

ESTUDO DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA USANDO O CARVÃO ATIVADO DE BAMBU (*Bambusa Vulgaris*)

Théo Ferreira Reis (IC) e Liliane Frosini Armelin(Orientador)

Apoio:PIBIC Mackenzie

RESUMO

O carvão ativado já é um produto mundialmente conhecido por sua capacidade de adsorção de poluentes orgânicos em meios fluidos. Entretanto, sua produção é variável, podendo ser feita por meio mineral ou vegetal. O bambu é um material altamente qualificado para a produção do carvão ativado, seja por sua estrutura molecular porosa ou por sua abundância em território brasileiro. O presente estudo investigou a eficiência de três tipos de carvões na descontaminação de água salobra (ativado de bambu, normal de bambu e vegetal de eucalipto) e características físicas que podem vir a impactar no processo, como a altura do leito, filtrações subsequentes, tempo de detenção hidráulica e o tamanho dos pedaços de carvão. A finalidade do artigo é demonstrar a eficácia de cada processo para que, no futuro, seja possível aplicá-los em situações em que o tratamento de água é precário. O processo envolveu a utilização de equipamentos laboratoriais para as medidas de pH, temperatura, condutividade e concentração, antes e depois da operação de adsorção. Após a coleta dos dados, estes foram inseridos em tabelas para que pudesse ser feita a comparação da eficácia de cada processo e de cada carvão utilizado. Os resultados obtidos demonstram uma alta eficácia dos materiais e comprovam a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o carvão ativado de bambu.

Palavras-chave: Adsorção. Bambu. Carvão.

ABSTRACT

Activated Carbon is already a product known worldwide for its ability to adsorb organic pollutants in fluid media. However, its production is variable, being able to be made by mineral or vegetable. Bamboo is a highly qualified material for the production of activated carbon, whether due to its porous molecular structure or its abundance in Brazilian territory. The present study investigated the efficiency of three types of coals in the decontamination of brackish water (bamboo activated, normal bamboo and eucalyptus plant) and physical characteristics that may impact the process, such as bed height, subsequent filtrations, time of hydraulic detention and the size of the pieces of coal. The purpose of the article is to demonstrate the effectiveness of each process so that, in the future, it will be possible to apply

them in situations where water treatment is precarious. The process involved the use of laboratory equipment to measure pH, temperature, conductivity and concentration, before and after the adsorption operation. After collecting the data, these were entered into tables so that the effectiveness of each process and each charcoal used could be compared. The results obtained demonstrate a high efficiency of the materials and prove the need for more in-depth studies on bamboo activated carbon.

Keywords: Adsorption. Bamboo. Charcoal.

1. INTRODUÇÃO

A água dos mares e oceanos é considerada salgada porque a sua salinidade se apresenta em torno de 35 gramas por litro. Dos sais dissolvidos, a maior parte é cloreto de sódio. Apresenta uma alta condutividade elétrica porque os sais na água se dissociam em íons podendo, no entanto, variar de acordo com a temperatura e a salinidade.

Por outro lado, as águas salobras, são aquelas que possuem uma salinidade intermediária entre a água doce e a salgada e possuem uma salinidade entre 5 e 30 g/l. Ocorrem em estuários, lagunas ou aquíferos, como no semiárido brasileiro. Pode ser composta por cloreto de sódio, cálcio, magnésio ou potássio.

O Semiárido brasileiro abriga aproximadamente 23 milhões de pessoas e apresenta uma precipitação média anual muito reduzida e variável, inferior a 800 mm, segundo a Embrapa (2007). Por causa da escassez de chuvas, a seca constitui um sério problema para as pessoas que vivem na região. Historicamente, muito foi investido para minimizar a questão, como a execução de obras de reservação, bem como políticas públicas que foram sendo implementadas ao longo dos anos. Apesar disso persistem, porém, graves problemas sociais por causa da escassa disponibilidade hídrica.

A formação do Semiárido é predominantemente composta por rochas cristalinas que não se constituem como um bom aquífero. A baixa porosidade desse tipo de rocha dificulta a penetração e o acúmulo da água subterrânea. No entanto, existem falhas e fraturas que permitem o armazenamento da água, que devido às características geológicas da região e do clima, apresenta em muitos locais altos teores de sais, tornando-se imprópria para o consumo humano e irrigação (ZANELLA, 2014).

Um dos programas implementados foi o Programa Água Doce (PAD): uma ação do Governo Federal coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. O objetivo foi o estabelecimento de sistemas compactos de dessalinização da água em comunidades rurais, captando água do subsolo, tratando através de osmose inversa e disponibilizando para a população da localidade. Isso vem ocorrendo desde 1996. Ao longo dos anos foram surgindo dificuldades na operação desses sistemas, o que resultou na paralização das atividades de muitos deles.

Diante deste contexto, metodologias alternativas, econômicas e de fácil operação devem ser estudadas para estes locais que receberam esses sistemas de dessalinização,

com o objetivo de substituir as unidades por osmose reversa ou minimizar o impacto da disposição final do rejeito salino.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Frente a diversos desastres ambientais e ao constante aumento da escassez de água pelo globo, o carvão ativado (CA) vem sendo cada vez mais procurado como uma tecnologia para a descontaminação de água. O CA é produzido pela ativação realizada em conjunto com um material precursor, e atualmente a biomassa está sendo altamente demandada para esse processo. Além da biomassa ser um produto barato, sua reutilização garante uma alternativa sustentável para esses resíduos. “Ao reutilizar ou reciclar esses materiais de baixo custo para produzir carvão ativado, estamos providenciando outra alternativa ecológica para descartar o lixo e o subproduto” (SMA MANAHIM *et al.*, 2011, p. 417).

Carvão ativado é um material de carbono capaz de adsorver diversas impurezas, gases e líquidos através de seus poros porque com a ativação ocorre o aumento da porosidade e, como consequência, aumento da área superficial, que são características essenciais para o processo de adsorção. Ele é obtido pela ativação do material precursor, que, no caso, pode ser o bambu (*Bambusa vulgaris*). É indispensável no Brasil novas tecnologias que garantam um eficiente tratamento d'água, além da remoção de poluentes que estão causando um aumento severo nos danos ambientais” (SANTANA, *et al.*, 2017, p. 124). O bambu é um material com alta quantidade de carbono e feixes fibrovasculares, o que garante uma estrutura carbonácea porosa. Além disso, o bambu apresenta crescimento rápido, alta produtividade e um pequeno ciclo de produção. O estudo de Santana *et al.*, 2017, apresentou pesquisa sobre a produção de carvão ativado através do bambu (*Bambusa vulgaris*) e o testou como adsorvente de Metribuzin (herbicida), Ácido Diclorofenoxiacético (herbicida) e Carbofurano (inseticida). O método utilizado foi de análise do material pelo rendimento, densidade aparente, teor de cinzas, análise termogravimétrica, área superficial, índices de azul de metileno e de iodo, análise do pH e ponto de carga zero, microscopia eletrônica de varredura e método titulométrico de Boehm. Para a produção do carvão ativado, foi utilizada metodologia que consistiu no tratamento inicial das amostras de bambu em solução concentrada de H_3PO_4 (Ácido fosfórico), seguida de secagem em forno comum por 24 horas. Após esse processo o material foi ativado em um forno elétrico rotativo. O processo de ativação aconteceu com uma temperatura final de 500°C, sendo o tempo de permanência de 60 minutos.

Na sequência, foi avaliada a habilidade do carvão ativado no tratamento de água com os pesticidas Metribuzin, Ácido Diclorofenoxiacético e Carbofurano. O contato do carvão ativado produzido com os pesticidas ocorreu através da mistura de 10mg do CA com 10mL das soluções distintas, baseando-se no fato de que os pesticidas apresentam, cada um, uma concentração de 50mg por litro. Em intervalos de 1, 3, 6, 12 e 24 horas, amostras de 3,5 mL das soluções foram retiradas e analisadas com um espectrofotômetro UV-VIS (UV-mini 1240, SHIMADZU). A análise do material forneceu diversos resultados, como o fato de que o carvão ativado produzido apresentou baixo teor de cinzas, o que é um fator positivo para a adsorção de água. Entre outros resultados obtidos, foi possível observar que, dentro de uma hora, a adsorção do herbicida Metribuzin foi superior a 60%. Foi concluído que o carvão ativado produzido foi eficiente na adsorção dos três pesticidas estudados.

Santana *et al*, 2018, apresentaram outra pesquisa realizada a partir de testes com o carvão ativado produzido através de bambu (*Bambusa vulgaris*), porém neste caso estudaram a adsorção de corante azul de metileno, tendo em vista possíveis aplicações na descontaminação de água.

A análise do material foi feita, sendo avaliado o efeito do tempo de contato e a adsorção cinética. O contato entre o carvão ativado e o azul de metileno foi realizado utilizando 10mg de de CA e 10mL do azul de metileno (com concentração de 50 mg por litro). A mistura foi colocada em um recipiente de 20mL que foi selado e mantido sobre rotação em temperatura ambiente. Através de intervalos de 1, 3, 6, 12 e 24 horas foram retiradas amostras da solução para determinar a concentração de azul de metileno.

Analisando o resultado para o estudo da área superficial e comparando tais resultados com testes realizados com outros materiais em outros artigos publicados, a utilização do bambu promoveu uma área superficial relativamente alta, o que garante uma alta capacidade de adsorção de contaminantes. Em relação ao tempo de contato, o equilíbrio de adsorção foi verificado em 12 horas, enquanto que em 24 horas o carvão ativado já tinha absorvido quase todo o corante. O estudo foi capaz de demonstrar a eficiência e o baixo custo de produção de carvão ativado de bambu, que apresentou uma rápida e alta capacidade de adsorção para águas contaminadas com azul de metileno.

Sma Manahim *et al.*, 2011, estudaram na Malásia o bambu como a biomassa para fazer parte do processo de produção do carvão ativado inicialmente pela abundância dessa planta no país. O objetivo do estudo foi obter dados em relação à capacidade de adsorção do carvão ativado preparado com o bambu, analisando em conjunto parâmetros como tempo de ativação e temperatura de ativação. Para realizar o processo de carbonização foram

depositados 3 kg de bambu no reator, que foi aquecido a uma temperatura entre 300°C e 400°C na ausência de ar. A carbonização foi finalizada quando um gás de coloração azulada era emitido do reator. Em seguida, a ativação do carvão produzido foi executada no mesmo reator, com diferentes temperaturas e tempos de ativação. Após sua produção, o carvão ativado foi analisado e o estudo revelou, entre diversos resultados, que as melhores condições para a ativação do carbono ocorrem com 800°C e 120 minutos, garantindo o maior teor de iodo e a maior área superficial. Foi concluído que o bambu é um precursor promissor para a produção de carvão ativado, pois garantiu uma grande área superficial e propriedades porosas eficientes, o que consequentemente aumenta a capacidade de adsorção de poluentes.

Partey, et al. (2016) estudaram formas de produção de energia relacionada à queima de madeira, muito utilizada nos países africanos, sendo o estudo realizado em Ghana, onde a taxa de desflorestamento anual é de 2,1%, correspondendo a uma perda anual de 115.000 hectares de florestas. Além disso, é estimado que 14 milhões de metros cúbicos de madeira são consumidos anualmente em Ghana para a produção de energia. Foram estudadas outras formas de produção de energia como parte de uma administração sustentável das florestas e foram testados três tipos diferentes de plantas para a produção de carvão: o bambu (*B. balcooa*), a teca (*T. grandis*) e a acácia (*A. auriculiformis*) com o objetivo comparar o nível de impacto ambiental da produção de carvão, promovendo novas estratégias para a redução de impactos e aprimorando a sustentabilidade ambiental. Foi concluído que ao se estudar fatores como impactos ambientais, impactos à saúde humana e aquecimento global, *B. balcooa* tornou-se a biomassa mais eficiente para a produção, além de ser um material de rápido crescimento e alta renovabilidade.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo foi a de pesquisa experimental que selecionou variáveis de um objeto que poderiam ser alteradas através de uma determinada ação. No caso, a ação foi a realização de filtração utilizando um filtro de leito fixo de carvão de bambu, comum ou ativado e o objeto foi a água contaminada por sais.

A pesquisa experimental consistiu na realização de ensaios de filtração com variantes no leito fixo e na concentração de sais em diferentes amostras de água. A realização de cada ensaio foi constituída de três etapas: calibração do aparelho de medição; confecção da amostra testada; análise dos resultados após passarem pelos processos de filtração.

O aparelho utilizado para medir as variáveis de qualidade de água especificadas no estudo foi o medidor Water Quality Meter AKSO AK88 (Figura 01), disponibilizado pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). O dispositivo foi empregado para determinar o valor de pH, condutividade, salinidade e temperatura das amostras antes e depois do processo de filtração. Primeiramente foi feito a calibração baseado no pH através de uma solução tampão de valor igual a 10, disponível no Laboratório de Fenômenos de Transporte da UPM. Após feita a primeira calibração, foi então feito o ajuste para a condutividade e salinidade, utilizando-se uma solução tampão de 12,88 mS de condutividade, também disponibilizado pelo Laboratório de Fenômenos de Transporte da UPM. Contudo, a calibração de condutividade e salinidade apresentou uma diferença de 0,23mS em relação a solução tampão.

Figura 01 – Water Quality Meter AKSO AK88



Fonte: Acervo pessoal

Com o aparelho calibrado, foi elaborada a amostra a ser utilizada nos ensaios. A amostra foi feita com o intuito de apresentar uma concentração de sais próxima à da água do mar, com aproximadamente 30g por litro. Assim, foi preparada uma amostra de 600 mL de água deionizada com concentração de 30g por litro de Cloreto de Sódio (NaCl). Para atingir tal valor, a água deionizada foi colocada em um béquer e o Cloreto de Sódio foi inserido gradualmente até que o valor buscado de 30g/L de salinidade fosse medido pelo aparelho Water Quality Meter.

Com a amostra possuindo as condições almejadas, os fatores de pH, temperatura, salinidade e condutividade foram medidos para serem usados como base de comparação.

Em seguida foram realizados os ensaios de filtração, os quais foram divididos em fases distintas: fase 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A primeira fase consistiu na comparação da eficiência entre o carvão comum e o carvão ativado, ambos provenientes do bambu, sendo o direcionamento das fases subsequentes baseado nos resultados alcançados nas fases anteriores.

FASE 1: Comparação da eficiência de remoção entre o carvão ativado de bambu e o carvão comum de bambu.

O carvão comum (Figura 02) foi produzido através da queima de bambu (Figura 03) em uma churrasqueira doméstica. Para sua utilização, foi higienizado com água deionizada e álcool. O carvão ativado (Figura 04) foi importado da China, sendo que foi comprado com o intuito de servir como purificador de ar. Foi retirado da embalagem, lavado com água deionizada e álcool e, então, utilizado no experimento.

Figura 02 – Carvão de Bambu Normal



Fonte: Acervo pessoal

Figura 03 – Bambu utilizado para a produção de carvão



Fonte: Acervo pessoal

Figura 04 – Carvão de Bambu Ativado



Fonte: Acervo pessoal

Para a elaboração da filtração, foi inserida uma Garrafa PET cortada e invertida em uma proveta para que, dessa forma, a garrafa fosse utilizada como um dispositivo filtrante. Ainda mais, foi feito um furo na tampa para que o líquido escoasse, sendo este preenchido com algodão, evitando a passagem dos pequenos pedaços de carvão. Com o equipamento elaborado, o carvão a ser analisado foi colocado dentro da garrafa como leito (Figura 05).

Figura 05 – Funil de Garrafa PET inserido em proveta



Fonte: Acervo pessoal

O primeiro carvão colocado no filtro foi o Carvão de Bambu normal, com uma altura de leito de aproximadamente 14,5 cm. Ao ser inserido, foram despejados 300ml da amostra elaborada anteriormente e, a partir do momento que toda a amostra atingiu a proveta, ela foi testada com os mesmos parâmetros de antes. Os resultados obtidos após a passagem pelo Carvão de Bambu foram anotados na Tabela 2.

Em seguida, os equipamentos foram limpos com água deionizada e então foi testado o Carvão Ativado de Bambu, com altura de leito de aproximadamente 9 cm. Com os mesmos procedimentos, diferentes resultados foram atingidos e anotados.

Tabela 2: Ensaios para a comparação da eficiência de remoção entre o carvão comum e o carvão ativado de bambu.

			Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção Salinidade (%)
				pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)	
20/01/2021 - 1º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	14,5	8,04	24,4	44,9	30	16,0
		Depois		6,24	24,6	38,4	25,2	
	Carvão Ativado de Bambu	Antes	9	8,04	24,4	44,9	30	8,0
		Depois		7,47	24,7	41,6	27,6	

Fonte: Os autores (2021)

FASE 2: Comparação da eficiência de remoção utilizando o carvão comum de bambu com alturas de leitos similares.

Nesta fase foram realizados 2 novos ensaios, sendo o primeiro deles uma repetição dos ensaios anteriores, para ser usado como base de comparação, porém com alturas de leito de carvão iguais de 9 cm. Portanto, novas amostras de 300mL de água deionizada, com concentração de 30g/L de cloreto de sódio, foram preparadas para sofrerem a ação dos respectivos carvões (ativado de bambu e normal de bambu). Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Ensaios para comparação da eficiência de remoção com carvão vegetal e carvão comum de bambu sem variação da altura do leito.

			Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção Salinidade (%)
				pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)	
27/01/2021 - 2º Ensaio	Carvão Comum de Bambu	Antes	9	8,04	24,4	44,9	30	12,7
		Depois		6,56	25,2	39,8	26,2	
	Carvão Ativado de Bambu	Antes	9	8,04	24,4	44,9	30	4,7
		Depois		7,38	25,2	43,0	28,6	

Fonte: Os autores (2021)

No mesmo dia foram realizados mais dois ensaios (Tabela 4) com os mesmos procedimentos, porém apenas utilizando o carvão normal de bambu, o qual apresentou melhor eficiência de remoção nos ensaios anteriores. A altura de leito utilizada foi de aproximadamente 9 cm e 14 cm. Uma nova amostra de água deionizada com concentração de 30g/L foi preparada. Após a passagem, a amostra então foi recolhida e analisada pelo medidor.

Tabela 4: Ensaios para verificação da influência da altura de leito para o carvão comum de bambu

			Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção Salinidade (%)
				pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)	
27/01/2021 – 3º Ensaio	Carvão Comum de Bambu	Antes	9	8,04	24,4	44,9	30	13,3
		Depois		6,4	25,3	39,5	26	
27/01/2021 – 4º Ensaio	Carvão Comum de Bambu	Antes	14	8,04	24,4	44,9	30	14
		Depois		6,36	25	39,1	25,8	

Fonte: Os autores (2021)

FASE 3: Comparação da eficiência de remoção entre o carvão comum de bambu e o carvão vegetal de eucalipto.

Nesta fase, foram utilizados dois tipos de carvão: o Carvão comum de Bambu (usado previamente) e o Carvão Vegetal de Eucaliptos (Figura 06), este último introduzido no experimento para a verificação da eficiência em relação ao bambu. Para o uso do Carvão Vegetal de Eucalipto, este foi primeiramente quebrado em pedaços menores e então higienizado com água deionizada. Para o experimento, inicialmente foi produzida a amostra de 600 mL de água deionizada com concentração de 30g/L de Cloreto de Sódio. Assim, 300 mL foram utilizados em cada teste para cada tipo de carvão.

Figura 06 – Carvão vegetal de Eucalipto



Fonte: Acervo pessoal

Tabela 5: Ensaios para comparação da eficiência de remoção com carvão vegetal e carvão comum de bambu

			Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção Salinidade (%)
				pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)	
03/02/2021 - 5º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	9,3
		Depois		7,12	25,7	41,1	27,2	
	Carvão Vegetal de Eucaliptos	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	13,0
		Depois		6,96	25,6	39,7	26,1	

Fonte: Os autores (2021)

FASE 4: Comparação da eficiência de remoção entre o carvão comum de bambu e o carvão vegetal de eucalipto com 3 filtrações subsequentes.

Neste dia foram feitos 3 ensaios, e todos com uma produção inicial de 600 mL da amostra utilizada. A mudança implantada nesta fase, entre os ensaios foi que, após a primeira filtração, (5º Ensaio-Tabela 5), os carvões não foram limpos ou substituídos com o intuito de simular uma situação cotidiana em um sistema de tratamento que não executa limpeza do leito entre as filtrações, mas sim, após um determinado tempo, quando observa-se queda considerável na eficiência da remoção de poluentes. A tabela 6 apresenta os resultados.

Tabela 6: Ensaios procedendo com filtrações subsequentes com carvão vegetal e carvão comum de bambu

			Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção Salinidade (%)
				pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)	
03/02/2021 - 5º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	9,3
		Depois		7,12	25,7	41,1	27,2	
	Carvão Vegetal de Eucaliptos	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	13
		Depois		6,96	25,6	39,7	26,1	
03/02/2021 - 6º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	5,3
		Depois		6,65	25,8	42,8	28,4	
	Carvão Vegetal de Eucaliptos	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	7
		Depois		6,39	25,8	42	27,9	
03/02/2021 - 7º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	4
		Depois		5,85	28,8	43,3	28,8	
	Carvão Vegetal de Eucaliptos	Antes	15	8,04	24,4	44,9	30	3,3
		Depois		5,92	29	43,5	29	

Fonte: Os autores (2021)

FASE 5: Comparação da eficiência de remoção entre o carvão comum de bambu com variação do tempo de detenção hidráulica.

No quinto dia de ensaios, o único carvão utilizado para o experimento foi o carvão comum de bambu, por ter sido este tipo a apresentar a melhor eficiência de remoção nos ensaios anteriores. Foram idealizados 02 experimentos: o primeiro envolveu uma passagem direta da amostra inicial pelo carvão, sendo assim tratada como nos ensaios anteriores. Contudo, o tratamento do segundo ensaio do dia em questão foi efetuado detendo a amostra no funil junto com o carvão de bambu. Assim, foi buscado analisar o impacto do tempo de detenção na adsorção dos sais. Além disso, a amostra inicial do segundo ensaio foi o próprio efluente da primeira filtração. Ambas as amostras apresentaram um volume de 600 mL.

Em relação aos procedimentos de lavagem de equipamentos e materiais, o Carvão Normal de Bambu foi lavado com água deionizada entre os ensaios e os equipamentos de medição e de armazenamento de materiais também foram lavados para impedir possíveis adulterações nos resultados.

Tabela 7: Ensaios para verificação da influência do tempo de detenção hidráulica com carvão comum de bambu

			Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção (%)	Tempo de detenção (min.)
				pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)		
13/05/2021 – 8º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8	24	33	22	6,8	10
		Depois		7	25	30,8	20,5		
13/05/2021 – 9º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8	24	30,8	20,5	8,3	70
		Depois		7	25	28,2	18,8		
20/05/2021 – 10º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8	24	45	30	8,7	16
		Depois		7	25	41,1	27,4		

20/05/2021 - 11º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	15	8	24	41,1	27,4	8,4	83
		Depois		7	25	37,7	25,1		

Fonte: Os autores (2021)

FASE 6: Verificação de melhorias na eficiência na redução de sais da amostra filtrada através da redução do tamanho dos pedaços de carvão.

Nesta etapa, optou-se pela redução dos pedaços de carvão comum de bambu o que foi realizado através de um martelo impactando o carvão contido em um saco plástico, partindo-se da hipótese de que o aumento da superfície livre em contato com a amostra seria favorável a uma maior adsorção dos sais. Após este processo, o carvão foi lavado com água deionizada. A foto (Figura 07) abaixo representa as dimensões do mesmo carvão, contido em diferentes datas. O carvão triturado (à direita) apresentou dimensão máxima de 1,2 cm e mínima de 0,1 cm, enquanto que o carvão sem estar triturado (à esquerda) apresentou dimensão máxima de 3,5 cm e mínima de 0,5 cm.

Figura 07 – Comparação do Carvão Normal de Bambu não triturado e triturado



Fonte: Acervo Pessoal

Tabela 8: Ensaios para verificação da influência do tamanho dos pedaços do carvão comum de bambu

				Altura do Leito (cm)	PARÂMETROS MEDIDOS				Remoção (%)	Tempo de detenção (min.)
					pH	Temp. (°C)	Condutividade (mS)	Salinidade (g/L)		
09/06/2021	12º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	13	8,41	20,7	30,8	20	24	10
			Depois		7,55	21	24,2	15,2		
	13º Ensaio	Carvão Normal de Bambu	Antes	13	8,41	20,7	30,8	20	23	50
			Depois		6,52	20,9	24,5	15,4		

Fonte: Os autores (2021)

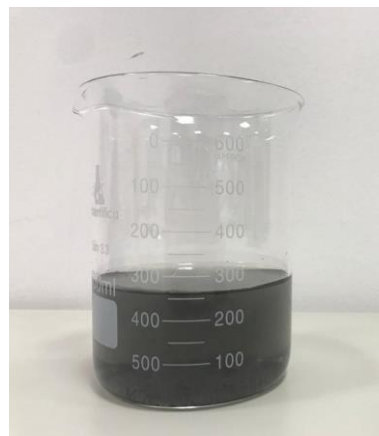
O primeiro experimento foi baseado na passagem direta da amostra pelo carvão, sem detê-lo no funil. Já o segundo foi realizado detendo a água salobra no equipamento, em contato com o carvão de bambu. Foram registradas as colorações da amostra antes e depois da passagem pelo carvão moído, apresentadas a seguir pelas Figuras 08 e 09, respectivamente.

Figura 08 – Amostra antes do tratamento pelo Carvão Normal de Bambu moído



Fonte: Acervo pessoal

Figura 09 – Amostra depois do tratamento pelo Carvão Normal de Bambu moído



Fonte: Acervo pessoal

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

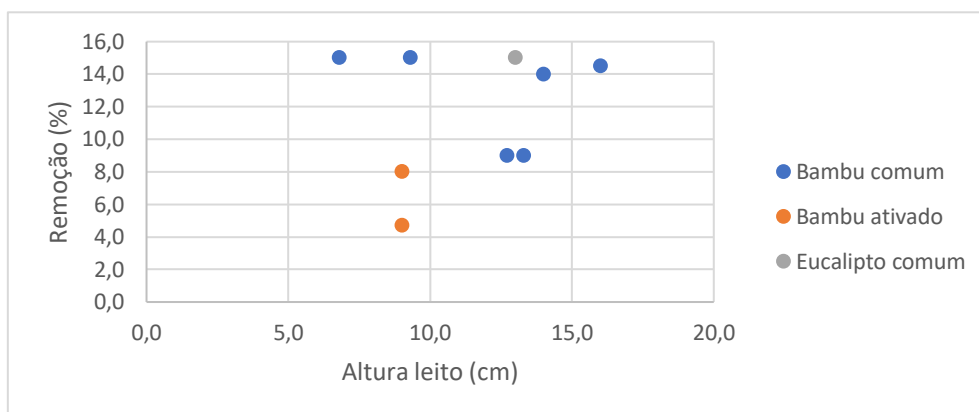
O contexto deste trabalho refere-se ao estudo do carvão ativado produzido a partir do bambu, optando-se pela comparação do comportamento deste elemento em relação a outros elementos: o carvão comum de bambu e o carvão comum de eucalipto.

Inicialmente foram realizados ensaios de filtração com o elemento estudado e o carvão comum de bambu. Os resultados destes ensaios preliminares mostraram ser o carvão ativado um elemento pouco atuante na remoção do cloreto de sódio. Analisando melhor este material, percebe-se indícios de que a temperatura utilizada em sua manufatura foi muito elevada caracterizando alguns pontos com um aspecto cristalizado, o que pode ter prejudicado o objetivo de aumentar a superfície livre de adsorção (ativação do carvão). Sendo notado que a eficiência do carvão normal de bambu foi mais elevada, optou-se pela realização dos próximos ensaios partindo apenas dele.

Com esse foco, foram analisados outros fatores que poderiam influenciar na remoção do sal cloreto de sódio das amostras, sendo estes a altura do leito de filtração, o tempo de detenção, a realização de ensaios subsequentes com a mesma amostra e o tamanho dos pedaços do carvão. Foi decidido também acrescentar um novo elemento ao estudo: o carvão comum de eucalipto, para servir de parâmetro na análise da performance do carvão comum de bambu.

Em relação à altura do leito de filtragem, observou-se resultados que não apresentaram tendência definida. A figura 10, mostra a remoção dos 3 elementos estudados, alterando a altura do leito e observa-se que para uma mesma altura, pode-se obter diferentes remoções. Neste caso, apenas pode-se concluir que o carvão comum de bambu e comum de eucalipto apresentaram as maiores remoções.

Figura 10: Ensaios de filtração alterando-se a altura do leito de filtração

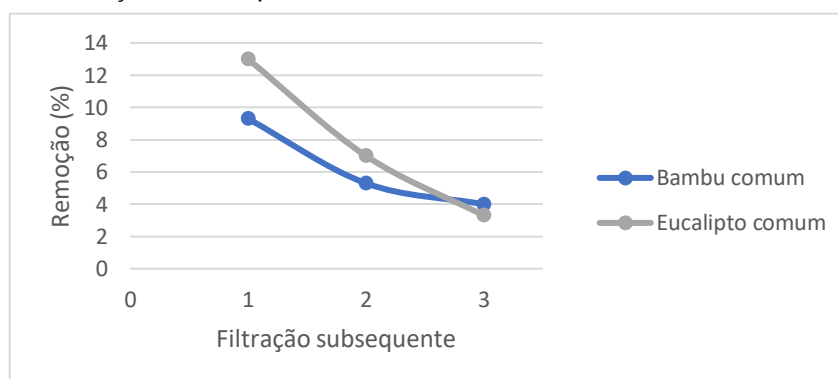


Fonte: Os autores

Por outro lado, analisando o tempo de detenção hidráulica, observou-se que esta variável não exerce influência significativa na capacidade de remoção do carvão de bambu pois os ensaios 8 e 9 mostraram que, aumentando-se o tempo de detenção para 70 minutos, houve um aumento da remoção em 18%, porém nos ensaios 10 e 11, utilizando 50 minutos de detenção, não se observa aumento de remoção.

Na etapa de realização de 3 filtrações subsequentes, o bambu de eucalipto apresenta melhor desempenho inicial que rapidamente diminui ao longo das 3 filtrações sendo que, após a terceira passagem, apresentou um desempenho discretamente inferior ao carvão comum de bambu, o que pode ser visualizado na figura 11.

Figura 11: Filtrações subsequentes utilizando o carvão comum de bambu e eucalipto.



Fonte: Os autores

Os últimos ensaios contaram com a redução dos pedaços do carvão comum de bambu, pensando-se desta forma aumentar a superfície de contato com a solução salina e consequentemente a superfície de adsorção. Foi considerada uma variação no tempo de detenção hidráulica de 10 minutos e de 50 minutos sendo os resultados finais bem similares,

variando de 23 a 24% de remoção, configurando esta interferência positiva para os objetivos principais deste estudo.

O carvão de bambu, seja normal ou ativado, é um material com uma estrutura altamente porosa, o que lhe garante uma alta capacidade de adsorção. Os ensaios foram responsáveis por investigar a maneira mais eficiente de aproveitamento dessa matéria prima para o tratamento de águas salobras, sendo que, a partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a menor dimensão do material garantiu uma maior remoção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do período de ensaios foram encontradas algumas dificuldades. A primeira foi a não acessibilidade de alunos ao laboratório de testes por longos períodos por conta da piora da pandemia de COVID-19. Outro impedimento foi a baixa quantidade de carvão ativado de bambu adquirido e a ausência do equipamento necessário para sua confecção no Campus. Para a produção do material é necessário um forno que atinja entre 800 e 1300°C com capela, contudo o Campus fornece esse forno sem a capela disponível, e com a impossibilidade de ser removido.

Ainda assim, foi possível a realização dos experimentos necessários para atingir resultados fidedignos. O bambu é um material com alta capacidade de adsorção, o que lhe garante uma alta eficiência na remoção de poluentes de águas e gases. No estudo foram abordados Carvão Ativado de Bambu, Carvão Comum de Bambu e Carvão Comum de Eucaliptos, a ponto de comparar o desempenho dos materiais no tratamento da água salobra. O carvão em si é um material carbonáceo, o que o faz possuir uma estrutura altamente porosa, assim como o próprio bambu. Já o carvão ativado é produzido quando há abertura de poros entre os átomos de carbono, potencializando a eficácia da adsorção de resíduos.

Observou-se nos ensaios realizados que a remoção de cloreto de sódio através do carvão comum de bambu é similar ao carvão comum de eucalipto, apesar de que este último perde eficiência mais rapidamente ao longo de filtrações subsequentes. A redução dos pedaços de carvão do leito de filtração, resultaram em um aumento da eficiência confirmando que o aumento da superfície de contato exerce influência positiva na remoção.

Contudo, é necessário a continuidade dos estudos de tratamento por meio de Carvão Ativado de Bambu, pois sua estrutura molecular aponta para um potencial de tratamento muito maior.

6. REFERÊNCIAS

MOURA M. S. B. de; GALVINCIO J. D.; BRITO L. T. de L.; SOUZA L. S. B. de; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. **Clima e água de chuva no semiárido**. EMBRAPA, 2007.

MAHANIM, S.; IBRAHIM W.A.; JALIL R.; ELHAM P.; SHAHARUDDIN, H. (2011). Production of Activated Carbon from Industrial Bamboo Wastes. **Journal of Tropical Forest Science**. 23(3). 417-424. 2011.

PARTEY S. T.; FRITH O. B.; KWAKU M. Y.; SARFO D. A.. Comparative life cycle analysis of producing charcoal from bamboo, teak, and acacia species in Ghana. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. 2016. DOI: 10.1007/s11367-016-1220-8.

SANTANA G.M.; PAES J. B.; MORAIS R. de M.; LOPES C. R.; LIMA C. R.. Activated carbon from bamboo (*bambusa vulgaris*) for methylene blue removal: prediction to the environment applications. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1181, 2018.

SANTANA G. M.; LELIS R. C. C.; JAGUARIBE E. F.; MORAIS R. de M.; PAES J. B.; TRUGILHO P. F.. Development of activated carbon from bamboo (*bambusa vulgaris*) for pesticide removal from aqueous solutions. **CERNE**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2017.

ZANELA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do Semiárido nordestino**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 36, p. 126-142, 2014.

AMORIM M.C.C.; PORTO E. R.; MATOS A. N. B. e SILVA D.F..**Diagnóstico de sistemas de dessalinização de água salobra subterrânea em municípios do estado da Paraíba – Brasil**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, 2004.

Contatos: theofr2000@uol.com.br e liliane.armelin@mackenzie.com.br