



Uso de membrana cerâmica para remoção de cor, turbidez e indicadores de microrganismos em águas subterrâneas

Use of ceramic membranes in the Removal of Colour, Turbidity and Microorganisms Indicators of Underground Waters

Felipe Augusto Rodrigues Marques¹

Rodrigo Vieira Alves²

Kepler Borges França³

Resumo: Existem aquíferos que apresentam elevadas quantidades de água, sendo que se encontram impróprias para consumo humano, devido a composição geológica do solo no semiárido ser constituído de rochas cristalinas. Com isso faz-se necessário buscar novas tecnologias para purificar a água. O objetivo deste trabalho é estudar a eficiência de membrana cerâmica tubular, na remoção de cor, turbidez e indicadores de microrganismos. As fontes hídricas, escolhidas para o desenvolvimento desta pesquisa, são de origem subterrânea. O sistema de bancada foi construído no Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES). O uso da membrana cerâmica demonstrou ser a mais eficaz quando aplicada ao sistema com a água do poço 1, que obteve taxa de remoção de 78,76 % para turbidez e 100% para a cor, com fluxo estável de (183 L.h⁻¹. m⁻²). Em função da concentração dos componentes físicos do poço 2 ser superior ao do poço 1 houve uma redução do fluxo para 78 L.h⁻¹. m⁻², entretanto a taxa de remoção foi elevada alcançando os valores de 99,61% para turbidez e 93,75 para a cor. A membrana MP0225 demonstrou ser mais eficiente em termos de fluxo, quando aplicada ao poço 1.

Palavras-chave: Inovação tecnológica; tratamento de água; meio ambiente.

¹ UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

² UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

³ UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

Abstract: There are aquifers which present elevated quantities of water, but these are improper for consumption, due to the geological composition of the semiarid soil, which is constituted of crystalline rocks. Therefore, it is necessary to develop new means to purify water. The aim of this work is to study the efficiency of tubular ceramic membranes in removing colour, turbidity and microorganism indicators. The water sources chosen for the development of the research are underground sources. The benchscale system was constructed at Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES). The use of the ceramic membrane has shown to be most efficient when applied to the system with water from the well 1 which had a removal rate of 78.76% for turbidity and 100% for colour, and stable flux of 183 L.h⁻¹.m². Due to the physical components concentration of well 2 is higher than that of well 1 there was a reduction of the flux 78 L.h⁻¹.m². However, the rate of removal was still high, reaching values of 99.61% for turbidity and 93.75 for colour. The membrane MP0225 demonstrated to be more efficient in terms of flux when applied to well 1.

Keywords: Technological innovation; water treatment; environment.

1. Introdução

A água é distribuída de forma irregular no planeta, no Brasil, as condições atuais de disponibilidade e consumo mostram que na maior parcela do território nacional não há insuficiência de recursos hídricos, entretanto existe uma má distribuição desses recursos, sobretudo no semiárido nordestino. Com esse problema buscam-se outras fontes de abastecimento, por exemplo: água de rios, oceano, lagos, açudes e poços. As águas contidas no subsolo encontram-se relativamente melhor protegidas contra agentes potenciais ou efetivos de poluição. Os aquíferos não sofrem processos de assoreamento, nem perdem grandes volumes de água por evaporação (Marques, *et. al*, 2013).

Existem aquíferos que apresentam elevadas quantidades de água, sendo que se encontram impróprios para consumo humano devido à composição geológica do solo do semiárido ser embasado em rochas cristalinas. Com isso faz-se necessário buscar novas tecnologias para purificar a água, como por exemplo, o uso das membranas cerâmicas (Strathmann, 2006).

Membranas são definidas como sendo barreiras semipermeáveis que atuam em processos de separação de componentes. Aquelas substâncias que atravessam a membrana são denominadas de permeado. Enquanto que as que ficam retidas na superfície da membrana recebem o nome de concentrado (Habert *et. al*, 2006).

As membranas cerâmicas encontram larga aplicação, principalmente em processos cujas temperaturas de trabalho são superiores a 250 °C, como também na separação de soluções em que o pH é extremamente ácido, ou mesmo quando há solventes orgânicos no sistema. Em contrapartida, as membranas cerâmicas apresentam a desvantagem de apresentar um alto custo de fabricação, principalmente em relação às matérias-primas que são geralmente sintéticas (zircônia, alumina, titânia e sílica). Atualmente, o principal foco de preocupação no desenvolvimento destas membranas é otimizar os custos de produção, encontrando matérias-primas naturais a preços mais competitivos, além de processos de produção mais eficientes, como a extrusão. A produção de membranas por extrusão permite sua utilização em processos de fluxo tangencial, possibilitando a sua aplicação em microfiltração, (Silva e Lira, 2006).

Processos industriais que envolvem separação de fases como destilação, filtração, absorção, troca iônica e centrifugação, tiveram na década de 70 a adição de uma nova classe de processos que utilizam membranas sintéticas como barreira de separação (Habert *et al*, 2006).

Tanto as membranas orgânicas quanto as inorgânicas tem sido utilizadas para os mais amplos setores de tratamento de efluentes, tratamentos de água, separação água óleo e na separação de gases. Com as membranas inorgânicas pode-se trabalhar em condições severas de operação por apresentar estabilidade térmica, química e mecânica. As membranas inorgânicas apresentam outras vantagens quando comparadas as membranas orgânicas, durabilidade a altas temperaturas, resistência a ataque biológico e à esterilização a vapor, por isso sua contaminação por bactérias é pouco provável. Tal aspecto é altamente atrativo para a indústria alimentícia e farmacêutica (Silva *et. al*, 2014).

A fabricação de membranas cerâmicas tem se destacado nos últimos anos, sendo produzidas

com materiais reaproveitados, segundo Lima (2011) quando aproveitou o resíduo da serragem do granito para fabricação de membrana cerâmica, observou em seus experimentos uma potencialidade de uso em processos de micro e ultrafiltração.

O presente trabalho objetiva estudar a eficiência de membrana cerâmica tubular na remoção de cor, turbidez e indicadores de microrganismos que possam estar contaminando as fontes de abastecimento alternativas.

2. Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Referência em Dessalinização - LABDES, no âmbito da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e consistiu em duas etapas: a primeira foi a construção e caracterização do sistema de bancada, Figura 1, utilizando água deionizada com a finalidade de obter as melhores condições de operação e na segunda etapa, o uso de águas subterrâneas de dois poços para avaliar o efeito de remoção de parâmetros físicos e microbiológicos.

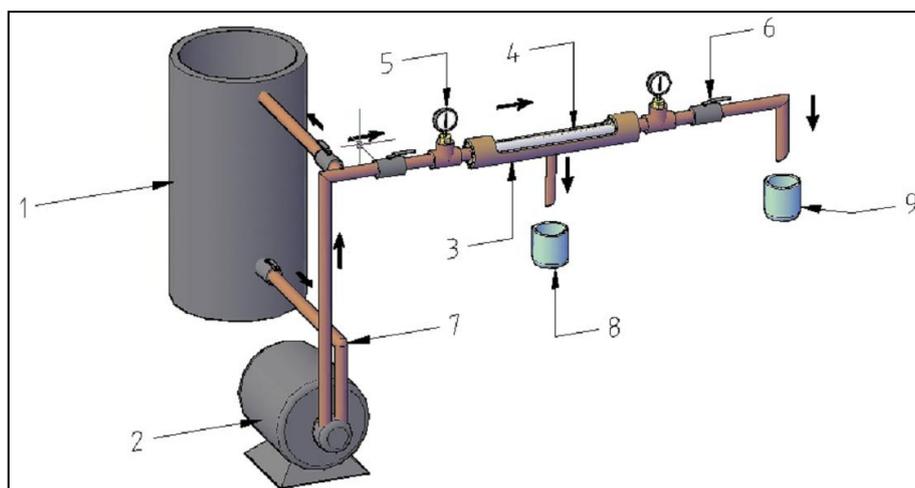


Figura 1. Esquema do sistema de caracterização da membrana cerâmica.

O sistema é composto de:

- 1 – Reservatório de polipropileno(V = 40L) ;
- 2 – Motor bomba de alta pressão (Potência = 0,5 CV) ;
- 3 – Permeador;
- 4 – Membrana MP2025;
- 5 - Manômetro;
- 6 – Válvula de esfera;
- 7 – Tubulação de pvc;
- 8 – Coletor de permeado;
- 9 – Coletor de concentrado.

A membrana foi nomeada de MP0225 e possui uma parede interna com dois canais, 25 milímetros de diâmetro, 40% de porosidade, tamanho do poro 0,9 micrometro e área de 0,025 m². A membrana pode ser observada na Figura 2(a) e (b).

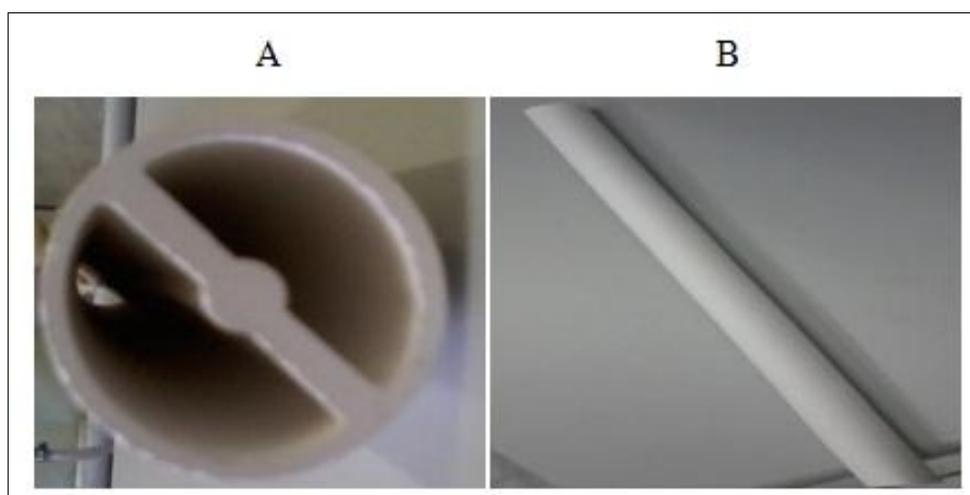


Figura 2. Membrana cerâmica utilizada.

Para caracterização da membrana com água deionizada, foram realizadas variações de pressões no intervalo de 1,0 à 4,0 bar, essa variação de pressão foi fornecida ao sistema variando-se a abertura de uma válvula de esfera. Após a realização desses testes foi analisado qual é a melhor pressão de operação para uma utilização mais eficiente da mesma.

Após a caracterização do sistema com água deionizada foram realizados experimentos com água oriunda do poço 1, situado na comunidade de Uruçu, São Joao do Cariri – PB e poço 2 situado na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG e estudada a remoção da cor, turbidez e indicadores de microrganismo.

2.1 Análises físicas e bacteriológicas

Após os experimentos, foram coletadas amostras da alimentação e do permeado, nas quais foram feitas análises físico-químicas e microbiológicas. A metodologia das análises foi baseada nas recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Apha, 1998).

2.2 Taxa de remoção e recuperação da membrana

Foi estudado a taxa de remoção e a recuperação de água do permeado da membrana. A taxa de remoção (TR) foi calculada pela Equação 1.

$$E(\%) = \frac{c_a - c_p}{c_a} * 100 = \left(1 - \frac{c_p}{c_a}\right) * 100 \quad (1)$$

onde:

E: taxa de remoção (%);

C_a: é a concentração de alimentação (mg/L);

C_p: é a concentração do permeado (mg/L).

Enquanto que, a recuperação do permeado da membrana foi calculada utilizando a Equação 2 (TAYLOR e JACOBS, 1996).

$$r(\%) = \frac{Q_p}{Q_a} \times 100 = \frac{Q_p}{Q_p + Q_c} \times 100 \quad (2)$$

onde:

r: recuperação do sistema (%)

Q_p : vazão do permeado (m^3/h)

Q_a : vazão da alimentação (m^3/h)

Q_c : vazão do concentrado (m^3/h)

2.3 Limpeza da membrana

Para melhorar desempenho da membrana foi realizado um processo de limpeza física, onde a membrana foi submetida à uma corrente de ar comprimido com a finalidade de desobstruir os poros da membranas em função do diminuição dos fluxos de água permeada.

3. Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta o comportamento do fluxo de água deionizada em função do tempo através da membrana MP0225, para a faixa de pressão de 1,0 bar a 4,0 bar.

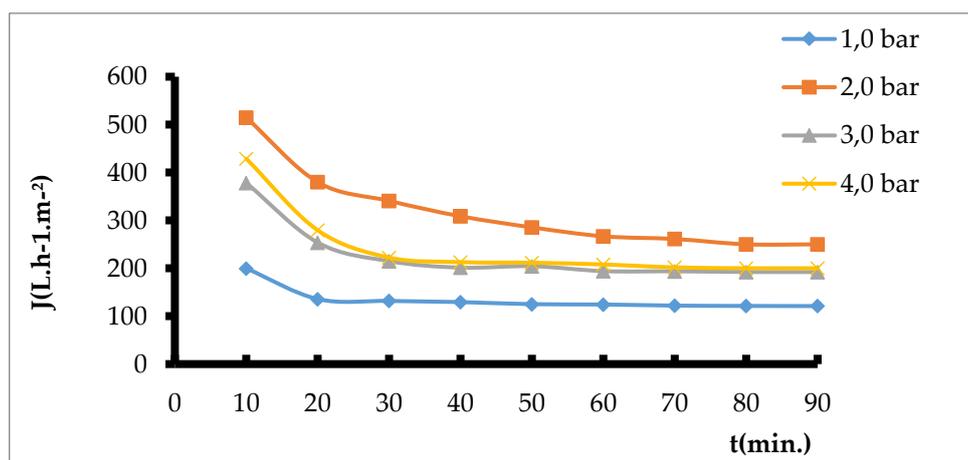


Figura 3. Comportamento do fluxo de água deionizada.

Observou-se que as curvas apresentaram comportamentos similares. Dentre os sistemas o que apresentou maior fluxo foi utilizando a pressão de 2,0 bar, que atingiu o fluxo estável de 250 L.h-1m-2, sendo assim, os com as águas dos poços foram realizados com essa pressão. Para as bateladas nos sistemas de 3,0 e 4,0 bar os fluxos foram praticamente iguais e o menor foi o de 1,0 bar.

Analisando a Figura, 4 é possível observar o comportamento da membrana MP0225 em relação aos fluxos de permeado utilizando a pressão de 2,0 bar e aplicados no ensaio utilizando a água do poço 1 e a do poço 2. Observou-se que os fluxos se estabilizaram a partir de 80 minutos de operação, mostrando que o poço 1 apresentou um valor superior (183 L.h-1m-2) em relação ao do poço 2 (78 L.h-1m-2). A diferença de 57% em relação aos valores dos fluxos pode ser explicada em função das concentrações dos componentes físicos, serem diferentes.

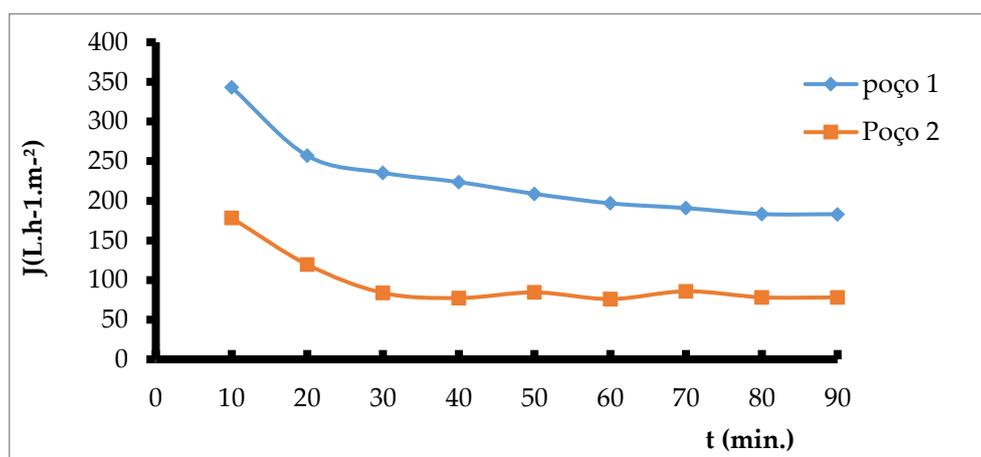


Figura 4. Comportamento do fluxo no ensaio com as amostras dos poços.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos valores obtidos com as análises da: turbidez, cor, indicadores de microrganismo, a qualidade do permeado (P30, P60, P90 min) e concentrado (C30, C60, C90 min) e a taxa de remoção do sistema. Observou-se que a água do poço 1 apresentou cor elevada, acima do valor máximo permitido que é de 15 mg(Pt-Co/L). Após a permeação através da membrana a taxa de remoção da cor para a água do poço 1 foi de 100%, enquanto que para a turbidez foi de 78,76% NTU. Estes resultados indicam que a água ficou dentro dos padrões recomendáveis pela legislação brasileira (Portaria 2914/11 MS). Com relação às análises bacteriológicas, verifica-se ainda pela Tabela 1 que a membrana possui potencial de remoção de bactérias do tipo coliformes totais e E.coli.

Tabela 1. Dados obtidos durante ensaio com a membrana MP0225 utilizando a água do poço 1 e $R(\%) = 63,4$.

Água do poço Uruçu (PB)	P30	P60	P90	C30	C60	C90	TR (%)	
Turbidez (NTU)	1,13	0,3	0,3	0,24	0,55	0,5	0,52	78,76
Cor (mgPt-Co/L)	35	0	0	0	30	25	25	100
Coliformes Totais	Sim	-	-	Não	-	-	Sim	-
E.coli	Não	-	-	Não	-	-	Não	-

A Tabela 2 apresenta os resultados dos valores obtidos pela análise da: turbidez, cor e indicadores de microrganismos, para a água do poço 2. Após o ensaio com a membrana MP0225 a redução foi de 93,75% para cor e 99,61% para turbidez, o que mostra que a membrana é bastante eficaz para a separação desses dois componentes físicos e também mostrando eficiência em relação à remoção de microrganismo. Em geral, o comportamento durante o tempo de ensaio apresentou uma fase decrescente, esse comportamento se deve à redução do fluxo e conseqüentemente o entupimento dos poros.

Tabela 2. Dados obtidos durante ensaio com a membrana MP0225 utilizando a água do poço 2 e $R(\%) = 62,2$.

Água do poço da UFCG (PB)	P30	P60	P90	C30	C60	C90	TR(%)
Turbidez(NTU)	114	0,84	0,6	0,45	94,8	90,3	87,9
Cor(mgPt-Co)	160	10	10	10	110	100	80
Coliformes Totais	Sim	-	-	Não	-	-	Sim
E - coli	Não	-	-	Não	-	-	Não

3.1 Limpeza física da membrana

A Figura 5 apresenta os resultados da limpeza física utilizando ar comprimido para desobstruir os poros da membrana. Analisando os resultados houve um aumento de fluxo no ensaio com a água do poço 2 de 78 L.h-1m⁻², para 85 L.h-1m⁻², enquanto que no ensaio com a água do poço 1 verificou-se uma redução no fluxo de 183 L.h-1m⁻² para 135 L.h-1m⁻². Fato que se deve a água do poço 2 possuir elevada cor e turbidez, sendo assim, a limpeza física para o poço 2 apresentou-se mais eficiente.

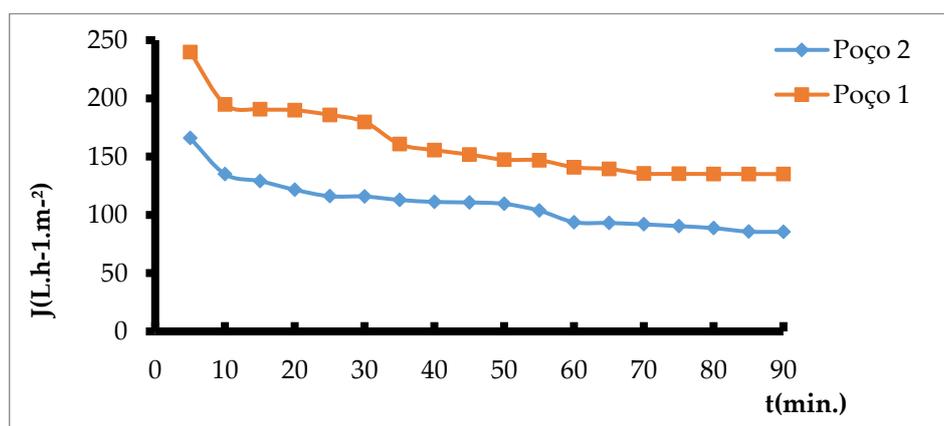


Figura 5. Variação do fluxo em função do tempo com pressão de operação de 2,0 bar após a limpeza física.

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de cor e turbidez e remoção de microrganismo após a limpeza física com ar comprimido observa-se que o comportamento dos resultados continuaram em fase decrescente, a taxa de rejeição foi de 77,47% na remoção de turbidez, 100% na retirada de cor e não houve presença de microrganismos.

Tabela 3. Dados obtidos após a limpeza física com a membrana MP0225 sob o efeito de 2,0 bar, utilizando a água do *poço 1*. R(%) = 56,9.

Água do poço de Uruçu (PB)	P30	P60	P90	C30	C60	C90	TR(%)	
Turbidez (NTU)	1,11	0,75	0,62	0,25	2,54	2,47	2,38	77,47
Cor (mgPt-Co)	25	10	0	0	15	15	10	100
Coliformes Totais	Sim	-	-	Não	-	-	Sim	-
E - coli	Não	-	-	Não	-	-	Não	-

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises de cor e turbidez e remoção de microrganismo após a limpeza física com ar comprimido para o poço 2. Apesar da água do poço 2 apresentar uma turbidez muito alta em relação a turbidez da água do poço 1, a membrana reduziu a turbidez para 99, 33%. Quanto à cor esta foi reduzida em 95%. Os resultados obtidos para ambos, turbidez e cor ficaram dentro dos padrões de potabilidade.

Tabela 4. Dados obtidos após a limpeza física com a membrana MP0225 sob o efeito de 2,0 bar, utilizando a água do *poço 2* e R (%) = 98,7.

Água do poço da UFCG (PB)	P30	P60	P90	C30	C60	C90	TR(%)	
Turbidez (NTU)	98,2	1	0,76	0,66	89,4	88,7	86,9	99,33
Cor (mgPt-Co)	100	15	10	5	30	50	80	95
Coliformes Totais	Sim	-	-	Não	-	-	Sim	-
E - coli	Não	-	-	Não	-	-	Não	-

4. Conclusões

O estudo da caracterização identificou que a pressão de 2,0 bar se adequou a morfologia da membrana possibilitando um maior fluxo (250 L.h-1. m-2), as pressões de 3,0 bar (200L.h-1. m-2) e 4,0 bar (200 L.h-1. m-2) foram praticamente iguais e a de 1,0 bar (121 L.h-1. m-2) obteve o menor fluxo.

A membrana demonstrou-se eficaz para o sistema com a água do poço 1 que apresentou um fluxo estável de(183 L.h-1. m-2) para uma rejeição de 78,76 % e 100% para turbidez e cor respectivamente. Em função da concentração dos componentes físicos do poço 2 em relação aos do poço 1 houve uma redução do fluxo (78 L.h-1. m-2), entretanto a remoção foi superior chegando a 99, 61% e 93,75 para turbidez e cor respectivamente. E ainda a remoção de indicadores de microrganismo utilizando a membrana apresentou dados satisfatórios.

Os valores iniciais dos fluxos para os ensaios com o poço 1 e 2 foram 183,30 L.h-1.m-2 e 78, 27L.h-1.m-2, a limpeza física não foi eficiente no ensaio com o poço 1, entretanto para o ensaio com o poço 2 houve um aumento de 8,64%.

5. Referências

- PHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 1998. 20th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation.
- HABERT, A. C., BORGES, C. P., NOBREGA, R., 2006, Processos de separação por membranas. Rio de Janeiro: E-papers, p. 181.
- LIMA, R. C. O., LIRA, H.L., NEVES, G. A. e SILVA, C. D. 2011. Aproveitamento do resíduo de serragem de granito para fabricação de membranas cerâmicas de baixo custo. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6 p. 163-169.
- MARQUES, F.A.R., FONTELES, C.H.P., QUEIROZ, F.J., SOBREIRA, H. A. e FRANÇA, K.B. 2013, Avaliação da qualidade da água dos sistemas de abastecimento emergenciais do município de Nazarezinho-PB. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande – PB.
- SILVA, F. A., LIRA, H. L. 2006. Preparação e caracterização de membranas cerâmicas de cordierita. Cerâmica vol. 52 p. 276-282.
- SILVA M. C., OLIVEIRA R. C., LIRA H. L. e FREITAS N. L., 2014. Obtenção de membrana cerâmica para tratamento de efluente da indústria têxtil. v. 9, p. 81-85.
- STRATHMANN, H.; GIORNO, L.; DRIOLI, E. 2006. An Introduction to Membrane Science and Technology. Institute on Membrane Technology. University of Calabria. Italy.
- TAYLOR, J.S.; JACOBS, E.P. 1996. Reverse osmosis and nanofiltration. Water Treatment Membrane Processes. pp. 9.1 McGraw Hill, New York.