

TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO, UTILIZANDO FILTRO COMPOSTO DE CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE ENDOCARPO DE COCO, BORRACHA DE PNEU E CAROÇOS DE AÇAÍ

Daniel Felipe Lima de Sousa (*), José Claudio Ferreira dos Reis Junior², Caio Augusto Nogueira Rodrigues³

*Universidade Federal do Oeste do Pará – danfelsousa@hotmail.com

RESUMO

Estudar a eficiência de remoção do teor de ferro em águas de abastecimento público utilizando filtros composto de Carvão Ativado (CA) produzido a partir da utilização de borracha de pneu e endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) e caroços de açaí. A pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas, a primeira de definição da matéria prima do carvão, a segunda de produção de carvão ativado, a terceira de produção de protótipo de filtro, a quarta de execução dos testes e análises laboratoriais e a quinta de sistematização e análise dos dados. Os resultados obtidos foram satisfatórios, se comparados aos padrões estabelecidos pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade para consumo humano. O filtro F2 (CA de pneu) apresentou 99,97% de remoção de ferro total, o filtro F3 (CA de endocarpo de coco) teve 97,71% de remoção, e o F1 (CA de caroços de açaí, pneu e coco) apresentou 86,24% de remoção do parâmetro. Em relação aos demais parâmetros, não foi observado nenhuma alteração importante. Dessa forma pôde-se constatar que a utilização dos carvões ativado estudados, demonstraram-se eficaz no objetivo principal deste trabalho que foi a remoção do teor de ferro em águas para abastecimento público.

PALAVRAS-CHAVE: Carvão ativado, tratamento de água, ferro total.

INTRODUÇÃO

A água tem influência direta sobre a saúde, à qualidade de vida e desenvolvimento do ser humano. É um dos elementos indispensáveis à sobrevivência, sendo uma das principais substâncias ingerida pelo ser humano. A água doce corresponde a 1% de toda a água do planeta e, em seu estado natural, representa um dos componentes mais puro, porém, esta característica vem se alterando com o passar dos anos (CUBAS, 2010).

Apesar de ser indispensável ao organismo, a água pode conter compostos inorgânicos e orgânicos que são prejudiciais à saúde humana, se não forem eliminados ou sua concentração reduzida. A maioria desses compostos aparece na água, ou seja, nos mananciais em decorrência da atividade industriais e domésticas (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

O tratamento de água para o abastecimento público é um conjunto de processos e operações com o objetivo de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, visando o consumo humano (FERNANDES, 2014). O abastecimento de água para consumo humano pode utilizar diversos tipos de mananciais para captação de água (FUNASA, 2006), sendo que as águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração.

De acordo com Tsutyia (2006), a água subterrânea representa aproximadamente 95% das reservas de água doce disponível no planeta, no entanto a mesma pode apresentar quantidade elevada de substâncias químicas como o ferro. O ferro é um dos metais mais abundantes do planeta terra ficando atrás apenas do alumínio, sendo este encontrado com maior frequência nas águas subterrâneas (RICHTER; AZEVEDO NETO, 2011). A presença do teor elevado de ferro configura-se como o problema quando interfere na qualidade da água, dessa forma acaba por limitar a sua utilização.

Como solução ao problema, a adsorção em carvão ativado tem sido usada como uma etapa complementar ao tratamento de água convencional, para remoção de substâncias causadoras de cor, odor e sabor (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Para Madeira (2003), o processo mais efetivo para remoção de compostos de ferro e manganês solúveis é a oxidação e posterior filtração. A oxidação pode ser realizada por processo de aeração ou de cloração. A filtração pode ser realizada por um filtro de areia e/ou carvão.

Justifica-se este estudo pela relevância de se obter soluções práticas frente à problemática do elevado teor de ferro na fonte de abastecimento alternativa da escola Francisca das Chagas. O objetivo de estudo desta pesquisa foi a estação piloto de tratamento de água presente na escola, composta por aerador de tabuleiro, seguido de filtro e cloração de água, servindo como base de estudo para outros trabalhos como de Filho e Filho (2017). Desta forma este trabalho propôs a construção de protótipos de filtro para acompanhar a viabilidade da utilização de carvão ativado a partir da utilização de raspas de pneu, endocarpo de coco e caroços de açaí, como opções de meios filtrantes.

OBJETIVO

Estudar a eficiência de remoção do teor de ferro em águas subterrâneas de abastecimento público utilizando filtro composto de carvão ativado produzido a partir da utilização de borracha de pneu, endocarpo de coco (*cocos nucifera*) e caroço de açaí.

METODOLOGIA

O Trabalho foi desenvolvido na área da Escola Municipal de Ensino Fundamental Francisca das Chagas, localizada na comunidade de Urumanduba, situada na região do Planalto, a cerca de nove quilômetros da área central de Santarém, com acesso pela Rodovia PA 370 - Km 08, conforme apresentada na figura 1.

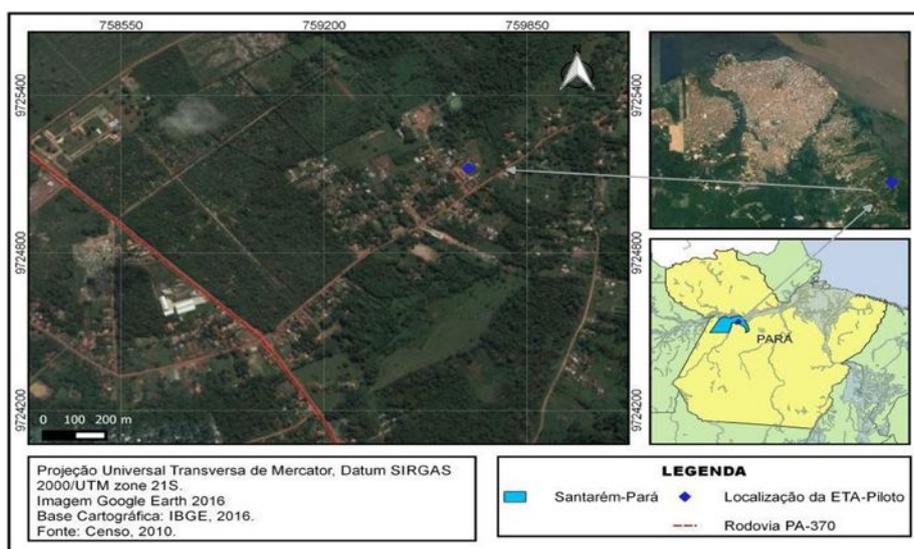


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Fonte: Rêgo Filho e Freitas Filho (2017)

A escolha deste local foi devido à presença de elevada concentração de ferro (maior que 3mg/L), na água para abastecimento e pela presença de uma estação piloto de tratamento de água instalada a partir da realização de outros estudos como o de Rêgo Filho e Freitas Filho (2017). A estação piloto de tratamento de água presente na escola é composta por aerador tipo tabuleiro, conjunto de leito de contato simples de fluxo ascendente, e dois filtros rápidos de fluxo descendente, compostos de carvão ativado e zeólita, respectivamente.

Para a definição da matéria prima foi realizado levantamento bibliográfico sobre metodologias utilizadas para produção de carvão ativado, levando em conta o retorno sustentável e a viabilidade de utilização de matéria prima abundante da região.

Os carvões ativados foram produzidos com metodologias distintas. Para a fabricação do carvão ativado de pneu foi utilizado raspas da banda de rodagem de pneus inservíveis de carros de passeio. A referida parte do pneu foi escolhida por não apresentar inconvenientes para o reaproveitamento, como a presença de fibras de aço misturadas à borracha. Após retirar as raspas de borracha, as mesmas foram lavadas com água corrente para eliminar resíduos e impurezas presentes no pneu. Em seguida foram submetidas ao processo de secagem, realizada em temperatura ambiente por período de 24 horas. O processo de produção do CA consistiu em adicionar 50 g de borracha de pneu em mufla com controle digital de temperatura. As condições da etapa de carbonização foram fixadas em temperatura de 500°C e tempo de reação de 60 minutos.

Para fabricação do carvão ativado do coco foram seguidos alguns passos. O resíduo sólido do fruto do coco (endocarpo) foi coletado de rejeitos de estabelecimentos do comércio local, da cidade de Santarém-PA. Após a coleta toda a casca do coco foi retirada, mantendo-se apenas a parte central. Em seguida foram lavados com água corrente para eliminar resíduos e impurezas que podem estar presos no material, e para retirada total da poupa do fruto. Após a lavagem o material foi submetido ao processo de secagem, realizado em temperatura ambiente no período de 48 horas. Em seguida o material foi triturado com a utilização de martelo e utilizado em pedaços menores. Esses pedaços foram levados para a mufla para ser realizado aquecimento térmico com temperatura de 50°C por 2 horas e posteriormente passarem pelo processo de carbonização, com temperatura fixada em 500°C por 30 minutos.

Além dos dois tipos de CA foi produzido um protótipo de filtros para realizar a análise da eficiência do carvão. O protótipo foi construído usando três tubos PVC de 100 mm e 30 cm de comprimento, registros de esfera, tela de polietileno, tampa para tubo de 100 mm e camadas filtrantes contendo areia fina, média e grossa, que foram lavadas e secas em temperatura ambiente, além do CA que estava presente em cada um dos filtros como CA de pneu, CA de coco e um filtro com a mistura dos dois. *In loco* foi realizada coleta de água bruta para análise preliminar em laboratório, podendo assim avaliar seus padrões físico-químicos antes de serem submetidas ao tratamento proposto.

Os dados brutos obtidos como resultados das análises de laboratório, foram analisadas tendo como base o estabelecido na Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de potabilidade para água de consumo humano. Também foram comparados os resultados obtidos com os de outros autores na mesma temática do trabalho corrente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores absolutos coletados *in loco* apresentam as concentrações dos parâmetros físico-químicos da água no ponto antes da passagem por processo de tratamento (Quadro 1). Os resultados das amostras foram comparados com os padrões estabelecidos pela Portaria 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Quadro 1 – Parâmetros físico-químico coletados e analisados pré-tratamento. uH(1) Unidade Hazen (mgPt-Co/L). NTU(2) – Unidade Nefelométrica de Turbidez. ALD(3) – Abaixo do limite detecção do aparelho: cor aparente $\geq 5\mu\text{H}$. Fonte: Autor do Trabalho

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA				
Parâmetros	Método Analítico	Código/Amostras	VPR	Unidade
		P1 - entrada		
Cor Aparente	Colorímetro – Platina Cobalto	0,01(3)	15	uH(1)
Cond. Elétrica	Potenciometria	18,0	N. F. R.	$\mu\text{S/cm}$
Ferro Total	Fenantrolina	4,36	0,3	mg/L
Sólidos Dissolvidos	Potenciometria	12,1	1000	mg/L
pH	Potenciometria	5,34	6 – 9,5	-
Turbidez	Nefelométrico	3,66	5	NTU (2)

Dentre os dados brutos coletados, o parâmetro Ferro Total merece destaque, por ter apresentado quantidade muito acima que o limite estipulado como valor máximo permitido (0,3 mg/L) que foi de 4,36 mg/L. Outro dado em desacordo com os valores máximos proposto pela Portaria 2.914 é o pH, que se apresenta abaixo (5,34) do limite ideal entre 6 – 9,5. A Cor Aparente apresentou quantidade muito abaixo que o limite de detecção do aparelho. A amostra coletada apresentou potencial hidrogeniônico (pH) ácido (<7,0) e abaixo do padrão recomendado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece padrão na faixa de 6,0 a 9,5.

O quadro 1 apresenta elevada quantidade de Ferro presente nas amostras de água bruta (4,36), valor esse muito acima do estabelecido pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde que é de 0,3 mg/L, o que demonstra a necessidade de ações de intervenção para diminuição desses valores. O excesso de ferro provoca alterações estéticas que envolvem a cor avermelhada quando exposta ao ar (processo de oxidação), atribui gosto metálico e amargo na água, características principais para criar uma aparência indesejada para o consumo. Além disso, o ferro ao oxidar mancha louças sanitárias, azulejos, roupas pelo processo de precipitação. Seu excesso também gera incrustações nas tubulações e reservatórios, beneficia o desenvolvimento de bactérias advindas do ferro, como a *Spyrophyllum ferrugineum* e a *Gallionella ferruginea*.

Os dados de turbidez analisados na água bruta apresentaram valor inicial abaixo do valor máximo permitido que é de 5 NTU. Os valores de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica analisados na água bruta seguem valores próximos e bem abaixo do limite máximo permitido para sólidos dissolvidos totais, que é 1.000 mg/L.

Os resultados das análises realizadas em laboratório, obtidos das amostras coletadas na saída do filtro (F1, F2 e F3) estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Análise dos parâmetros físico-químicos pós tratamento da água. uH(1) Unidade Hazen (mgPt-Co/L). NTU(2) – Unidade Nefelométrica de Turbidez. ALD(3) – Abaixo do limite detecção do aparelho: cor aparente $\geq 5\mu\text{H}$, Ferro $\geq 0,001$ mg/L.
Fonte: Autor do Trabalho

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA ÁGUA TRATADA							
Parâmetros	Método Analítico	Código/Amostras				VPR	Unidade
		P1	F1	F2	F3		
Cor Aparente	Colorímetro – Platina Cobalto	0,01	270	<10	320	15	uH(1)
Cond. Elétrica	Potenciometria	18,0	1.286,0	475,5	339,6	N. F. R.	$\mu\text{S/cm}$
Ferro Total	Fenantrolina	4,36	0,60	<0,001(3)	0,10	0,3	mg/L
Sólidos Dissolvidos	Potenciometria	12,1	669,9	240,3	171,6	1000	mg/L
pH	Potenciometria	5,34	7,19	6,27	6,70	6 – 9,5	-
Turbidez	Nefelométrico	3,66	153	64,7	120	5	NTU (2)

Os valores de ferro total após os processos de tratamento variaram entre 0,60 e < 0,001 mg/L, podendo-se observar uma expressiva remoção de ferro das amostras. Dois dos três pontos já se encontram adequados ao consumo humano por apresentarem limites inferiores aos estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que é de 0,3 mg/L. Dentre os elementos filtrantes, o que se mostrou mais eficiente foi o carvão ativado de pneu (F2), que apresentou concentrações abaixo do limite do aparelho para detecção de ferro (< 0,001). O carvão ativado de coco (F3) também apresentou concentração muito satisfatória (0,10 mg/L) para a concentração de ferro. O filtro F1, composto por carvão ativado de caroço de açaí, pneu e coco, apesar de não atingir o resultado abaixo do padrão estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, esteve muito próximo e conseguiu uma redução de ferro significativa. Outros trabalhos comprovam a eficiência da utilização do carvão ativado no tratamento de água para remoção do ferro. Em trabalho semelhante, Filho e Filho (2017) tiveram resultados satisfatórios com a utilização de carvão ativado, com remoção de 90,33% do ferro com a utilização desse leito filtrante.

Para os dados de Ferro Total presente na água, os resultados foram consideráveis entre os filtros, sobretudo o filtro F2 composto de carvão ativado proveniente de pneu. Analisando os resultados é possível observar a elevada remoção de ferro feita por cada um dos pontos devido às baixas quantidades presentes nas análises. É possível observar a viabilidade para utilização dessas formas de carvão ativado tendo em vista seus bons rendimentos com a remoção do ferro. Nota-se que os valores de ferro total para os filtros de CA de pneu e coco já se encontram adequadas ao consumo humano, no que diz respeito a presença de ferro, ou seja, com valores inferiores ao limite estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Os valores de pH apresentados nas unidades que compõem o protótipo de filtro são bem próximos, mostrando pouca variação e a adequação do pH após passagem pelos filtros. Os valores pós tratamento da água, quando comparado com o resultado da água bruta (5,34), mostram a eficiência para a adequação deste parâmetro conforme as exigências estabelecidas pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Analisando a cor aparente para a água tratada nos filtros de carvão ativado de açaí e coco é possível observar valores muito elevados, bem acima do que estabelecido pela Portaria 2914 e do valor da água bruta. É importante ressaltar que seu valor aumentou em virtude dos materiais filtrantes utilizados. Os resultados de Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade Elétrica apresentam a relação proporcional de crescimento para os dois. Quanto maior o número de sólidos totais dissolvidos, maior se apresenta a condutividade elétrica. Comparado as concentrações presentes da água bruta, é possível entender que os meios filtrantes contribuíram para um aumento do número de sólidos totais dissolvidos presentes na água.

Os altos valores de turbidez também estão correlacionados ao tipo de material filtrante presente no protótipo de filtro, apresentando assim um crescimento elevado comparado à quantidade presente na água bruta e encontrando-se acima dos limites máximos permitidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Os números elevados de turbidez, cor aparente e sólidos totais dissolvidos faz-se avaliar a implementação de outras camadas filtrantes. A utilização de areia com baixa granulometria influencia no desempenho do filtro, o que possibilita a implantação de uma camada de areia fina após as camadas de carvão ativado, afim de melhorar os resultados para esses parâmetros. A lavagem dos materiais

filtrantes também é um fator relevantes para diminuição de turbidez e cor aparente. A lavagem à exaustão dos materiais filtrantes diminui a presença do material particulado que apresenta-se na água após o processo de filtração.

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE FERRO

Os valores coletados da eficiência de remoção do ferro total para cada unidade filtro, concentram-se nas faixas de 86,24% a 99,97%. Vale ressaltar que o filtro composto por carvão ativado de pneu obteve valor considerável de quase 100%, e o filtro com carvão ativado de coco atingiu valor muito importante para pesquisa de 97,71% de remoção de ferro total. Portanto, observou-se uma excelente eficiência na utilização destas camadas filtrantes na composição do protótipo de filtro.

No Gráfico 1 verifica-se o comportamento da eficiência de remoção do ferro em cada um dos filtros que compõem o protótipo.

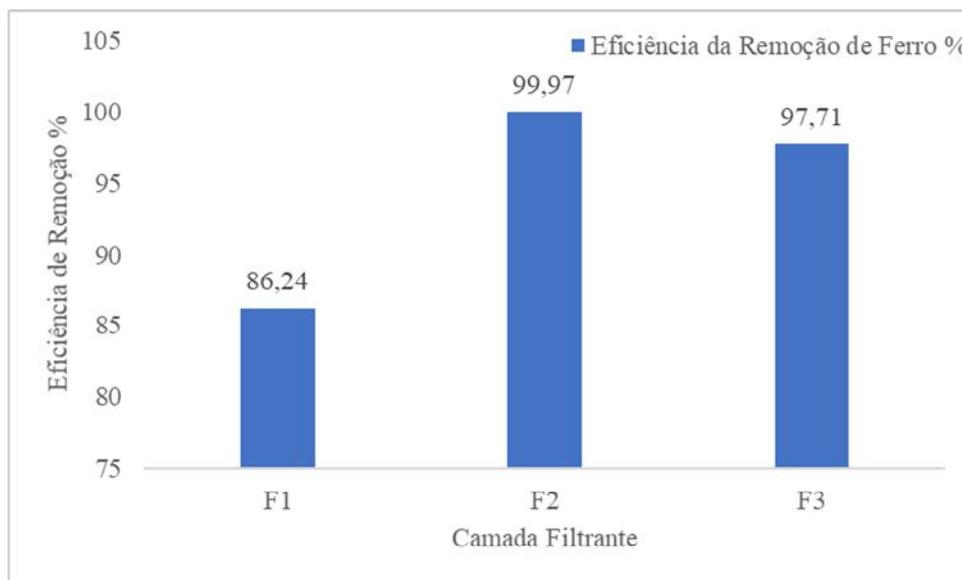


Gráfico 1 - Eficiência de remoção de ferro.

Após passagem de água bruta pelo sistema, dois dos três filtros apresentaram índices dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria 2914/2011 para o parâmetro Ferro Total.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram uma eficiência excelente para parâmetros como remoção de ferro e ajuste de pH através da utilização dos filtros construídos. O carvão ativado produzido a partir de tiras de pneu demonstrou-se como o mais eficiente na remoção de ferro total com uma eficiência de 99,97% do ferro.

Destacou-se também a excelente remoção de ferro total para o carvão produzido do endocarpo do coco, com uma eficiência de 97,71%. O carvão ativado de caroço de açaí atingiu resultado de 86,24%. Os parâmetros cor aparente, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez apresentaram-se desconforme aos padrões máximos estabelecidos pela portaria 2914/2011, o que sugere uma adequação nas camadas que compõem os filtros e recomenda-se a inserção de outras camadas filtrantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3º Ed. Ver. Brasília: FUNASA. 408 P. 2006.
2. CUBAS, K. G. **Avaliação do Desempenho de Carvões Ativos Usados na Remoção de Compostos Orgânicos de Águas Naturais Provenientes de Cianobactérias e suas Toxinas**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 2010.
3. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2 Ed. São Carlos: RIMA. São Carlos, São Paulo. 2005.
4. FERNANDES, K. A. N. **Uso de Carvão Ativado de Endocarpo de Coco no Tratamento de Água**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2014.

5. RÊGO FILHO, A. T. C.; FREITAS FILHO, F. . **Avaliação da Eficiência no Tratamento de Água Subterrânea Utilizando Conjunto de Leito de Contato Simples e Filtro Rápido Composto de Carvão Ativado e Zeólita A.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará. 2017.
6. MADEIRA, V. S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais.** UFSC. Santa Catarina, 89 p. 2003.
7. RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO; J.M. **Tratamento de Água: tecnologia atualizada.** 9ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, São Paulo. 2011.
8. TISUTYA, M. T. **Abastecimento de água.** 4ª Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP, São Paulo. 2006.