal do Pará, E-mail: josias.cruz75@gmail.com

²Docente do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA), Engenheira Civil (UFPA), Mestre em Engenharia Civil (USP), Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (UFPA), Universidade Federal do Pará, E-mail: luiza.girard@gmail.com

³Docente do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Estácio de Belém, Engenharia Sanitária (UFPA), Mestre em Geologia e Geoquímica (UFPA), Faculdade Estácio de Belém, E-mail: helenicequadros@gmail.com

INTRODUÇÃO

De acordo com Moreira Neto (2012); Giatti; Cutolo (2012), a disponibilidade de recurso hídrico de forma heterogêneas no planeta Terra e a má gestão fazem com que milhares de pessoas fiquem sem acesso à água potável. Segundo Fledderjohann et al. (2015) cerca de um quarto da população da Índia não tem acesso à água de qualidade, o que ocasiona muitos problemas de saúde na população mais vulnerável. Na Irlanda, segundo Li et al. (2010), embora tenha bastante água disponível, a sua escassez será inevitável devido ao grande consumo per capita.

Para Naddeo et al. (2013), como a escassez hídrica ocorre mais frequentemente, a busca de fontes alternativas de água e formas de promover a sua utilização racional é relevante não apenas para regiões com escassez desse recurso, mas também para garantir uma água que permite uma alimentação estável de água frente à rápida urbanização e alterações climáticas.

O Brasil tem mais de 11% de água doce do mundo, mas, a sua distribuição é desigual: o Nordeste sofre com a desertificação, enquanto a Amazônia é cortada por um sem-número de rios, muitos desses, contudo, já estão comprometidos pela ação humana (AGENDA 21, 2004; GIATTI; CUTOLO, 2012). Dados da Agência Nacional de Água (ANA, 2010), do estado do Pará, revelam que o sistema de abastecimento de água é geralmente precário, pois mais da metade dos municípios (77 sedes urbanas) não possui tratamento de água distribuída à população.

Diante da escassez hídrica, novas fontes alternativas estão sendo utilizadas para complementar o abastecimento de água e atenuar a crise hídrica, por exemplo, as tecnologias sociais hídricas empregadas para captação e o armazenamento de água da chuva. Para Rahman et al., (2012); Waked et al., (2012); Fendrich; Oliynik, (2002); Gnadlinger, (2005), entre outros, a coleta de água de chuva é uma alternativa que pode ser utilizada para combater o não acesso à água potável e complementar o abastecimento onde o sistema não consegue suprir a demanda.

Segundo Vieira; Weeber; Ghisi, (2013); Moreira Neto et al., (2012), geralmente o tratamento de água de chuva é feito com o uso de telas para conter partículas grosseiras (galhos e folhas) e desviando-se a primeira água, entretanto, é preciso um sistema de tratamento mais eficiente para eliminar os poluentes atmosféricos e os que se encontram depositados nas superfícies coletora, além de agente patogênicos nocivos à saúde do homem. Portanto, o uso de tecnologias de filtração e desinfecção, já comprovadamente eficiente, é necessário para aumentar a segurança da água.

Para a filtração pode-se utilizar membranas, filtro rápidos, filtro lento, entre outras, e a desinfecção pode ser tanto química (com o uso de cloro, hipoclorito de sódio, ozônio, entre outros) ou física (fervura, reator UV, SODIS). Nesta pesquisa optou-se pelo uso de filtros lentos e desinfecção por radiação ultravioleta, pois é uma tecnologia que foi utilizada por Wisbeck et al. (2011); Cipriano (2004), entre outros, alcançando resultados satisfatórios para inativação de organismos patogênicos ao homem.

A radiação ultravioleta (R-UV) é a parte do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda entre 100 e 400nm (BRASIL, 2011). A radiação ultravioleta é dividida em: UVC, UVB, UVA; com comprimento de onda de 100-280, 280-320, 320-400, respectivamente. O intervalo de onda compreendido entre 100-280 é o que tem a capacidade de inativar as bactérias (BRASIL, 2011; BALOGH et al., 2011). Esta parte da radiação é completamente absorvida pelo ozônio e oxigênio estratosférico, portanto, não atinge a superfície terrestre. A radiação UVC atua por meio físico, atinge principalmente os ácidos nucleicos dos microrganismos e promove reações fotoquímicas que inativam os vírus e bactérias (DANIEL, 2001).

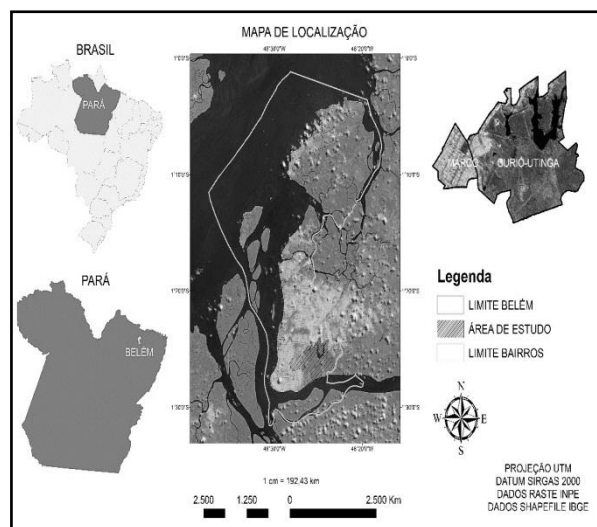
Segundo Tarran (2002), o reator deve ser projetado de tal forma que assegure a todos os microrganismos fique exposto à luz ultravioleta tempo suficiente para a sua inativação. Quando não projetados dessa forma alguns micróbios passam pela câmara sem receber a dose suficiente de luz. Segundo Wisbeck et al. (2011), a desinfecção por radiação UVC pode sofrer interferência dos parâmetros dureza, ferro, turbidez, sólidos totais e pH.

Portanto, este estudo tem o objetivo de verificar a eficiência de um sistema experimental de tratamento de água pluvial composto por filtro lento e reator ultravioleta, baseada nas variáveis cor aparente, dureza, pH, turbidez, coliformes totais e termotolerantes, relativamente aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde 2.914/11.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Belém, estado do Pará-Brasil, nos bairros do Curió - Utinga e Marco (Figura 1). Estes bairros têm características que os diferenciam, enquanto o Curió-Utinga tem um grande vazão demográfico e muita vegetação, o bairro do Marco é o oposto, tem muitas residências, pouca vegetação e um grande tráfego de veículos.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

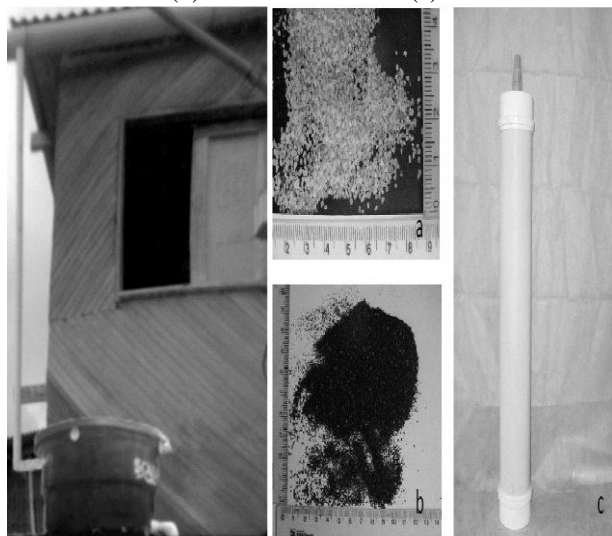


Fonte: Autores (2017).

Primeiramente analisou-se a qualidade físico-química da água de chuva em ambos os bairros com o objetivo de verificar a característica desta em diferentes locais da cidade, onde foram coletadas 5 amostras de cada bairro, nos meses de março e abril de 2014 (variáveis: cor aparente, turbidez, cloretos, pH, dureza). A partir dos resultados destas análises, optou-se em coletar no bairro Curió-Utinga, pelo fato dos resultados não apresentarem diferenças, e pela logística de acesso ao ponto de coleta.

Após as análises, foi montado o sistema de captação e tratamento, composto por uma tela tipo mosquiteiro de termoplástico esticado sobre a calha de policloreto de vinila (PVC), com a finalidade da retirada de partículas grosseiras presentes nos telhados; reservatório e filtro lento, construído com tubo de PVC, com dimensões de 60 cm de comprimento e 100 mm de diâmetro, com vazão de 2 L/h e taxa de filtração 0,2 m³/m²xh, funcionando em fluxo descendente, tendo como leito filtrante uma camada de 40 cm de areia com diâmetro efetivo de 0,35 mm e outra de 10 cm de carvão ativado, ambos adquiridos no comércio local (Figura 2 (a); (b); (c));desinfecção de reator ultravioleta, construído em tubo de PVC de 75mm e comprimento de 40cm, com lâmpada germicida de 30000 mW imersa na água, sendo a água exposta à luz por 60 segundos.

Figura 2. Sistema de coleta e armazenamento, areia (a) e carvão ativado (b) utilizados e o filtro(c).



Fonte: Autores (2017).

Foram determinadas as variáveis físico-químicas e microbiológicas da água bruta e da água após passar pelo sistema de captação e tratamento, nos meses de abril e maio de 2014, para avaliar o desempenho do mesmo. Assim, foram coletadas 5 amostras da água após passar pelo telhado (ponto 1), 5 amostras após passar pelo filtro (ponto 2), para verificar a eficiência do filtro, e 5 amostras após passar pelo processo de desinfecção ultravioleta (ponto 3), ao fim de cada coleta, o reservatório era esvaziado. No ponto 1 e 2 foram analisadas as variáveis cor aparente, turbidez, dureza, pH e cloretos, no ponto 3 foram determinadas as variáveis microbiológicas coliformes totais e termotolerantes.

As análises foram conduzidas no laboratório de águas e esgoto do Instituto de Ensinos Superiores da Amazônia (IESAM), situado na cidade de Belém. As amostras para análise foram coletadas diretamente dos telhados (fibrocimento) das residências, em garrafas de água mineral esterilizadas com álcool 70% e lavadas com a própria água da chuva.

Para a análise física da cor aparente foi utilizado o colorímetro polycontrol calibrado para 10 uC, 100 uC e 500 uC, para de turbidez foi usado o turbidímetro polycontrol, o pH das amostras foi determinado utilizando-se o Water Proof Multiparâmetros, as análises químicas de dureza total e cloretos totais, utilizou-se o método de titulação, e utilizando-se o método de fermentação em tubos múltiplos para determinar os coliformes totais e Termotolerantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a média e desvio padrão dos valores referentes às variáveis físico-químicas que foram realizadas nas amostras da água de chuva nos dois pontos de coleta.

Comparando a amostra do bairro do Marco (Ponto A) com a amostra do bairro do Curió-Utinga (Ponto B) observaram-se variações físico-químicas nas amostras, que se apresentaram semelhantes entre si, sendo por este motivo, escolhido ponto B, devido à facilidade de acesso. Porém, foi possível verificar que as mesmas estão em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011), com exceção da turbidez quando se leva em consideração o valor para filtro lento que é de 1 uT.

Tabela 1 - Média e Desvio padrão da análise físico-

Variáveis	Ponto A (Marco)	Ponto B (Curió-Utinga)
Dureza	20 ± 1,58 mg/L	12 ± 2 mg/L
Cloretos	0 mg/L	0 mg/L
Cor aparente	8 ± 2,4 uC	7 ± 1 uC
Turbidez	2,67 ± 1,35 uT	2,62 ± 1,30 uT.
pH	7,98 ± 0,74	7,52 ± 0,31

química das amostras de água de chuva do bairro do Marco e Curió-Utinga.

Comparando a amostra do bairro do Marco (ponto A) com a amostra do bairro do Curió-Utinga (ponto B) observaram-se variações físico-químicas nas amostras, que se apresentaram semelhantes entre si, sendo por este motivo, escolhido ponto B, devido a facilidade de acesso. Porém, foi possível verificar que as mesmas estão em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011), com exceção da turbidez quando se leva em consideração o valor para filtro lento que é de 1 uT.

Na Tabela 2 estão os valores médios e o desvio padrão das análises físico-químicas das amostras de água

de chuva de água bruta e água filtrada do sistema implantado no Ponto B (Curió-Utinga) e os padrões de potabilidade da Portaria 2.914 (BRASIL,2011).

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão da análise físico-química das amostras de água de chuva bruta, tratada e os padrões de potabilidade estabelecido pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011).

Variáveis	Água bruta	Água Filtrada	Portaria 2914
Dureza total	15 ± 1 mg/L	0 mg/L	500 mg/L
Cloretos totais	0 mg/L	0 mg/L	250 mg/L
Cor aparente	7 ± 0,7 uC	0 uC	15 uC
Turbidez	2,3 ± 1,54 uT	0,5 ± 0,7 uT	1 5 uT
pH	7,5 ± 0,36	7 ± 0,33	6 a 9,5

A análise da água bruta não teve grandes variações em relação às primeiras análises feitas para os parâmetros físico-químicos. No entanto, ao comparar os valores desta água com os da análise depois que a mesma passa pelo filtro, é possível verificar a eficiência do filtro de areia e carvão ativado.

A dureza foi reduzida de 15 mg/L para 0 mg/L, diminuição também encontrada no trabalho de Cipriano (2004), quando estudava a qualidade da água de chuva ao passar por filtros de areia e carvão ativado, fato que foi associado à capacidade de adsorção do carvão ativado.

Outro parâmetro que demonstra a eficiência do filtro é a cor aparente, que passou de uma média de 7 uC para 0 uC, fato ocorrido pela retenção de partículas e suspensão e dissolvidas, uma vez que as mesmas alteram a cor da água, além de conferir turbidez, odor e sabor à mesma, principalmente se forem partículas de matéria orgânica. Gonçalves (2012) encontrou redução de cor em 13 das 15 amostras, com valores variando de 0,26 a 20 uC na água filtrada, porém o filtro utilizado era somente de areia e não se enquadra na classificação de filtro lento e nem filtro rápido. Marrara (2005) apresentou em seu trabalho, com filtros lentos de areia e carvão ativado, uma eficiência 28,5% na redução de cor de efluente doméstico.

O valor de turbidez apresentado na água bruta teve decréscimo ao passar pelo filtro, passando de 2,35 uT para 0,5 uT, representando uma redução de 79%. Valor semelhante (0,46 e 0,5 uT) foi apresentado por Gonçalves (2012) ao analisar a água que passou por sistemas de aproveitamentos de águas pluviais na Ilha Grande e Ilha Murucutu, porção insulares do Município de Belém-PA; Cipriano (2004), utilizando filtro de areia e carvão ativado, apresentou redução de 1,8 uT para 0,56 uT.

A média do pH de 7,5 apresentado pela água bruta, também foi encontrada por Calheiros et al. (2014); Tordo (2004) quando estudavam as características de água meteorológicas em diferentes coberturas, resultado atribuído ao fato do telhado ser de fibrocimento. Porém ao passar pelo filtro de areia e carvão ativado o pH sofreu uma leve redução, resultado este parecido ao encontrado por Pizzolatti (2010) que foi de 6,48 ± 0,54 para água bruta e de 6,08 ± 0,49 para água filtrada. Assim, todos os valores obtidos na água filtrada ficaram de acordo com a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. A análise microbiológica da água tem seus resultados na Tabela 03.

Tabela 3 - Análises microbiológicas das amostras de água de chuva bruta e tratada

Etapa de Tratamento	Data da coleta (2014)	Amostras	Coliformes totais NMP/100 ml	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml
Água bruta	14/04	1 ^a	140	26
	20/04	2 ^a	26	14
	29/04	3 ^a	14	11
	13/05	4 ^a	14	7
	24/05	5 ^a	14	9
Água filtrada	14/04	1 ^a	9	4
	20/04	2 ^a	9	4
	29/04	3 ^a	4	2
	13/05	4 ^a	2	2
	24/05	5 ^a	Ausência	Ausência
Desinfecção	14/04	1 ^a	Ausência	Ausência
	20/04	2 ^a	Ausência	Ausência
	29/04	3 ^a	Ausência	Ausência
	13/05	4 ^a	Ausência	Ausência
	24/05	5 ^a	Ausência	Ausência

Os valores apresentados na análise de água bruta para coliformes totais e termotolerantes são semelhantes aos apresentados por outros autores (CALHEIROS et al., 2014; MOREIRA NETO et al., 2012). É importante salientar que os valores de ambos os parâmetros vão diminuindo com os dias, pelo fato do telhado ter sido lavado por chuvas anteriores aos dias de coletas das amostras, diferente da primeira coleta, que os dias anteriores à chuva foram sem eventos chuvosos, o que contribuiu para proliferação de bactérias no telhado.

Quando água bruta passa pelo filtro ela tem uma melhoria, diminuindo o número mais provável de bactérias. Entretanto, esta redução não é suficiente para alcançar o resultado esperado, mas é visível que com o passar dos dias elas vão diminuindo, até que na quinta amostra, alcança o resultado de ausência. Resultado este só possível pelo filtro ter alcançado a sua maturação, ou seja, a formação do biofilme. Portanto, valor considerado dentro do estipulado pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011).

O processo de desinfecção por raios ultravioleta foi eficiente na inativação das bactérias, em todas as amostras, tanto para coliforme totais como para coliformes termotolerantes. Resultado parecido com o encontrado por Wisbeck et al. (2011), avaliando o tratamento de água de chuva de duas regiões industrial de Joinville –SC por radiação ultravioleta, coletou água direta das coberturas e antes de passar por coberturas e colocou no reator ultravioleta e constatou a eficiência do tratamento, encontrando ausência de coliformes totais e termotolerantes. Matos (2014) obteve resultados semelhantes trabalhando com reator UV em um sistema urbano de captação e tratamento de água de chuva.

CONCLUSÃO

A utilização de água de chuva para uso potável é uma alternativa para pequenas comunidades ou onde a água canalizada não chega. Porém, é preciso fazer levantamento das atividades antrópicas desenvolvido na área, da qualidade da água de chuva, e do regime pluviométrico. Neste trabalho, as variáveis de qualidade da água de chuva coletada diretamente do telhado atenderam os valores preconizados para os parâmetros

físico-químicos com base na portaria 2.914 (BRASIL, 2011).

Nesta pesquisa experimental os resultados obtidos para a caracterização da água de chuva, para as variáveis pesquisadas, em locais diferentes da cidade, mostraram poucas variações o que possibilitou a escolha de um único ponto, entretanto, à qualidade à escolha de um único ponto, entretanto, a qualidade da água de chuva pode variar de um local a outro, portanto, além do uso, é importante determinar a qualidade da água bruta, a fim de escolher a melhor tecnologia de tratamento de água de chuva.

Neste estudo, optou-se pelo uso de filtro lento de areia e carvão ativado, que deu resultado satisfatório reduzindo as variáveis: dureza e cor aparente em 100%; a turbidez em 79%; o pH passou da média $7,5 \pm 0,36$ para $7 \pm 0,33$; a análise microbiológica apresentou redução gradativa do NMP/100 ml até alcançar a ausência de coliformes totais e termotolerantes em quatro semanas. Como o uso pré-determinado é o potável, utilizou-se o reator ultravioleta como tecnologia de desinfecção para aumentar a segurança da água, obtendo-se como resultado a ausência de coliformes totais e termotolerantes.

Portanto, indica-se o uso de filtro lento e carvão ativado seguido de reator UV para o tratamento de água de chuva. Contudo, é de fundamental importância que as variáveis turbidez e cor aparente estejam com valores baixos para que a radiação UV atinja as bactérias de maneira uniforme.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21 BRASILEIRA: **ações prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

ANA. Agência Nacional de Água. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: ANA/Engcorp/Cobrape, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Instituto de Nacional de Pesquisa Espacial - INPE. Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais. **O que é radiação UV?** Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em: 20 maio 2014.

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 República Federativa do Brasil], Brasília, 2011, Seção 1, do dia 26 seguinte, página 266.

BALOGH, T. S.; PEDRIALI, C. A.; BABY, A. R.; VELASCO, M. R.; KANEKO, T. M. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **An Bras Dermatol**, v. 86, n.4, p. 732-42, 2011.

CALHEIROS, H.C.; GOMES, M. R.; ESTRLLA, P. M.A. Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v. 9, n. 2, p. 337-346, 2014.

CIPRIANO, R. **tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 2004. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina.

DANIEL, L. A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**: Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 155 p.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais**. Curitiba: Chain, 2002. 167p.

FLEDDERJOHANN, J.; DOYLE, P.; CAMPBELL, O.; EBRAHIM, S.; BASU, S.; STUCKLER, D. What do Indian children drink when they do not receive water? Statistical analysis of water and alternative beverage consumption from the 2005–2006 Indian National Family Health Survey. **BMC Public Health**, v. 15, 2015.

GNADLINGER, J. Estratégias para uma Legalização Favorável à Captação e ao Manejo de Água de Chuva no Brasil. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: SBCMAC, 2005.

GIATTI, L. L.; CUTOLO, S. A. Acesso à água para consumo humano e aspectos de saúde pública na Amazônia Legal. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 1, p. 93-109, 2012.

GONÇALVES, C. C. **Aproveitamento de águas pluviais para abastecimento em área rural na Amazônia. Estudo de caso: ilhas Grande e Murutucú, Belém-PA**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v. 260, n. 1-3, p. 1–8, 2010.

MARRARA, D. A. F. **Filtração lenta em areia, manta não tecida e carvão ativado como pós-tratamento de efluentes domésticos e reuso**. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MATOS, M. R. U. **Avaliação de risco em sistemas de captação e tratamento de água de chuva na Região Metropolitana de Belém**. 2014. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto de

Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém.

MOREIRA NETO, R. F.; CALIJURI, M. L.; CARVALHO, I. C.; SANTIGO, A. F. Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efficiency and costs. **Resources Conservation and Recycling**, v. 65, p. 124 – 129, 2012.

NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; BELGIONO, V. Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. **Journal of Hydrology**, v. 498, p. 287 -291, 2013.

PIZZOLATTI, B. S. **Estudo de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem**. 2010. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RAHMAN, A.; KEANE, J.; IMTEAZ, M. A. Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 61, p. 16-21, 2012.

WAKED, A. H.; FRIGO, E. P.; HERMES, E.; POSSAN, E.; FRIGO, J. P.; FRIGO, J. P. Simulação de um sistema de armazenamento de água da chuva. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 1, p. 035-042, jan./fev. 2013.

WISBECK, E.; SANDRI, E. K.; SOARES, A. L. M.; MEDEIROS, S. H. W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. *Rev. Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, n.4, p. 337-342, out/dez 2011.

TARRAN, E. P. Desinfecção por luz ultravioleta. **Revista Água Latinoamérica**, n. 2, p. 28 – 35, 2002.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. 2004. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas e Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

VIEIRA, A. S.; WEEBER, M.; GHISI, E. Self-cleaning filtration: A novel concept for rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v.78, p. 67–73, 2013.