

ESTUDO DO CARVÃO ATIVADO DO MESOCARPO DO COCO (*Cocos nucifera* L.) E DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NO TRATAMENTO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Rosilene Gomes Nascimento (*), Alex da Silva Santos, Gesivaldo Jesus Alves de Figueiredo, Hélder Cavalcante Nascimento, Maria Deise das Dores Costa Duarte,

* Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba, silenergn@gmail.com.

RESUMO

O crescimento populacional confuso e sem planejamento surte efeitos negativos em serviços básicos como a distribuição e tratamento de água. Diversas comunidades como no caso da comunidade quilombola em Gurugi I na região do Conde - PB apresenta esse problema de não tratamento da água para consumo humano, fornecendo água à população fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914/2011, do Ministério da Saúde. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do carvão ativado a partir do mesocarpo do coco (*Cocos nucifera* L.) e da radiação ultravioleta, na remoção ou redução de possíveis agentes contaminantes presentes na água consumida pela comunidade de Gurugi I (Conde - PB). A metodologia do trabalho baseou-se em testes de desinfecção da água, a partir de um sistema de radiação UV, e de adsorção de agentes contaminantes, com carvão ativado. E, posteriormente, de análises bacteriológicas para avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento da água. O sistema em escala experimental trouxe resultados positivos em relação a sua eficiência, mostrando uma redução potencial da densidade bacteriológica e garantindo resultados satisfatórios que externem seu uso em escala real. Ressalta-se que o desenvolvimento e aplicação de um sistema de tratamento da água, a partir do carvão ativado e da radiação ultravioleta, na remoção ou redução dos agentes contaminantes trarão melhorias nas condições de vida da comunidade de forma direta e indireta.

PALAVRAS-CHAVE:

tratamento de água, desinfecção, carvão ativado, ultravioleta, potabilidade

INTRODUÇÃO

Na medida em que crescem as populações, cresce também a necessidade de demanda na oferta de água para humanidade. E associado a outros fatores relevantes, destacam-se os cuidados com o manejo sustentável dos recursos naturais e a garantia da qualidade de vida. E nesse contexto, uma das maiores preocupações está em assegurar a oferta de água de qualidade pelo simples fato de ser uma substância essencial à vida de todos os seres vivos. No contexto presente nas comunidades rurais, o desenvolvimento de conhecimentos e procedimentos que contribuem no melhoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano é imprescindível.

Na maioria dessas comunidades, as águas de consumo doméstico não são monitoradas quanto aos aspectos físico-químicos e bacteriológicos e, portanto, não recebem nenhum tipo de tratamento. E, sendo assim, por não disporem de água tratada para consumo humano, se sujeita a consumir água que não é avaliada e monitorada quanto aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria n° 2.914/2011, legislação vigente do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo.

Tal realidade é vivenciada na comunidade de Gurugi I, localizada na zona rural da cidade de Conde - PB. Trata-se de uma comunidade de descendência quilombola, que está representada por aproximadamente 300 a 350 habitantes, onde a maioria apresenta baixa renda. Ela é desprovida de diversos serviços públicos essenciais, a exemplo do saneamento básico e distribuição de água tratada. Para suprir a demanda de água da comunidade, as lideranças comunitárias e moradores locais construíram, a cerca de dez anos, um poço artesianos, com aproximadamente 120 metros de profundidade. A água desse poço, sem passar por nenhum processo de tratamento para correção e desinfecção, ou seja, na forma in natura, abastece três reservatórios da localidade, os quais abastecem às residências da comunidade.

Diante dessa situação e tendo em vista que as águas de consumo doméstico, na maior parte das comunidades rurais, não recebem nenhum tipo de tratamento e não são monitoradas quanto aos aspectos físico-químicos e bacteriológicos, o monitoramento da qualidade da água e seu tratamento prévio são de fundamental importância para o consumo humano, pois atribui à água parâmetros avaliativos de qualidade de vida que

assegura sua potabilidade. Por isso, é de fundamental importância à realização de estudos com ênfase nesses temas.

Nesse contexto, surge a necessidade de avaliar a qualidade da água consumida pela comunidade de Gurugi I e desenvolver e aplicar tecnologias alternativas para seu tratamento, que possam adequar sua qualidade aos padrões de potabilidade, estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Assim, o presente projeto visa avaliar a eficiência do carvão ativado a partir do mesocarpo do coco (*Cocos nucifera* L.) e da radiação ultravioleta, na remoção ou redução de possíveis agentes contaminantes presentes na água consumida pela comunidade de Gurugi I (Conde - PB).

METODOLOGIA UTILIZADA

Previamente aos testes com o carvão ativado e a radiação ultravioleta, foram levantados dados sobre a qualidade microbiológica e físico-química da água de três reservatórios que abastecem a comunidade de Gurugi I, observando os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Tais informações foram sendo comparadas com alguns dados resultantes das análises bacteriológicas pós-utilização do carvão ativado e da radiação ultravioleta, para avaliar suas eficiências nos processos de filtração e desinfecção da água, respectivamente.

Para avaliação bacteriológica foi feita a determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), através da técnica dos tubos múltiplos e os resultados expressos em Número Mais Provável (NMP) por 100ml de amostra (APHA, 1998; FUNASA, 2013). Também foi realizada a contagem padrão de bactérias heterotróficas da água para avaliar a integridade do sistema de distribuição (reservatórios), utilizando os métodos de plaqueamento em superfície (*Spread Plate*) e profundidade (*Pour Plate*).

A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914/2011 estabelece que para garantir a potabilidade da água para o consumo humano é necessário que seja verificada, a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, bem como feita a contagem de bactérias heterotróficas.

ATIVÇÃO DO CARVÃO

Para preparação do carvão ativado, foram utilizadas como matéria prima de partida fibras de celulose do mesocarpo do coco (*Cocos nucifera* L.), coletado na comunidade Gurugi I e áreas adjacentes. Inicialmente, esse material foi separado do seu endocarpo e as fibras do mesocarpo foram desmembradas, e colocadas para secagem para eliminar a umidade da mesma.

Em seguida, o material foi conduzido ao laboratório de Carvão Ativado da Universidade Federal da Paraíba, onde foi realizada a produção do carvão ativado, através da carbonização do material de partida e da ativação do produto carbonizado.

A técnica utilizada para obtenção do carvão consistiu na ativação química, onde a carbonização e a ativação foram realizadas em uma única etapa, através da decomposição térmica do material bruto impregnado com ácido fosfórico (H_3PO_4) e água destilada, a uma temperatura entre 673 e 873 K. Em seguida, o material foi resfriado e passou pelo processo de lavagem sob fervura, para retirada do excesso do ácido. Foi realizada a secagem em estufa e o peneiramento, para obter maior área superficial do material. Posteriormente, foi efetuada a secagem, em uma estufa, sob temperatura de 120°C, durante 4 horas. Diante do material preparado a coluna de filtração foi montada.

MONTAGEM DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO EM COLUNA

A pesquisa apropriou-se do processo de adsorção em coluna (Thomas, 1948), utilizando como adsorvente o carvão ativado do mesocarpo do coco. Para tanto, o procedimento experimental, na escala de laboratório, contou com a técnica de adsorção em coluna com fluxo contínuo, através da montagem de um sistema de filtração. Nesse sistema a água entra por baixo no tubo (coluna) com uma vazão definida em 1,2 litro/hora, sobe passando por materiais não adsorventes (camada de brita, cascalho fino e areia) e adsorventes (camada de carvão ativado do mesocarpo do coco) até chegar à parte superior e, antes de transbordar sai pela conexão lateral da coluna.

Para avaliar o sistema de filtração da água com carvão ativado, amostras de água serão coletadas na saída da coluna, em intervalos de tempo pré-estabelecidos, e a densidade de bactérias será avaliada em intervalos de 10 minutos em 10 minutos até completar 1 hora de fluxo. A Figura 1 abaixo mostra a montagem do sistema do filtro em coluna com carvão ativado.



Figura 1. Protótipo do sistema de filtro em coluna com carvão ativado. Autor do Trabalho.

Resultados preliminares mostraram que a água coletada após a passagem pelo filtro em coluna apresentou resíduos, de partículas de areia e carvão sendo que a água bruta não apresentava tais resíduos, necessitando de nova estratégia de análise.

Assim, optou-se por efetuar, adicionalmente, o teste de adsorção por sistema de batelada, com o carvão ativado, para verificação da eficiência do mesmo. Esse teste visa examinar a retenção (adsorção) de substâncias contaminantes na superfície do adsorvente (carvão ativado).

TESTE DE ADSORÇÃO, COM CARVÃO ATIVADO, POR SISTEMA DE BATELADA

O procedimento consiste em pesar 1,5g de carvão ativado, adicionar 50 ml de água bruta e a mistura é colocada sob agitação em Incubadora Shaker, com rotação de 200 rpm, à 25° C, por 1 hora. Transcorrido esse tempo, a mistura é filtrada em Papel Filtro Quantitativo Faixa Branca JP40. A amostra foi trabalhada em triplicata.

A partir desse material foi realizada a análise da densidade de bactérias heterotróficas e as do grupo dos coliformes.

DESINFECÇÃO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV):

O sistema de desinfecção consiste de uma estrutura tubular de PVC (reservatório de fluido), através da qual a água a ser tratada passará. No interior dessa estrutura está disposto um conjunto de 01 lâmpada ultravioleta (UV), isoladas eletricamente, onde apenas o corpo tubular da lâmpada fica em contato com a água.

Quando acoplada dentro do reservatório, esse sistema permite que os raios UV emitidos pela lâmpada sejam direcionados, exclusivamente, para o interior do reservatório e a água ao ser conduzida pelo meio, deslize suavemente e lentamente através desse compartimento. Tal condição possibilita ausência de turbilhonamento da água uniformizando a distribuição de radiação prolongando o tempo de exposição aos raios UV da lâmpada.

Após a montagem desse sistema de desinfecção, foram realizados testes experimentais para avaliar sua eficiência na eliminação de bactérias presentes na água. Para isso, foram coletadas amostras de água na saída do sistema, em intervalos de fluxo pré-estabelecidos para cada tempo em questão.

RESULTADOS

O levantamento de dados referentes à qualidade microbiológica e físico-química da água dos três reservatórios que abastecem a comunidade Gurugi I, antes dos testes utilizando o carvão ativado e a radiação ultravioleta, demonstrou alterações nos padrões bacteriológicos, quanto à presença de bactérias coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*), bem como níveis acima do valor máximo permitido (VMP) da densidade de bactérias heterotróficas. Esses dados corroboraram a necessidade da utilização de meios de tratamento da água consumida pela comunidade, através da utilização de mecanismos que promovam a filtração e/ou desinfecção da mesma.

De acordo com o que determina a Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, para garantir a Potabilidade da água para o consumo humano é necessária a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, bem como a contagem de bactérias heterotróficas não deve ultrapassar o limite de 500 UFC/ml.

As informações relacionadas aos parâmetros físico-químicos, os dados obtidos se adequam aos valores máximos permitidos pela Portaria Nº 2.914/2011.

TESTE DE ADSORÇÃO, COM CARVÃO ATIVADO

Em relação ao carvão ativado, a partir do mesocarpo do coco, foi obtido um carvão de boa qualidade e foi feita a montagem do sistema de filtração em coluna com fluxo contínuo. Entretanto, os resultados preliminares desse sistema mostraram que a água coletada após a passagem pelo filtro apresentou resíduos (partículas de areia e carvão), havendo a necessidade de utilizar a técnica de adsorção por sistema de batelada.

Os resultados médios da adsorção por sistema de batelada demonstraram uma redução da densidade de bactérias heterotróficas, entre a amostra bruta e as amostras analisadas pós-teste, tanto pelo método de plaqueamento *pour plate* quanto *spread plate*, conforme demonstrado tabela abaixo:

Tabela 1.

	Método Pour Plate (PP)	Método Spread Plate (SP)
	(UFC/ml)	(UFC/ml)
Amostra Bruta	80,3	47,3
Batelada	04	1,33

DESINFECÇÃO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV)

A partir do sistema de desinfecção por UV, foram realizados testes experimentais para avaliar sua eficiência na eliminação de bactérias presentes na água. Para isso, foram coletadas amostras de água na saída do sistema, em intervalos de fluxo pré-estabelecidos para cada tempo em questão.

A **Figura 2** a seguir mostra o sistema que foi montado utilizando lâmpada ultravioleta, para desinfecção da água.



Figura 2. Protótipo do sistema de desinfecção por radiação UV

A eficiência do sistema de desinfecção foi realizada através de avaliação da densidade bacteriana nas amostras de água, comparando o desenvolvimento bacteriano na amostra inicial em relação à água coletada pós-testes, onde se utilizou quatro vazões diferentes.

As análises demonstraram uma redução da densidade de bactérias heterotróficas, conforme pode ser observado nos resultados abaixo.

Tabela 2. Resultados da quantificação de bactérias heterotróficas mesófilas da água, antes (amostra bruta) e após testes no sistema de desinfecção por radiação UV.

	Tempo de Vazão (ml/min.)	Método Pour Plate (PP)	Método Spread Plate (SP)
		(UFC/ml)	(UFC/ml)
Amostra Bruta	-	> 500	> 500
Teste 1	20	1.33	0.67
Teste 2	10.7	0.67	0.67
Teste 3	6.6	0.67	0.67
Teste 4	4.7	0.67	0.67

Os resultados evidenciam que o sistema de desinfecção por UV, no procedimento experimental em escala de laboratório, apresentou bom desempenho. Houve uma redução significativa na densidade de bactérias heterotróficas presentes na água analisada, entre a amostra inicial e as amostras obtidas nos quatro testes.

No entanto, ressalta-se que os testes foram realizados a nível experimental e os tempos de vazão utilizados estão sendo redimensionados, para que o sistema funcione numa maior vazão e assim possa ser aplicado em campo.

Assim, o sistema de desinfecção por UV foi reformulado para uma nova configuração, através do acréscimo de mais três lâmpadas UV, conforme é mostrado na **Figura 3**. A partir desse novo sistema pretende-se obter uma desinfecção de um maior volume de água, de forma mais rápida e eficiente.



Figura 3. Protótipo do sistema de desinfecção por radiação UV. Autor do Trabalho.

Os testes no sistema anterior mostraram uma vazão de 20ml/min., o que corresponde a passagem de 1,2 L de água, em uma hora, através do sistema. Assim, se compararmos a vazão desse sistema inicial, com a vazão da tubulação de um sistema de distribuição de água convencional, este apresenta uma vazão bastante lenta. Tal limitação foi corrigida com a nova configuração do sistema de desinfecção, no qual se obteve uma vazão, no mínimo, 4 vezes mais rápida.

A melhor eficiência desse novo sistema de desinfecção por UV pode ser observado a partir dos resultados demonstrados na tabela 3, onde observa-se uma redução da densidade de bactérias heterotróficas.

Tabela 3. Resultados da quantificação de bactérias heterotróficas mesófilas da água, antes (amostra bruta) e após testes no sistema 2 de desinfecção por radiação UV.

	Tempo de Vazão (ml/min.)	Método Pour Plate (PP)	Método Spread Plate (SP)
		(UFC/ml)	(UFC/ml)
Amostra Bruta	-	80.3	47.3
Teste 1	2000	13	4.3
Teste 2	2000	1.3	0.67

No teste de tubos múltiplos, para determinação de bactérias do grupo coliforme na água, tanto no teste de adsorção com carvão ativado, quanto no sistema de desinfecção por UV, não foi constatada a contaminação por esse grupo de bactérias. Nesse sentido, para a análise de coliforme, a água consumida pela comunidade enquadrou no recomendado pela Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde, a qual diz que uma água destinada ao consumo humano deve apresentar ausência de coliformes totais e termotolerantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os sistemas de filtração por carvão ativado e desinfecção por UV já tenham mostrado eficiência na redução da densidade bacteriana, mesmo testados separadamente, indica-se a necessidade de acoplá-los num único dispositivo que sirva para purificação da água e completa eliminação dos contaminantes.

Ressalta-se que o desenvolvimento e aplicação de um sistema de tratamento da água, a partir do carvão ativado e da radiação ultravioleta, na remoção ou redução de possíveis agentes contaminantes, trará melhorias nas condições de vida da comunidade Gurugi I, de forma direta e indireta, bem como de outras comunidades que apresentem situação semelhante em relação à qualidade da água destinada ao consumo. Uma vez que tais comunidades passarão a dispor de uma água que se adéqua aos padrões de potabilidade, estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **Standart Methods for the Examination of Water and wastewater. 20th ed. Washington D.C.:** American Public Health Association, 1998, 1600p.
2. BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4ª ed. - Brasília: FUNASA, 2013. 150 p.
3. 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.** Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/Gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso 15 de agosto de 2016.
4. Harm, W. 1980. **Biological effects of ultraviolet radiation**, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
5. THOMAS, H. G. Chromatography: a **problem in kinetic**. Annals of the New York Academy of Sciences, vol.49, p.161–182, 1948.
6. Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications, Tatiana N. Koutchma, Larry J. Forney, and Carmen I. Moraru (2009).