

Captação e tratamento de águas pluviométricas para fim potável

Ana Paula R. da Silva, Bruna A. Barbosa*, Camila R. de Lacerda, Lorena C. de Figueiredo, Raissa Fernanda S. Costa, Ricardo S. Coelho.

*brunna_barbosa@hotmail.com

Resumo

Em frente à atual crise hídrica, faz-se necessária a busca por métodos alternativos de obtenção de água; especialmente por água potável. Apesar de ser um dos continentes com maior disponibilidade de recursos hídricos, muitas das vezes estes são maus distribuídos, dificultando assim o abastecimento a determinadas regiões. A água pluviométrica é na maioria das vezes descartada, um recurso que, se melhor aproveitado poderia solucionar o problema de falta de água em algumas regiões. Sabe-se que a água de chuva, apesar de não apresentar um alto nível de contaminação, não é de um todo potável, requerendo assim um tratamento adequado. Utilizando de uma mini estação de tratamento composta por: peneira, tanque de sedimentação, filtro e reator UV, fez-se então o tratamento da água pluviométrica. Foram analisados os parâmetros de potabilidade, de acordo com aqueles estabelecidos pela legislação brasileira, da água antes e após o tratamento. Os resultados obtidos foram satisfatórios e o teste microbiológico não apresentou formação de colônias após o tratamento UV, caracterizando assim a potabilidade da água após o tratamento.

Introdução

A escassez atual de água promove a busca tanto por fontes alternativas, quanto por meios de tornar o uso racional. Isso é relevante não apenas para as regiões onde há muita seca, mas também para assegurar um fornecimento estável de água, que permita o aumento na demanda, a rápida urbanização e a mudança climática. Em algumas regiões semiáridas do mundo, a coleta de água da chuva tem sido promovida há muito tempo como uma tecnologia bastante útil, capaz de prover residências locais com água. Por exemplo, em

50% da área da Tanzânia, pessoas dependem completamente de água da chuva para sobreviver [1].

Apesar do grande volume de água encontrado no território nacional, o Brasil está enfrentando uma crise hídrica. Em 2014, várias cidades, principalmente na região sudeste do país, enfrentaram crises de abastecimento, sendo que várias cidades ainda não se recuperaram totalmente.

Em busca de soluções para esse problema, o uso da água pluviométrica se torna uma opção viável para fins domésticos e também para o consumo humano. Essa alternativa resultará na diminuição do uso de água fornecida pelas companhias de saneamento, dos custos com o uso de água potável e na redução dos riscos de enchentes e erosões em caso de chuvas intensas [2].

Couto (2012) e Kahinda *et al.* (2007) ressaltam em seus estudos que contaminantes químicos e/ou microbianos estão frequentemente presentes na água da chuva em nível que excede aos padrões internacionais. A qualidade da água coletada e armazenada depende das características da área considerada, tais como topografia, condições do tempo, proximidade com fontes de poluição, o tipo de área de coleta, o tipo de tanque utilizado e o tratamento e gestão da água. Isso leva a uma necessidade de tratamento, pois segundo a Organização Mundial de Saúde, cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade [2,3].

A eficiência e a viabilidade de sistemas de abastecimento à base de água da chuva têm sido estudados por vários autores, tais como Naddeo *et al.* (2012), Li *et al.* (2010), e Abdulla e Al-Shareef (2008).

Naddeo *et al.* (2012) realizaram um estudo que focou em um sistema inovador descentralizado para coletar e tratar água da chuva para fim potável, utilizando a fase de filtração, seguida por adsorção em carvão ativado granulado e desinfecção por UV. Os autores obtiveram bons resultados. Durante os experimentos, a turbidez teve uma eficiência de remoção de aproximadamente 99,9%, saindo de 25.88 NTU e indo para 0.42 NTU e a remoção de coliformes totais foi de 100%, partindo de 328 UFC/100mL e chegando a 0 UFC/100 mL. Porém eles dizem que mais estudos são necessários para se entender melhor a eficiência do processo com relação a determinados tipos de bactérias e poluentes químicos, e também para verificar custos e aplicabilidade em países em desenvolvimento [1].

Li *et al.* (2010) estudaram o tratamento de água da chuva e da água cinza, definida como qualquer água residual doméstica, excluindo-se o esgoto, para uso doméstico na Irlanda, utilizando filtração, cloração e pasteurização. O que motivou essa iniciativa foi a potencial escassez de água no país, visto que o consumo per capita é muito elevado. O autor cita que se o sistema for apropriadamente instalado e operado, 94% do atual fornecimento público de água pode ser substituído por água de chuva coletada e tratada [4].

Abdulla e Al-Shareef (2008) estudaram a construção de sistemas de coleta de água da chuva para uso doméstico na Jordânia, devido à escassez de água no país. Os resultados mostraram que o máximo de coleta obtido nas residências foi 15.5 Mm³/ano, o que foi equivalente a 5,6% do total de fornecimento de água para uso doméstico no ano de 2005. O potencial para a coleta de água varia dentre as diferentes áreas do país [5].

O dimensionamento de um sistema de coleta depende do consumo da residência ou estabelecimento, da oferta de chuva no local e dos aspectos econômicos e educacionais. Os dados de chuva podem ser encontrados em Instituições de Meteorologia, municipais ou estaduais, ou via internet [6].

O sistema de captação e tratamento da água desenvolvido no projeto em questão compreende as seguintes etapas: peneiramento, utilizando uma tela de nylon instalada na parte superior do tanque de armazenamento de água; sedimentação; filtração, através de um filtro de filtração reversa e desinfecção, utilizando a radiação UV.

O foco do presente trabalho é construir uma estação piloto para coletar e tratar água da chuva para fim potável. Todos os testes foram feitos usando amostras reais e a eficiência será

discutida em termos de pH, turbidez, sólidos dissolvidos e coliformes totais.

Metodologia

Foi construído um sistema de captação e tratamento de água, segundo o modelo mostrado na **Figura 1 e 2**, que opera em 3 bateladas: captação, filtração reversa e desinfecção UV, respectivamente.

Para a construção do sistema de captação de tratamento de água utilizaram-se uma tela de Nylon®, dois tanques com capacidade de 100 litros e 50 litros, uma bomba centrífuga com potência de 14 We três válvulas: uma válvula globo, uma válvula gaveta e uma válvula esfera.

O filtro foi construído utilizando-se um tubo PVC com 2,4 m de altura e um diâmetro interno de 0,15 m, com fluxo ascendente. No interior do filtro, colocou-se uma placa de algodão envolto à tela de Nylon® e adicionou-se uma camada espessa de areia e bolas de vidro maciço.

O dimensionamento do reator UV foi realizado para uma lâmpada UV de 30 cm de comprimento, 1,3 cm de diâmetro e potência de 15 W. Calculou-se a intensidade média da lâmpada através da potência dissipada pela área, como mostra a **Equação 1**.

$$I_o = \frac{P}{\pi \cdot H \cdot D_L} = \frac{15 \text{ cm}}{\pi \cdot 30 \text{ cm} \cdot 1,3 \text{ cm}} \cdot \frac{1000 \text{ mw}}{w}$$

$$I_o = 122,43 \frac{\text{mw}}{\text{cm}^2}$$

Equação 1: Intensidade média da lâmpada

À partir disso, analisou-se qual seria o comprimento da lâmina do fluido e a absorbância para esse comprimento, que foram $x = 4,2 \text{ cm}$ e $\alpha = 0,013 \text{ cm}^{-1}$, respectivamente. Com esses valores, calculou-se a intensidade de radiação média, como demonstrado na **Equação 2**.

$$I_M = \frac{I_o}{\alpha \cdot x} \cdot (1 - e^{-\alpha x})$$

$$I_M = \frac{122,43 \frac{\text{mw}}{\text{cm}^2}}{4,2 \text{ cm} \cdot 0,013 \text{ cm}^{-1}} \cdot (1 - e^{-0,013 \cdot 4,2})$$

$$I_M = 119,14 \frac{\text{mw}}{\text{cm}^2}$$

Equação 2: Intensidade de radiação média

Com a intensidade de radiação média da lâmpada, foi possível o cálculo do tempo de residência do reator (**Equação 3**) para a eliminação dos microrganismos. Utilizou-se a dosagem necessária para eliminação da *Escherichia coli*, uma vez que é a maior requerida ($6600 \frac{\text{mw} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2}$).

$$t_r = \frac{D_m}{I_M} = \frac{6600 \frac{\text{mw} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2}}{119,14 \frac{\text{mw}}{\text{cm}^2}} = 55,4 \text{ s}$$

Equação 3: Tempo de residência

Com o tempo de residência, pôde-se obter a vazão de água a ser tratada, demonstrada na **Equação 4**. Essa vazão de entrada foi controlada pela válvula gaveta, localizada entre o tanque 2 e o reator. Outra válvula, a esfera, foi inserida após a válvula gaveta, para permitir e restringir a passagem do fluxo.

$$V_{\text{entrada}} = \frac{\pi \cdot L_{\text{reator}}}{4 \cdot t_R} \cdot (D_c^2 - D_L^2)$$

$$V_{\text{entrada}} = \frac{\pi \cdot 30 \text{ cm}}{4 \cdot 55,4 \text{ s}} \cdot (5^2 \text{ cm}^2 - 1,6^2 \text{ cm}^2)$$

$$V_{\text{entrada}} = 0,57 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Equação 4: Vazão de entrada

Metodologia para captação de água

Neste sistema de tratamento, a água do telhado foi recolhida no tanque 1 e os sólidos grosseiros foram retidos na tela de Nylon® na entrada superior deste. Após 15 minutos de armazenamento, tempo necessário para a ocorrência da decantação, a água foi bombeada para o filtro de fluxo ascendente e, em seguida, para o tanque 2. Ao atingir a capacidade máxima do tanque, a válvula esfera foi aberta possibilitando a passagem da água a uma vazão de 0,57 L/min para o reator UV, onde ocorreu a

desinfecção desta. Ao término desse procedimento, realizaram-se os testes microbiológicos e a análise dos parâmetros físico-químicos para avaliar a qualidade dessa água tratada.

Metodologia de análise dos parâmetros físico-químicos

Para a análise dos parâmetros físico-químicos utilizou-se uma sonda multiparamétrica HORIBA® modelo U-50. Calibrou-se a sonda com uma solução tampão. Em seguida, coletaram-se 200 mL de água tratada e pressionou-se o botão “Meas”. Ao término da aferição, os dados físico-químicos foram disponibilizados na tela do equipamento. Para essa análise, avaliaram-se os seguintes parâmetros: pH, temperatura, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos.

Metodologia dos testes microbiológicos

A técnica utilizada para contagem dos microrganismos presentes nas amostras foi a “spread-plate” (espalhamento em superfície), que consiste em diluições seriadas, plaqueamento e incubação por tempo e temperatura adequados. Colheram-se amostras antes e após o tratamento da água, com o intuito de comparar o desenvolvimento microbiológico.

Com uma pipeta, retirou-se 1 mL de amostra e adicionou-o em um tubo que continha 9 mL de água. À partir dessa amostra, repetiu-se o procedimento anterior, retirando-se 1 mL e adicionando-o em outro tubo contendo 9 mL. O procedimento foi repetido 10 vezes, gerando no total 10 amostras para cada análise feita. Em seguida, retirou-se de cada amostra 0,1 mL e adicionou-o em várias placas de Petri contendo ágar como meio de cultura. Utilizando-se uma alça de Drigalski, espalhou-se a amostra por todo o recipiente e deixou-a por 24 horas em repouso, em condições adequadas para os microrganismos se desenvolverem em colônias.

Após obter todos os resultados, estes foram comparados aos valores exigidos pela legislação.

Resultados e Discussão

Os parâmetros característicos da água potável e os respectivos valores máximos permitidos pela legislação brasileira estão dispostos na **Tabela 1**.

Parâmetros Físico-Químicos

Os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos, antes e após o tratamento da água de chuva, encontram-se nas **Tabelas 2 e 3**, respectivamente.

Então, de acordo com essas tabelas, percebe-se que o valor do pH antes e depois do tratamento estão na faixa recomendada (de 6 a 9,5). Quanto à turbidez, que indica a presença de matéria em suspensão na água, os valores reduziram-se consideravelmente após o tratamento, estando de acordo com o padrão de potabilidade vigente, ou seja, inferior a 5. Já em relação aos valores de sólidos totais dissolvidos, que corresponde aos compostos inorgânicos e compostos orgânicos dissolvidos, os resultados obtidos após o tratamento também obedeceram à legislação, que estabelece que o limite deste parâmetro deve ser de 1 g/L.

Desta forma, é demonstrado que a água tratada respeita os limites dos parâmetros físico-químicos legislados para que a água seja considerada potável.

Parâmetros Microbiológicos

Seguindo os procedimentos mencionados pela metodologia, os testes microbiológicos foram realizados e os resultados obtidos encontram-se dispostos na **Tabela 4**.

Como determinado pela legislação brasileira, na **Tabela 1**, a quantidade máxima permitida de unidades formadoras de colônia, para os coliformes totais observados, precisa estar quantificada entre 100 e 5000 ufc/100 mL da amostra para que esta possa ser caracterizada

como água potável, ou seja, valores que ultrapasassem esta faixa estariam fora dos padrões de potabilidade. Deste modo, os resultados alcançados nesse teste mostraram que o tratamento com radiação UV utilizado foi capaz de eliminar 100% dos microrganismos que estavam presentes na água. Demonstrando assim a eficiência da desinfecção oferecida pelo reator UV da estação de tratamento.

Além desses resultados quantitativos, pode-se facilmente observar também que qualitativamente, pela **Figura** , há eliminação total dos microrganismos pelo reator UV.

Esta eficiente desinfecção pelo reator UV, deve-se ao fato de que a energia ultravioleta da lâmpada de 15W, confinada neste, rompeu o DNA dos coliformes presentes na água de chuva, interrompendo desta forma seu crescimento biológico. E devido ao fato da lâmina de água que atravessou o reator possuir baixa vazão (0,5 L/min) foi aumentado o tempo de exposição destes microrganismos à radiação.

Conclusão

O sistema de tratamento da água de chuva mostrou-se eficiente e dentro dos valores de potabilidade exigidos pela legislação, o que confirma o potencial do equipamento em ser utilizado em residências. Por exemplo, os pHs das amostras permaneceram dentro do intervalo

entre 7,0 e 7,2 não havendo necessidade de correção. A turbidez após o tratamento ficou dentro do intervalo de 1,3 a 4,5, mostrando que o equipamento de filtração reversa conseguiu um desempenho satisfatório na remoção de 97% dos sólidos suspensos, atendendo aos parâmetros de potabilidade. Os sólidos dissolvidos e oxigênio dissolvido já apresentavam valores dentro dos exigidos mesmo antes do tratamento, não sofrendo nenhuma alteração devido ao tratamento. O reator de desinfecção UV, operando na vazão de 0,5 L/min (tempo de residência de 55,4 s), apresentou elevada eficiência, reduzindo em 99,99% os microrganismos presentes. Mesmo com a operação em baixa vazão, o equipamento pode atender facilmente uma residência comum, uma vez que pode-se tratar em 8 horas o equivalente a 2,4 m³, valor bem superior ao consumo médio residencial (0,8 m³).

Referências

- [1] NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; BELGIOMO, V. **Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment**. *Elsevier: Journal of Hydrology*. v.498. p 287-291. Fisciano, 2013.
- [2] COUTO, V. B. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o ginásio de esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina (UNESC) em Joinville**. Joinville: 2012. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/TCC_VanessaBaccaCouto.pdf>. Acesso em: 19 de novembro de 2015.
- [3] KAHINDA, J. M.; TAIGBENU, A. E.; BOROTO, J. R. **Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa**. *Elsevier: Journal of Physics and Chemistry of the Earth*. v.32. p 1050-1057. Pretoria, 2007.
- [4] LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. **Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland**. *Elsevier: The International Journal on the Science and Technology of Desalting and Water Purification*. v.260. p 1-8. Dublin, 2010.
- [5] ABDULLA, F. A.; AL-SHAREEF, A. W. **Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan**. *Elsevier: The International Journal on the Science and Technology of Desalting and Water Purification*. v.243. p 195-207. Jordan, 2009.
- [6] FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas**. 1.ed. Curitiba: Editora Chain, 2002, 167p.
- [7] CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União nº 053**. p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 02 de outubro de 2015.
- [8] OFUGI, P. M. **Contagem de microrganismos através das técnicas spread-plate e pour-plate**. Cuiabá, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA2WIAI/contagem-microorganismos-atraves-das-tecnicas-spread-plate-pour-plate>>. Acesso em 08 de novembro de 2015.
- [9] BRASIL. **Portaria nº 2.914** de 12 de dezembro de 2011.

Captação e tratamento de águas pluviométricas para fim potável

Ana Paula R. da Silva, Bruna A. Barbosa*, Camila R. de Lacerda, Lorena C. de Figueiredo, Raissa Fernanda S. Costa, Ricardo S. Coelho.

*brunna_barbosa@hotmail.com

LISTA DE FIGURAS

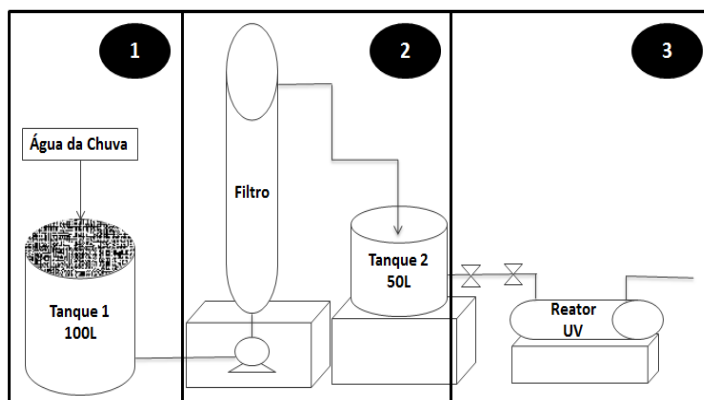


Figura 1: Esquema do sistema de captação e tratamento de águas pluviométricas para fim potável - Planta



Figura 2: Esquema do sistema de captação e tratamento de águas pluviométricas para fim potável

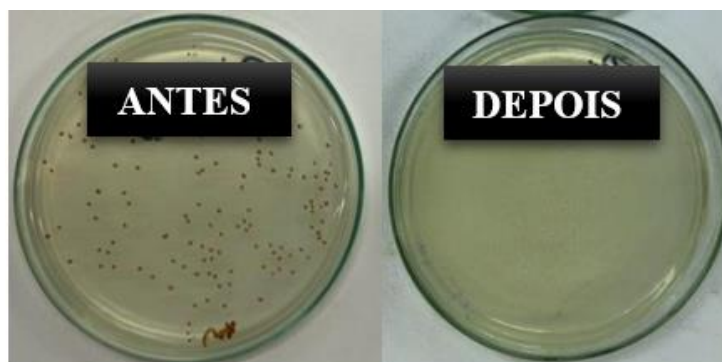


Figura 3: Amostras analisadas pelo teste de quantificação do número mais provável de coliformes totais presentes antes e depois do tratamento de desinfecção UV.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização de água potável estabelecidos pela Legislação [9].

PARÂMETRO	ANTES DO TRATAMENTO
Temperatura (°C)	-
Ph	6 a 9,5
Potencial de oxi-redução	-
Condutividade(mS/cm)	-
Turbidez (NTU)	<5,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	<1
Coliformes totais (UFC/100 mL)	100 a 5000

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos de cinco amostras de água de chuva coletadas antes do tratamento.

PARÂMETRO	Amostras antes do tratamento				
	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	23,2	23,2	23,2	22,8	23,2
pH	7,6	7,2	6,8	7,0	6,9
Potencial de oxi-redução	260	274	282	273	278

Condutividade (mS/cm)	0,05	0,07	0,09	0,05	0,03
Turbidez (NTU)	20,6	4,7	50,4	41,6	17,5
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,00	7,78	7,54	7,56	7,33
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	0,03	0,04	0,06	0,05	0,06

Tabela3: Parâmetros físico-químicos de cinco amostras da água de chuva coletadas após o tratamento.

PARÂMETRO	Amostras após o tratamento				
	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	24,3	24,3	24,3	24,3	24,4
pH	7,2	7,1	7,0	7,2	7,2
Potencial de oxi-redução	264	264	259	262	270
Condutividade (mS/cm)	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
Turbidez (NTU)	4,5	4,5	1,4	1,5	1,3
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,49	7,49	7,37	7,30	7,24
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03

Tabela 4: Resultados dos testes microbiológicos.

DILUIÇÃO	NÃO TRATADA (UFC/100 ML)	TRATADA (UFC/100 ML)
1x10⁻¹	-	-
1x10⁻²	-	-
10⁻³	1,35x10⁸	0
10⁻⁴	1,0x10⁹	0
10⁻⁵	0	0
10⁻⁶	0	0

10^{-7}	0	0
10^{-8}	0	0
10^{-9}	0	0