

 10.46943/VII.CONAPESC.2022.01.010

MEMBRANA CERÂMICA DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARGILA CHOCOBOFE, CONCENTRADO DE MAGNESITA E RESÍDUO DE GRANITO

EDILÂNIA SILVA DO CARMO

Doutoranda em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, edilania.carmo@eq.ufcg.edu.br

ANA BEATRIZ ARAÚJO FRANÇA

Graduanda em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, biafranca1005@gmail.com

MEIRY GLÁUCIA FREIRE RODRIGUES

Professora orientadora: Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, meiry.freire@eq.ufcg.edu.br

RESUMO

O aumento do crescimento populacional, juntamente com a melhoria do crescimento econômico, trouxe sérios problemas, incluindo o aumento contínuo das quantidades de resíduos industriais. Os resíduos resultantes representam um desafio ambiental significativo, causam danos ambientais e efeitos nocivos a saúde humana e animal se forem liberados no meio ambiente sem o devido procedimento de descarte. Dentro deste contexto, as membranas possuem um papel cada vez mais importante no enfrentamento desse desafio. Os processos de separação que envolvem as membranas cerâmicas têm apresentado elevado potencial de aplicações em diversos setores industriais, porém as membranas cerâmicas apresenta um custo maior quando são produzidas com matérias-primas que são usualmente sintéticas (zircônia, alumina e titânia). Portanto, a principal preocupação no desenvolvimento das mesmas é a minimização dos custos e a obtenção de processos de produção mais eficientes. Neste trabalho foi produzida membrana cerâmica

via compactação a seco uniaxial utilizando a combinação de matéria-prima de baixo custo e baixa temperatura de sinterização (650 °C) com o objetivo de reduzir o custo de preparação. A membrana foi preparada com resíduo de granito, magnesita junto com amido de milho em combinação com a argila chocobofo. As matérias-primas foram caracterizadas por difração de raios X, Espectrofotometria de Raios X, Energia Dispersiva e análise termogravimétrica. Foram realizados testes de resistência mecânica, porosidade, além da caracterização por DRX da membrana cerâmica de baixo custo. O comportamento da membrana foi avaliado por medidas de fluxo de água pura em sistema de escala de bancada, utilizando um módulo de aço inox nas seguintes condições: Pressão de 2 bar, Temperatura de 25 °C e tempo de 60 minutos. Conclui-se que os resíduos de granito e concentrado de magnesita, junto com o amido de milho em combinação com a argila chocobofo, podem ser usadas na produção de membranas cerâmicas de baixo custo com temperatura de sinterização de 650 °C.

Palavras-chave: Argila Chocobofo, resíduo industrial, membrana cerâmica, concentrado de magnesita, baixo custo.

INTRODUÇÃO

Uma membrana pode ser definida como uma partição seletiva, que sob o efeito de uma força motriz permitirá ou impedirá o fluxo de certos elementos entre os dois meios que separa. Uma força de transferência pode ser gerada por um gradiente de pressão, concentração ou potencial elétrico aplicado para induzir a permeação através da membrana (ISSAOIU e LIMOUSY 2019). A produção das membranas pode ser a partir de vários materiais, tanto orgânicos como no caso das poliméricas, quanto inorgânicos, que são as membranas cerâmicas, alumina e vidro. As membranas cerâmicas apresentam uma maior eficiência no processo de separação e com isso se tornam mais vantajosas que as poliméricas (SACHAN et al 2008).

Os processos de separação por membranas são muito usados na indústria química, substituindo as técnicas convencionais de separação (destilação, centrifugação, etc.) por apresentarem vantagens como, baixo consumo de energia, vida útil longa, ocupação de pouco espaço físico e facilidade de limpeza (BHAVE, 1991 e BODDEKER, 1995).

Em função das aplicações a que se destinam as membranas apresentam diferentes morfologias. De um modo geral, as membranas podem ser classificadas em duas grandes categorias: densas e porosas. As características superficiais das membranas que estão em contato com a solução a ser separada é que irão definir a utilização de uma membrana densa ou porosa (HABERT et al 2006).

As membranas são de extrema importância para a tecnologia de separação, uma vez que são processos rentáveis quando otimizados, dispensam a utilização de produtos químicos, operam à temperatura ambiente, são relativamente simples, possuem fácil utilização e podem ser aplicados na separação de ambas as misturas de líquidos e gases (ZAWRAH et al., 2014). Com isso, estão sendo cada vez mais usadas em muitos setores econômicos, pois além dessas características, possuem estabilidade química e térmica, resistência mecânica, vida longa e baixo impacto ambiental (COLLE et al., 2011; ELOMARI et al., 2015).

Portanto, processos menos onerosos devem ser investigados para realizar o tratamento de efluentes, uma vez que se trata de uma prática acessível e sustentável. As argilas são uma possível fonte de materiais de baixo custo e com excelentes características adsorventes. Um dos princípios da química verde é o uso de fontes renováveis de matéria prima (BOUAZIZIA et al., 2017). Cada vez mais as membranas cerâmicas são mais utilizadas em muitos setores industriais devido às suas vantagens atrativas, tais como melhor estabilidade química e

térmica, resistência mecânica mais valiosa, vida útil longa e impacto reduzido da poluição ao meio ambiente (BOUAZIZIA et al., 2017). A pesquisa é baseada no desenvolvimento de projetos de baixo custo, tornando o processo mais viável economicamente.

O Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais/UFMG tem desenvolvido diversos trabalhos sobre a produção de membranas e em particular, membranas a partir de fontes alternativas, conforme divulgado na literatura (SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2017; BARBOSA; BARBOSA; RODRIGUES, 2018; BARBOSA; DO CARMO; RODRIGUES, 2019; SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2020; DO CARMO et al., 2020).

A preparação de membranas cerâmicas porosas utilizando materiais de baixo custo tem atraído muito interesse. Com efeito, a escolha de matérias-primas adequadas (incluindo aditivos ou ligantes) é crítico para o desempenho da membrana. No entanto, com a crescente necessidade de recursos mais eficientes, com desempenho superior, muitos estudos foram conduzidos selecionando matérias-primas mais econômicas (por exemplo, resíduos industriais), adequadas para o uso pretendido e, em seguida, ajustando características e, portanto, permitindo que as membranas cerâmicas sejam adaptadas para uma diversidade de aplicações industriais. Muitas tentativas foram feitas por pesquisadores para produzir membranas cerâmicas porosas a partir de materiais específicos, mas suas aplicações industriais permanecem muito limitadas devido ao alto custo das matérias-primas utilizadas.

Portanto, processos de produção de membranas de baixo custo devem ser investigados para realizar o tratamento de efluentes industriais, uma vez que se trata de uma prática acessível e sustentável. As argilas são fontes possíveis de materiais de baixo custo e com excelentes propriedades.

Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo produzir membrana cerâmica utilizando matérias-primas de baixo custo. Um dos objetivos é verificar a viabilidade técnica da utilização do resíduo. Serão caracterizados, a argila chocobofe, o concentrado de magnesita e o resíduo de granito e a membrana produzida. Outro objetivo é sinterizar a membrana com baixa temperatura (650 °C).

METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia

Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG), Paraíba, Brasil.

Materiais

A argila chocobofe foi proveniente da empresa BENTONISA – Bentonita do Nordeste S.A., situada no município de Boa Vista, estado da Paraíba. O concentrado de magnesita é originado da empresa RHI Magnesita, situada no município de Brumado, estado da Bahia. O resíduo de granito foi cedido pela Marmoraria São José, situada na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba.

Reagentes utilizados: Água destilada, Óleo mineral, Argila chocobofe, concentrado de magnesita, Resíduo de granito.

Vidrarias/equipamentos/materiais auxiliares: Becker (1000, 100 e 50 ml), Pisseta, Peneira (malha 150), Espátula, Balança, Peneira plástica, Estufa (Ethik technology 400-TD), Mufla (Quimis 318 M), Almofariz e pistilo, Moinho de bolas (Quimis Q 298), Molde de aço inoxidável, Prensa mecânica (Bovenau P15200).

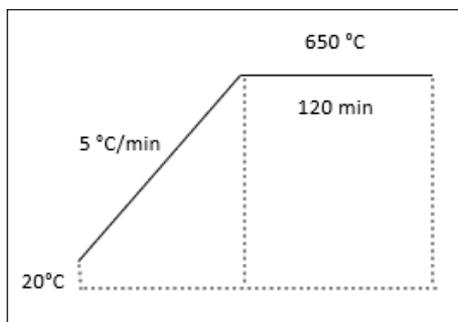
Preparação da Membrana cerâmica de baixo custo

Foram utilizados argila chocobofe, concentrado de magnesita e resíduo de granito em diferentes proporções. Após as misturas os referidos materiais foram colocados num moinho de bolas durante 2 horas para homogeneização. Após esse tempo, as bolas cerâmicas foram lavadas com água destilada para retirada dos materiais, e submetidos ao processo de secagem em estufa a 100 °C até total remoção da água. A etapa subsequente foi a maceração e o peneiramento (ABNT# 150). Então, foram pesadas 3,5 gramas desta massa e colocada num molde de aço inoxidável para etapa seguinte que é a prensagem uniaxial a seco, onde, as massas foram prensadas a 1 tonelada durante 60 segundos. As membranas cerâmicas planas em forma de disco foram produzidas, com 22 mm de diâmetro e 4 mm de espessura.

Processo de secagem e sinterização

As membranas cerâmicas planas em forma de disco foram submetidas ao processo de secagem em estufa durante 24 horas com temperatura de 100 °C. Após a secagem, as referidas membranas foram conduzidas a sinterização em forno mufla com temperatura de 650 °C sob uma taxa de aquecimento de 5°C. min⁻¹ durante 2 horas. A rampa de aquecimento está apresentada na Figura 1.

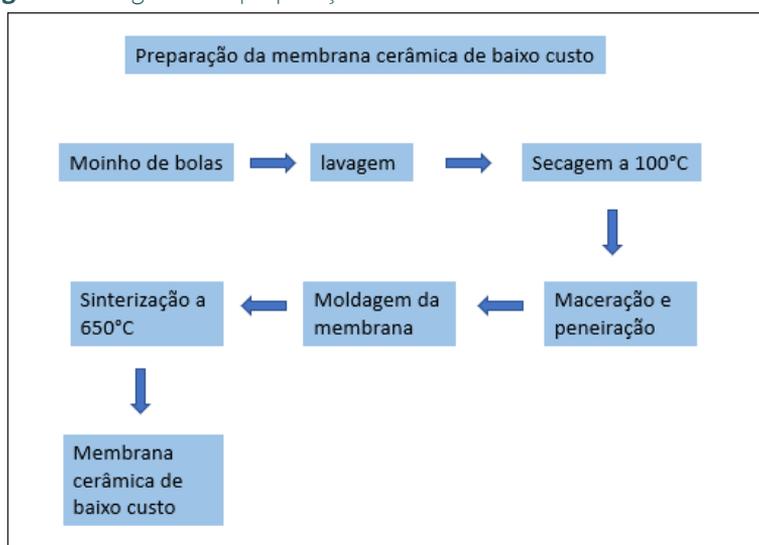
Figura 1 - Rampa de aquecimento utilizada na sinterização da membrana cerâmica de baixo custo.



Fonte: Própria (2022)

O diagrama de preparação da membrana cerâmica de baixo custo é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de preparação da membrana cerâmica de baixo custo.



Fonte: Própria (2021)

Caracterização Difratometria de raios X (DRX)

Neste trabalho foi usado o método de medição que consiste na incidência dos raios X sobre a amostra em forma de pó, compactada sobre um suporte. O

aparelho utilizado é da marca Shimadzu XRD-6000 com radiação CuK α , tensão de 40 KV, corrente de 30 mA., tamanho do passo de 0,0 20 (2θ) e tempo por passo de 1 s, com velocidade de varredura de 2 ° (2θ) /min, com ângulo 2θ percorrido de 2 a 50 °.

Determinação da Porosidade Aparente

A determinação da porosidade aparente foi determinada pelo método de imersão, que é baseado no princípio de Arquimedes, utilizando água como fluido, conforme ASTM C 20 (2000). A determinação foi realizada com o auxílio de uma balança analítica.

O ensaio foi realizado utilizando tréplicas para cada formulação. Após a obtenção da massa seca, imersa e úmida, dos corpos cerâmicos, foi possível calcular a porosidade aparente utilizando a Equação 1.

$$PA = \frac{Mu - Ms}{Mu - Mi} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: Mu = massa úmida; Ms = massa seca; Mi = massa imersa

Resistência mecânica

A resistência mecânica da membrana cerâmica foi de acordo com a norma técnica ASTM C158 numa máquina de teste universal (Instron 1000 KN EMIC). O teste de compressão foi utilizado para avaliar a resistência à tração do suporte cerâmico.

Análises Térmicas

As curvas termogravimétricas (TG), e térmica diferencial (DTA) foram obtidas em um equipamento modelo DTG-60H da marca Shimadzu em atmosfera de ar, a uma taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹ e temperatura máxima de 1000 °C.

Microscopia Eletrônica de varredura

A análise da Microscopia Eletrônica de Varredura é utilizada para avaliação da morfologia e tamanho de cristais utilizando o microscópio ZEISS EVO MA10 e

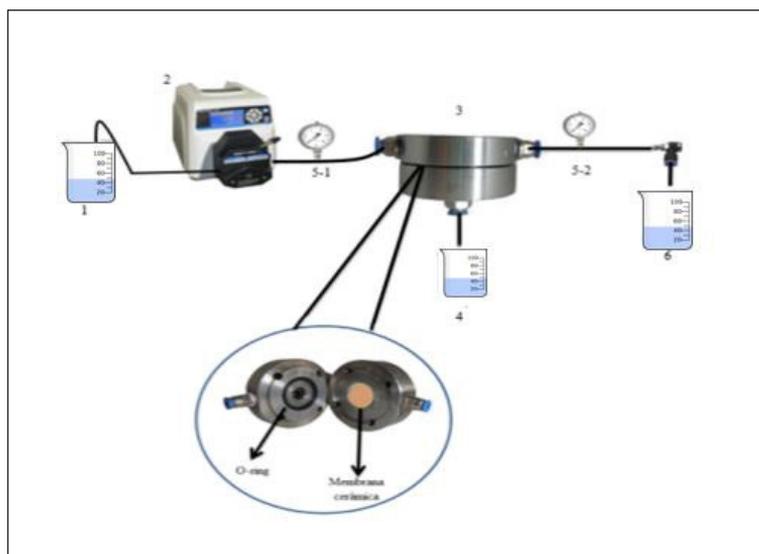
metalização com ouro. As análises foram realizadas na Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

O procedimento de preparação dos materiais para análise de pó consistiu na deposição de uma pequena quantidade do sólido fixada na porta amostra e dispersa com cetona P.A. Em seguida, foi depositada uma fina camada de ouro (metalização) para melhorar a condução da amostra.

Medidas de fluxo de água

A Figura 3 apresenta o sistema utilizado para medições de fluxo de água pura através das membranas cerâmicas em função do tempo. Um módulo de aço inoxidável foi usado nos experimentos. A área efetiva da membrana no módulo foi de $3,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Os experimentos foram realizados a temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Figura 3 - Sistema de permeação utilizado para avaliação da permeabilidade da membrana cerâmica de baixo custo.



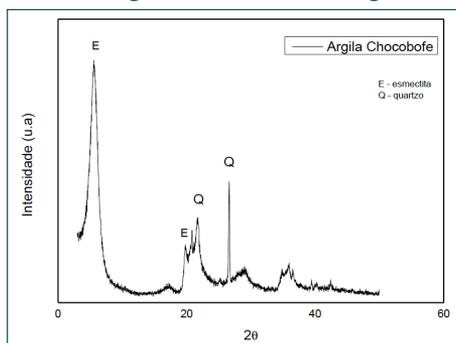
Fonte: Própria (2022)

O sistema é constituído por um tanque de alimentação (Becker de 500ml) (1), uma bomba peristáltica- Cole Parmer (bomba de alimentação) (2), dois manômetros (5-1 e 5-2), um módulo de aço inoxidável (3), reservatório para o permeado (Erlenmeyer 125 ml) (4).

Resultados e Discussões

O difratograma da argila chocobofo está apresentado na Figura 4.

Figura 1 - Difratograma de raios X da argila chocobofo.

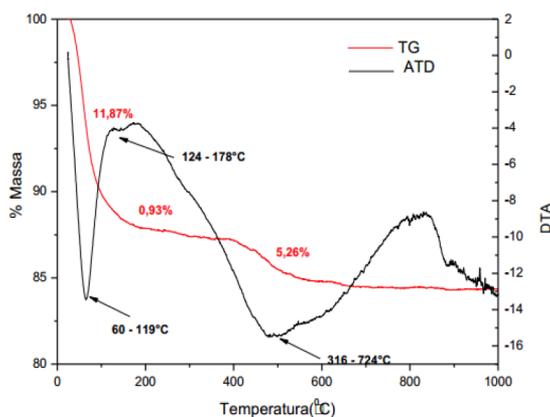


Fonte: Própria (2022)

De acordo com difratograma de raios X (Figura 4) é possível verificar que a argila chocobofo possui o pico característico do argilomineral esmectita, com um espaçamento basal $d(001)$ de 15,61 Å (EREN, 2008). Outras reflexões são observadas que correspondem ao quartzo. As linhas cristalinas notáveis no padrão de difração da argila chocobofo são idênticas àquelas registradas no arquivo de dados de raios-X [E-Smectite (JCPDS 00-013-0135), Q-Quartz (JCPDS 01-078-2315)] para a fase identificação.

Na Figura 5 são mostradas as curvas TG e DTA da argila chocobofo.

Figura 2 - Curvas termo analíticas da argila chocobofo.



Fonte: Própria (2022)

Observando a curva termogravimétrica da argila chocobofo (Figura 5), constata-se 3 estágios de perdas de massa. No primeiro estágio, é possível observar uma perda de massa de 11,87 % correspondente a faixa de temperatura entre 124-178 °C que está associada à perda de água livre.

Pela curva termodiferencial pode-se verificar o caráter endotérmico dessas perdas que ocorre entre 60 e 119°C; percebe-se também uma perda de massa de 0,93 entre 124 e 178°C, provavelmente devido à perda de matéria orgânica presente nas argilas. No segundo estágio, outra perda de massa da ordem de 5,26 % é observada entre 316 e 724°C devido à perda de hidroxila estrutural do argilomineral (STAGNARO et al., 2015; CAGLAR et al., 2009), com um pico acentuado em aproximadamente 500 °C. Quando a argila esmectita apresenta uma banda endotérmica nesta temperatura (500 °C) é devido a alta quantidade de ferro presente na mesma (SOUZA SANTOS, 1992). Analisando os resultados da argila foi possível observar termogramas bastante semelhantes com perfil de curva característico de argilas contendo argilominerais do grupo da esmectita. A perda total de massa foi de 15,23 % para a argila chocobofo.

A composição química do concentrado de magnesita é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química do concentrado de magnesita.

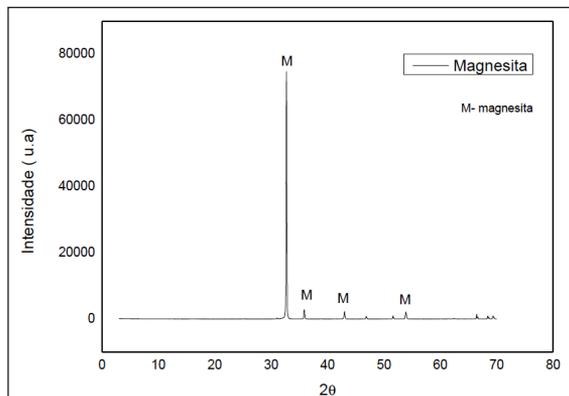
Composição Química	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	CaO
% mássica	98,32	0,38	0,06	0,26	0,1	0,88

Fonte: Própria (2022)

A partir dos resultados obtidos por FRX, pode ser visto claramente que o concentrado de magnesita é composto principalmente de MgO e pequenas quantidades de outros óxidos como Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, MnO e CaO, que são inferiores a 2,0 %. Estes resultados se assemelham com os valores encontrados na literatura (GARCIA et al., 2008).

Na Figura 6 está apresentado o difratograma de raios X do concentrado de magnesita.

Figura 3 - Difratoograma de raios X do concentrado de magnesita.

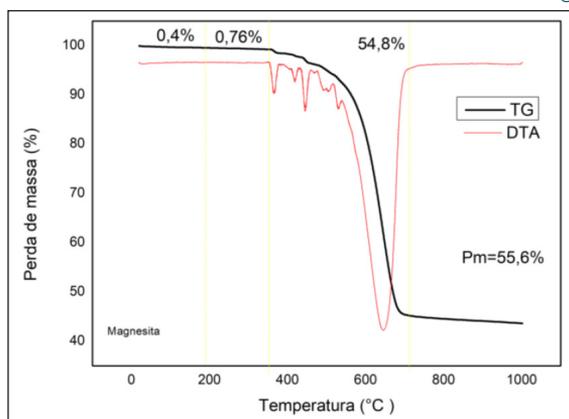


Fonte: Própria (2022)

A partir do difratograma do concentrado de magnesita (Figura 6), pode ser observado que os picos de difração do produto correspondem ao óxido de magnésio (MgO , JCPDS 00-045-0946), e nenhuma outra impureza é detectada, indicando que o produto obtido é MgO , ou seja, o concentrado de magnesita usado neste trabalho apresenta um alto grau de pureza.

Na Figura 7 estão apresentadas as curvas TG e DTA do concentrado de magnesita.

Figura 7- Curvas termo analíticas do concentrado de magnesita.



Fonte: Própria (2022)

Observando a curva termodiferencial do concentrado de magnesita (Figura 7) é possível verificar que, a primeira perda de massa de 0,5 % em peso

correspondeu à faixa de temperatura de 30 a 200 °C é devido à eliminação da água livre e absorvida. A principal perda de massa de 54,8 % observada entre 345 e 705 °C é resultante da decomposição do carbonato de magnésio.

Esse fato pode ser confirmado pelo pico endotérmico (646 °C) na curva DTA. A composição química do resíduo do granito é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição química do resíduo de granito.

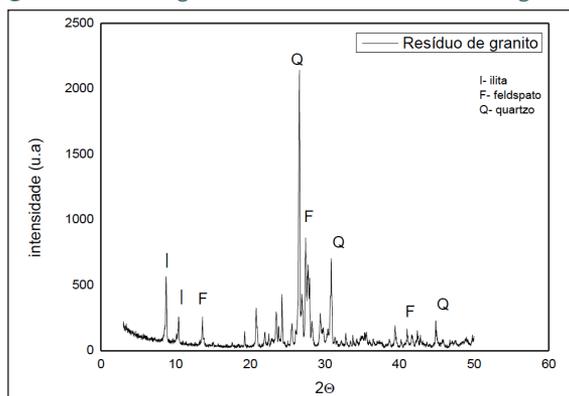
Composição Química	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	SO ₂
% mássica	46,13	24,85	16,94	8,32	2,02	0,90

Fonte: Própria (2022)

Pode ser visto claramente que o resíduo de granito é composto principalmente de SiO₂, CaO e Fe₂O₃. Foi possível observar ainda teores significativos de K₂O (8,32 %) e TiO₂ (2,02 %). A sílica é derivada principalmente do quartzo presente na rocha granítica, o óxido de potássio é decorrente do feldspato (MENEZES et al., 2007; AHMADI et al 2022).

O difratograma do resíduo de granito está apresentado na Figura 8.

Figura 4 - Difratograma de raios X do resíduo do granito.

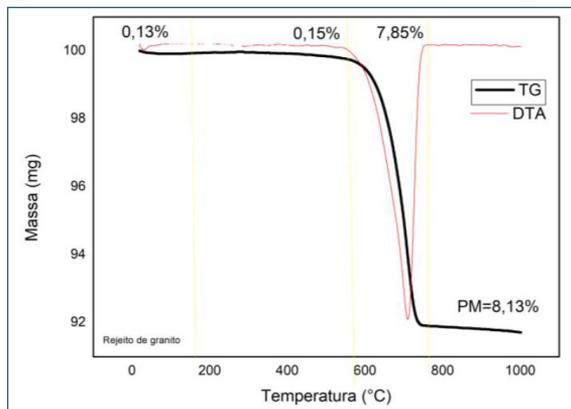


Fonte: Própria (2022)

A partir do difratograma, verifica-se os picos característicos de quartzo, feldspato e ilita, identificados de acordo com as fichas padrões JCPDS 01.086.1628, JCPDS 00.010.0393 e JCPDS 00.026.0911, respectivamente.

Na Figura 9 estão apresentadas as curvas TG e DTA do resíduo de granito.

Figura 5 - Curvas termo analíticas do resíduo de granito

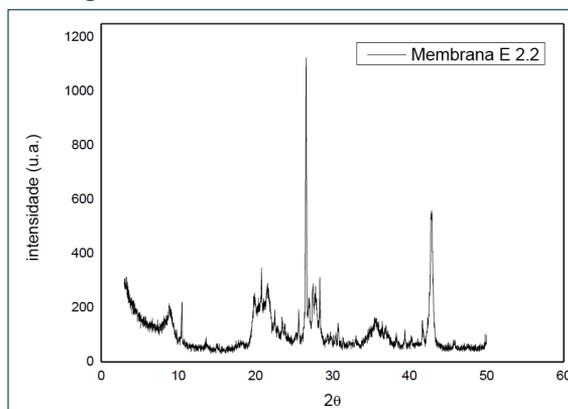


Fonte: Própria (2022)

Verifica-se que a primeira perda de massa foi de 0,13 % e ocorreu na temperatura máxima de 175,51 °C correspondente à presença de água livre e adsorvida no material. A segunda perda de massa foi de 0,15 % e ocorreu em torno de 556,79 °C referente à transformação do quartzo α em quartzo β . A maior perda de massa foi de 7,85 % ocorreu em 769,21 °C e está relacionado à presença de hidroxilas da mica. A partir da curva termogravimétrica, observa-se que a perda de massa total é de 8,13 % (LIMA, 2014).

A Figura 10 apresenta o difratograma de raios X da membrana cerâmica de baixo custo após a sinterização com temperatura de 650 °C.

Figura 10 - Difratogramas de raios X da membrana cerâmica de baixo custo.



Fonte: Própria (2022)

O método mais comum para modificar fisicamente um material cerâmico é por meio de tratamento térmico. A estrutura e a composição de argilominerais pode ser modificada por aquecimento em alta temperatura (HUSSIN et al., 2011). No aquecimento, todos os argilominerais passam através de uma faixa de temperatura na qual eles são desidratados para vários graus. Na região superior deste intervalo de temperatura, desidratação e desidroxilação podem se sobrepor. A desidratação causa mudanças que podem ser controladas e utilizadas (HELLER-KALLAI e BERGAYA, 2006).

Comparando a Figura 10 com a Figura 4, observou-se que não pode mais ser percebida a fase mineralógica esmectita, anteriormente observada no difratograma da argila, fato esse, já esperado, uma vez que a esmectita começa a sofrer modificações em sua estrutura a partir de 300 °C, com a desidratação da montmorilonita e de forma acelerada a partir de 500 °C, de acordo com os autores (GARDOLINSKI et al., 2003), através do aumento da temperatura o teor de caulinita hidratada e a distância interplanar basal dos produtos intermediários são gradativamente reduzidos, até a obtenção da caulinita com desordem estrutural, à temperatura de 250 °C (GARDOLINSKI et al., 2003; LIMA, 2014). Ocorreram também a redução dos picos referentes ao quartzo e surgimento de picos referentes a ilita, caulinita e a magnesita.

Na Tabela 3 estão apresentadas as propriedades da membrana cerâmica de baixo custo.

Tabela 3 – Propriedades da membrana cerâmica de baixo custo.

Membrana	Porosidade (%)	Força Mecânica (MPa)	Fluxo de Água (L.m ⁻² .h ⁻¹)	Tamanho Médio dos poros (µm)	Referências
Argila+ Magnesita+ resíduo de granito	45,00	1,04	160,00	0,21	Este trabalho
Argila bofe + Magnesita + Amido	65,64	1,78	92,00	-	ARAÚJO E RODRIGUES, 2021

A resistência mecânica encontrada para a membrana foi de 1,04 MPa. Valor esse muito inferior aos encontrados na literatura (VASANTH, PUGAZHENTHI, e UPPALURI, 2011). Sobretudo porque a temperatura de sinterização neste trabalho (650 °C) é inferior a temperatura estudada na literatura (superior a 900 °C). Porém, em trabalho realizado pelos autores (ARAÚJO E RODRIGUES, 2021) na produção de membrana cerâmica de baixo custo foi utilizada a combinação da

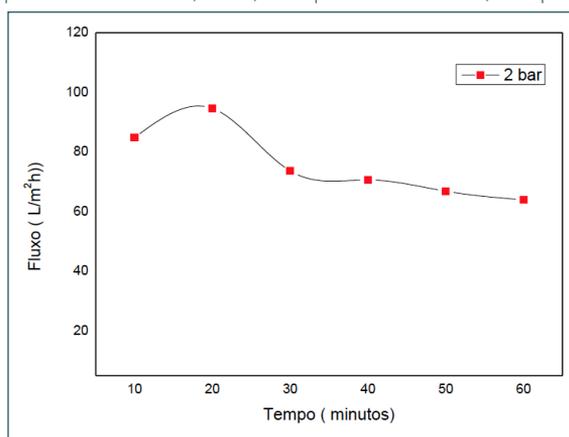
Magnesita, amido e argila bofe com temperatura de sinterização de 650 °C constatou-se o valor de resistência mecânica similar (1,78 MPa) ao encontrado neste trabalho (1,04 MPa).

O valor da porosidade da membrana foi de 45,00 %, enquanto o diâmetro médio de poros foi de 0,21 μm . Este valor de porosidade foi inferior ao valor encontrado (65,64 %) pelos autores (ARAÚJO E RODRIGUES, 2021). Este fato evidencia que o resíduo de granito interfere nas propriedades das membranas cerâmicas.

Os resultados da resistência mecânica, porosidade e diâmetro médio de poros reflete nos resultados encontrados para as medidas de fluxo de água, porém as explicações não são tão simples, sobretudo porque são vários parâmetros envolvidos na preparação das membranas cerâmicas. Existem dificuldades de interpretar os dados, uma vez que não há relações diretas entre as propriedades das membranas e as medidas de fluxo de água, ou seja, as relações são complexas entre as propriedades e as medidas de fluxo de água.

Na Figura 12 estão mostrados os resultados de fluxo de água para diferentes valores de pressão.

Figura 12 - Fluxo de água em função do tempo para a membrana de baixo custo. Condições operacionais: P = 2,0 bar, Temperatura = 25 °C, tempo = 60 minutos.



Fonte: Própria (2022)

A partir da Figura 12 foi possível observar que a membrana cerâmica de baixo custo apresentou fluxo de 160 $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ para a pressão de 1 Mpa, 94 $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ para a pressão de 2 Mpa e 86 $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ para a pressão de 3 Mpa. A curva apresentada na Figura 12 indica que a estabilidade inicia por volta de 40 minutos.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos neste trabalho utilizando a membrana cerâmica de baixo custo. Além disso, são apresentados os resultados do desempenho de outras membranas cerâmicas de microfiltração.

Tabela 4 - Resultados de microfiltração de membranas cerâmicas de baixo custo.

Composição	Método de preparação	Sinterização (°C)	Pressão (bar)	Fluxo (L.m ⁻² .h)	Referência
Argila+Magnesita+ resíduo de granito	Compactação a seco uniaxial	650	2,0	94,00	Este trabalho
Argila Brasgel+ amido	Compactação a seco uniaxial	650	2,0	16,53	SILVA, 2021
Argila bofe+amido	Compactação a seco uniaxial	650	2,0	28,54	ARAÚJO,
Argila bofe + Magnesita + Amido	Compactação a seco uniaxial	650	2,0	92,00	ARAÚJO E RODRIGUES, 2021

Fonte: Própria (2022)

As condições de produção das membranas (composição, método de preparação, sinterização) foram as mesmas que as apresentadas na literatura (SILVA et al., 2021; ARAÚJO et al., 2021). É importante ressaltar que o valor da porosidade da membrana preparada neste estudo (45,00 %) foi semelhante ao valor encontrado pelos autores (SILVA et al., 2021, que foi de 48,00 % e inferior a porosidade obtida pelos autores ARAÚJO et al., 2021).

No presente trabalho foi encontrado um valor de fluxo de água superior ao encontrado na literatura (SILVA et al., 2021; ARAÚJO et al., 2021). Este comportamento pode ser explicado em função deste estudo ter utilizado resíduo industrial (resíduo de granito) em sua composição.

Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos pelo FRX-ED, conclui-se que a argila Chocobofo possui elevado teor de sílica. A análise química mostra que esse material é composto por óxido de magnésio. As análises térmicas (ATD/TG) referentes a argila estudada evidenciaram transformações térmicas características das argilas esmectíticas.

O resíduo de granito contém SiO₂, CaO e Fe₂O₃ como principais constituintes.

Por meio deste estudo evidencia-se que os resíduos de granito e concentrado de magnesita, junto com o amido de milho em combinação com a argila chocobofe, podem ser usadas na produção de membranas cerâmicas de baixo custo pelo método de compactação a seco uniaxial com temperatura de sinterização de 650 °C. Essas evidências foram comprovadas pelos resultados de porosidade e resistência mecânica.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ/Pb) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (Capes), pelas bolsas concedidas.

Referências

AHMADI, F.S.; REISI, M.; AMIRI, C.M. Reusing granite waste in eco-friendly foamed concrete as aggregate. *Journal of Building Engineering*, v.46, 2022.

ARAÚJO, A.B.F.S.; CARMO, E.S.; CUNHA, R.S.S.; SILVA, F.A.S.; BARBOSA, T.L.A.; RODRIGUES, M.G.F. Batch and continuous of oil removal using organoclay and low-cost ceramic membrane. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, e215101522542, 2021.

ARAÚJO, A. B. F. S.; RODRIGUES, M.G. F. Preparação de membranas de baixo custo utilizando matérias primas brasileiras para serem aplicadas no controle da poluição Ambiental. XVIII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 2021.

BARBOSA, A.S.; BARBOSA, A.S.; RODRIGUES, M.G.F. Synthesis of zeolite membrane (NaY/alumina): Effect of precursor of ceramic support and its application in the process of oil- water separation. **Separation and Purification Technology**, v. 200 p. 141-154, 2018.

BARBOSA, T.L.A.; DO CARMO, E.S.; RODRIGUES, M.G.F., Desenvolvimento de membrana de baixo custo a partir de argila brasileira para tratamento de efluentes oleosos e reuso, XXI **Congreso Argentino de Catálisis, X Congreso de Catalisis del Mercosur**, Santa Fé, Argentina, 2019.

BELGADA, A.; ACHIOU, B.; YOUNSSI, A.S.; CHARIK, Z.F.; OUAMMOU, M.; CODY, A.J.; BENHIDA, R.; KHALESS, K. Low-cost ceramic microfiltration membrane made from natural phosphate for pretreatment of raw seawater for desalination. **Journal of the European Ceramic Society**, v.41. p 1613-1621, 2021.

CAGLAR, B.; AFSIN, B.; TABAK, A; EREN, E. Characterization of the cation exchanged bentonites by XRPD, ATR, DTA/TG analyses and BET measurement. **Chemical Engineering Journal**, v. 149, p. 242–248, 2009.

COLLE, R.D.; FORTULAN, C.A.;FonteS, S.R. Manufacture and characterization of ultra and microfiltration ceramic membranes by isostatic pressing. **Ceramics International**, v. 37, p. 1161-1168, 2011.

DO CARMO, E.S.; SILVA, L.R.B.; BARBOSA, T.L.A.; RODRIGUES, M.G.F. Produção de membranas cerâmicas de baixo custo: influência da temperatura de sinterização. **In Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI**. P. 812–826, 2020.

ELOMARI, H.; ACHIOU, B.; OUAMMOU, M.; ALBIZANE, A.; BENNAZHA, J.; ALAMIYOUNSSI, S.; ELAMRANI, I. **Desalination and Water Treatment**, v.57, p. 20298-20306, 2015.

EREN, E. Removal of copper ions by modified Unye clay, Turkey. **Journal of Hazardous Materials**, v. 159(2–3), p. 235–244, 2008.

GARCIA, L.R.; BRANDÃO, P.R.G.; LIMA, R.M.F. (eds.). **Rochas e Minerais Industriais - CETEM**, p.490-511, 2008.

GARDOLINSK, J. E., MARTINS FILHO, H. P., WYPYCH, F. Comportamento térmico da caulinita hidratada. **Química Nova**, Vol. 26, No. 1, 30-35, 2003.

HELLER- KALLAI, L. Thermally modified clay minerals. **Handbook of clay science**. V.1, chapter 7.2, 2006.

HUSSIN, F.; AROUA, K. M.; DAUAD, W. A.M.W. Textural characteristics, surface chemistry and activation of bleaching earth: A review. **Chemical Engineering Journal**, v.170, p. 90-106, 2011.

SILVA, L. R. B.; SILVA, F. A. S.; BARBOSA, T.L.A.; RODRIGUES, M. G. F. Membrana cerâmica de baixo custo para tratamento de efluentes oleosos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, e253101321071, 2021.

LIMA, R. C. O.; LIRA, H. L.; NEVES, G. A.; SILVA, M. C.; FRANÇA, K. B. Use of ceramic membrane for indigo separation in effluent from textile industry. **Materials Science Forum**, v. 798-799, p. 537-541, 2014.

MANNI, A.; ACHIOU, B.; KARIM, A.; HARRATI, A.; SADIK, C.; OUAMMOU, M.; ALAMI, S.; YOUNSSI.; EL BOUARI, A. New low-cost ceramic microfiltration membrane made from natural magnesite for industrial wastewater treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, p. 103906, 2020.

MENEZES, R. R.; ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A. Neves, LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento do caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos. In: **Revista Cerâmica**, v. 53, 2007.

SILVA, F.M.N.; LIMA, E.G.; BARBOSA, T.L.A.; RODRIGUES, M.G.F. Development of MOR Zeolite Membranes Supported gamma-alumina and alpha-alumina obtained from the decomposition of aluminum sulphate. In: Proceedings of the 13th International Conference Catalysis Membrane Reactors; ICCMR, **Houston**, 2017.

SILVA, F. M. N.; ARAÚJO, R. N.; BARBOSA, A. S.; CUNHA, R. S. S.; RODRIGUES, M. G. F. Preparação e caracterização de membrana inorgânica com propriedades para remoção de corante amarelo reativo BF – 3R, II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências – II CONAPESC, Campina Grande, Paraíba, 2017.

SILVA, F. M. N.; ARAÚJO, R. N.; BARBOSA, A. S.; CUNHA, R. S. S.; RODRIGUES, M. G. F. Preparação e caracterização de membrana inorgânica com propriedades para remoção de corante amarelo reativo BF – 3R. Editora Poisson, Belo Horizonte. Cap. 10, p. 93-103, 2020.

STAGNARO, M.S.; VOLZONE, C.; HUCK, L. Nanoclay as Adsorbent: Evaluation for Removing Dyes used in the textile industry. **Procedia Materials science**, v. 8, p. 586-591, 2015.

VASANTH, D.; PUGAZHENTHI, G.; UPPALURI, R. Fabrication and properties of low cost ceramic microfiltration membranes for separation of oil and bacteria its solution, **Journal of Membrane Science**. v. 379 p. 154-163, 2011.

ZAWRAH, M. F.; KHATTAB, R. M.; GIRGIS, L.G.; SHEREEFY, E. E. E.; SAWAN, S. E. Effect of CTAB as a foaming agent on the properties of alumina ceramic membranes. **Ceramics International**, v. 40 (4), p. 5299-5305, 2014.