

# Ciência e Engenharia de Materiais

4

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA**

(Organizadora)

# **Ciência e Engenharia de Materiais**

## **4**

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant'Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 4 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-64-2

DOI 10.22533/at.ed.642182910

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO COMPARATIVO DA ABSORÇÃO DE UMIDADE ENTRE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS REFORÇADOS COM TECIDOS DE ALTO DESEMPENHO	
<i>Helen Fernandes de Sousa</i>	
<i>Eval Oliveira Miranda Junior</i>	
<i>Ana Claudia Rangel da Conceição</i>	
<i>Victor Antunes Silva Barbosa</i>	
<i>Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto</i>	
<i>Mirtânia Antunes Leão</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM TECIDO HÍBRIDO DE KEVLAR-CARBONO: INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO DE UMIDADE NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS	
<i>Eval Oliveira Miranda Junior</i>	
<i>Helen Fernandes de Sousa</i>	
<i>Ana Claudia Rangel da Conceição</i>	
<i>Victor Antunes Silva Barbosa</i>	
<i>Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto</i>	
<i>Mirtânia Antunes Leão</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
FRICTION AND WEAR OF NANOCOMPOSITES POLYSTYRENE / KAOLINITE	
<i>José Costa de Macêdo Neto</i>	
<i>Ana Emília Guedes</i>	
<i>Nayra Reis do Nascimento</i>	
<i>João Evangelista Neto</i>	
<i>Waldeir Silva Dias</i>	
<i>Bruno Mello de Freitas</i>	
<i>Solenise Pinto Rodrigues Kimura</i>	
<i>Eduardo Rafael Barreda</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE CAULIM E DE AGENTE COMPATIBILIZANTE NO ÍNDICE DE FLUIDEZ DE COMPÓSITOS PEAD/CAULIM	
<i>Márcio Alves de Lima</i>	
<i>Gilmara Brandão Pereira</i>	
<i>Ezequiel de Andrade Silva</i>	
<i>Cirlene Fourquet Bandeira</i>	
<i>Roberto de Oliveira Magnago</i>	
<i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
ESTUDO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL EM LAMINADOS COMPÓSITOS POLIMÉRICOS	
<i>Sérgio Renan Lopes Tinô</i>	
<i>Ana Claudia de Melo Caldas Batista</i>	
<i>Raphael Siqueira Fontes</i>	
<i>Eve Maria Freire de Aquino</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>48</b>
ANÁLISE MECÂNICA DE ESTRUTURAS SANDUÍCHES COM DIFERENTES NÚCLEOS	
<i>Vanessa Cristina Da Costa Oliveira</i>	
<i>Vanessa Maria Yae Do Rosário Taketa</i>	
<i>Carmen Gilda Barroso Tavares Dias</i>	

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS POR FIBRAS DE ALGODÃO CONTÍNUAS E ALINHADAS

*César Tadeu Nasser Medeiros Branco*  
*Wassim Raja El Banna*  
*Deibson Silva da Costa*  
*Roberto Tetsuo Fujiyama*

**CAPÍTULO 8 ..... 66**

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL E RESÍDUO DE COURO APLICADO COMO ISOLANTE TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

*Maria Alessandra Bacaro Boscoli*  
*Fernando Sérgio Okimoto*  
*Saulo Guths*  
*Guilherme Dognani*  
*Eduardo Roque Budemberg*  
*Ado Eloizo Job*

**CAPÍTULO 9 ..... 82**

ANÁLISE COMPARATIVA DE UM MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ POLIMÉRICA COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA DE PIAÇAVA DO AMAZONAS.

*Waldeir Silva Dias*  
*Bruno Mello de Freitas*  
*José Costa de Macedo Neto*  
*Guilherme Moreira dos Santos*  
*Solenise Pinto Rodrigues Kimura*  
*Sarah Elisa Medeiros*  
*João Christian Paixão Fonseca*

**CAPÍTULO 10 ..... 92**

ANALYSIS OF THE STIFFNESS OF DOWEL LAMINATED TIMBER (DLT) PANELS MADE WITH LAMELLAS OF PINUS TAEDA AND ELLIOTTII WITH DOWELS OF PELTOGYNE SPP., LEGUMINOSAE

*Marcos Cesar de Moraes Pereira*  
*Carlito Calil Junior*

**CAPÍTULO 11 ..... 98**

NANOCOMPÓSITO DE POLÍMERO VERDE: COMPORTAMENTO MECÂNICO E DE INFLAMABILIDADE

*Felippe Fabrício dos Santos Siqueira*  
*Renato Lemos Cosse*  
*Joyce Batista Azevedo*  
*Tatianny Soares Alves*  
*Renata Barbosa*

**CAPÍTULO 12 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS DE POLIPROPILENO/ARGILA BENTONÍTICA ORGANOFÍLICA

*Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira*  
*Marisa Cristina Guimarães Rocha*  
*Joaquim Teixeira de Assis*  
*Jessica Verly*  
*Ana Lúcia Nazareth da Silva*  
*Luiz Carlos Bertolino*

**CAPÍTULO 13 ..... 123**

COMPATIBILIZAÇÃO E EFEITO DA DEGRADAÇÃO TERMO-HIDROLÍTICA EM BLENDS PS/PCL

*Danilo Diniz Siqueira*  
*Dayanne Diniz de Souza Moraes*

*Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira*  
*Edcleide Maria Araújo*  
*Danielly Campos França*  
*Elieber Barros Barbosa*  
*Amanda Dantas Oliveira*

**CAPÍTULO 14..... 139**

MEMBRANAS DE FIBRA OCA DE CARBETO DE SILÍCIO: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

*Sandriely Sonaly Lima Oliveira*  
*Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira*  
*Bruna Aline Araújo*  
*Keila Machado de Medeiros*  
*Hélio de Lucena Lira*  
*Edcleide Maria Araújo*

**CAPÍTULO 15..... 150**

OBTENÇÃO DE NANOFIBRAS DE SÍLICA PELO MÉTODO SBS E INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE SUA APLICAÇÃO COMO CARGA EM MATRIZ POLIMÉRICA

*Edvânia Trajano Teófilo*  
*Gabriel Lucena de Oliveira*  
*Radamés da Silva Teixeira*  
*Francisco Diassis Cavalcante da Silva*  
*Rosiane Maria da Costa Farias*  
*Romualdo Rodrigues Menezes*

**CAPÍTULO 16..... 161**

SINERGISMO ENTRE AS PROPRIEDADES ÓPTICAS E FOTOCATALÍTICAS DE FIBRAS DOS ÓXIDOS DE TITÂNIO E TUNGSTÊNIO

*Luana Góes Soares da Silva*  
*Annelise Kopp Alves*

**CAPÍTULO 17..... 177**

ADSORÇÃO DO POLI (3-OCTILTIOFENO) EM ÓXIDO DE ZINCO PARA USO EM CÉLULAS SOLARES

*Guilherme Arielo Rodrigues Maia*  
*Guilherme José Turcatel Alves*  
*Bianca Vanjura Dias*  
*Gideã Taques Tractz*  
*Leticia Fernanda Gonçalves Larsson*  
*Everson do Prado Banczek*  
*Sandra Regina Masetto Antunes*  
*Paulo Rogério Pinto Rodrigues*

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 186**

## MEMBRANAS DE FIBRA OCA DE CARBETO DE SILÍCIO: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

### **Sandriely Sonaly Lima Oliveira**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande – Paraíba

### **Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande – Paraíba

### **Bruna Aline Araújo**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande – Paraíba

### **Keila Machado de Medeiros**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande – Paraíba

### **Hélio de Lucena Lira**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande – Paraíba

### **Edcleide Maria Araújo**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande – Paraíba

**RESUMO:** Carbeto de silício é um material promissor para produção de membranas devido à sua elevada temperatura de fusão, resistência ao choque térmico, excelente estabilidade química e mecânica. De modo que, este trabalho tem como objetivo preparar e caracterizar membranas de carbeto de silício com a finalidade de aplicá-las na separação de água-óleo. Foi preparada uma dispersão (SiC + PES + 1-Metil-2-Pirrolidona) e através da técnica

de extrusão com precipitação por imersão foram obtidas membranas com geometria de fibra oca e em seguida, sinterizadas a 1500°C. Para a caracterização foram feitas as análises de DRX, FTIR e MEV para avaliar a morfologia e a composição das membranas obtidas antes e após a sinterização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Membranas cerâmicas, carbeto de silício, fibra oca.

**ABSTRACT:** Silicon carbide is a promising material for the production of membranes due to its high melting temperature, thermal shock resistance, excellent mechanical and chemical stability. So, this study aims to characterize silicon carbide membranes in order to apply them in the separation of oil-water. A solution (SiC + PES + 1-Methyl-2-Pyrrolidone) and through the extrusion technique by immersion precipitation membranes were obtained with hollow fiber geometry was prepared. And then sintered at 1500 °C. For the characterization analyzes were made XRD, FTIR and SEM to evaluate the morphology and composition of the membranes obtained before and after sintering.

**KEYWORDS:** Membranes ceramics, silicon carbide, hollow fiber.



## 1 | INTRODUÇÃO

Membranas são classicamente definidas como barreiras semipermeáveis, que sob determinada força motriz, permitem a passagem preferencial de uma ou mais espécies ou componentes presentes numa solução (Bhave, 2012).

Os processos de separação por membranas (PSM) podem ser considerados processos de separação relativamente recentes, pois, ainda na década de 70, estes não eram considerados processos de relevância técnica. São definidos como operações que utilizam membranas no fracionamento de misturas, soluções e suspensões envolvendo espécies de tamanho e natureza química diferentes (Habert *et al.*, 2006; Barredo-Damas *et al.*, 2010).

As membranas cerâmicas podem ser facilmente aplicadas na separação de líquido e gás a altas temperaturas, até 600°C, o que as fazem suportar condições mais severas de operação, ou seja, maiores pressões. Além disso, oferecem tolerâncias de temperatura e química superior, levando a uma extensa gama de aplicações industriais (Salehi *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2005).

Vários materiais cerâmicos podem ser utilizados para a fabricação de membranas, que incluem a alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), zircônia ( $\text{ZrO}_2$ ), óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), vidro ( $\text{SiO}_2$ ) e carbetto de silício (SiC). A excelente estabilidade mecânica e química do carbetto de silício resultou na sua utilização em várias aplicações em que o material precisa resistir a condições severas, tais como: filtros de partículas diesel, suportes catalisadores, sensores que utilizados em pHs extremos, e atualmente vem se destacando como matéria prima para as membranas (Guerra *et al.*, 2012 ; Thomé *et al.*, 2012 ; Díaz *et al.*, 2014; Rosso *et al.*, 2008).

Contudo, a principal desvantagem do uso de membranas cerâmicas para tratamento de água é o seu elevado custo; portanto, em grande escala de aplicações de membrana, como por exemplo, na purificação de água, estes processos ainda são dominados por membranas poliméricas. Entretanto, pesquisas com membranas cerâmicas são cada vez mais frequentes e inovadoras a fim de modificar este quadro (Van Der Bruggen *et al.*, 2003).

Desse modo, este trabalho tem como objetivo preparar e caracterizar membranas de carbetto de silício em termos de morfologia e composição, com a finalidade de aplicá-las na separação de água-óleo.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

- Carbetto de silício (SiC) fornecido pela Treibacher Schleifmittel;
- Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) fornecida pela Imerys Fused Minerals;

- Polietersulfona (PES) adquirida pela Solvay;
- 1-Metil-2-Pirrolidona (NMP), 99,92%, fornecido pela Neon Comercial;
- Polivinilpirrolidona (PVP) que atuará como viscosificante.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Preparação da solução

O Polietersulfona e o solvente 1-metil-2-pirrolidona foram agitados em agitador mecânico por 1 hora com velocidade de 1000 RPM, em seguida, foi adicionado o SiC, a  $Al_2O_3$  e o PVP, e após a adição a solução permaneceu por mais 30 minutos a 1000 RPM. A Tabela 1 apresenta a quantidade de cada material para a preparação das membranas.

Composição da Solução:	
SiC	45%
PES	10%
1-metil-2-pirrolidona	38%
$Al_2O_3$	5%
PVP	2%

Tabela 1 - Formulação para o preparo da solução.

### 2.2.2 Preparação das membranas

Após 24 horas a solução foi colocada na extrusora e por meio da técnica de precipitação por imersão em água deionizada foram formadas as membranas, com as seguintes condições de processamento (Tabela 2).

Condição:	Valor:
Líquido interno	$H_2O$
Banho para precipitação	$H_2O$
Pressão	5 bar
Gap	5 cm
Vazão do líquido interno	150 mL/h
Relação dos diâmetros	DE/ DI= 2,35/1,17mm

Tabela 2 - Condições de processamento para a preparação das membranas.

DE: Diâmetro externo

DI: Diâmetro interno

### 2.2.3 Sinterização das membranas

As membranas foram sinterizadas em forno com temperatura máxima de queima de 1500 °C. A Tabela 3 mostra as faixas de temperatura e taxa de queima que foram utilizadas.

Faixa de Temperatura (°C)	Taxa de queima (°C/min)
0-500 °C	2°C/min
500 - 1500°C	5°C/min

Tabela 3– Faixas de temperatura e suas respectivas taxas de queima utilizada no forno.

### 2.2.4 Caracterizações das membranas

A análise por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foi realizada em um espectrômetro Perkin-elmer Spectrum 400, com varredura de 4000 a 650  $\text{cm}^{-1}$ .

As membranas cerâmicas foram caracterizadas por difração de raios-X (DRX), utilizando-se um equipamento Shimadzu XRD 6000, com radiação  $K\alpha$  do Cu ( $\lambda = 1,541 \text{ \AA}$ ), operando a 40 kV e 30 mA. As membranas foram submetidas à varredura no intervalo de 5-80°, utilizando a lei de Bragg para obter o cálculo da distância interplanar basal.

Já as análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram obtidas no equipamento SSX 550 Superscan – Shimadzu. Com esta técnica, foram avaliadas a superfície interna e externa, e a seção transversal das membranas obtidas.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Infravermelho com transformada de Fourier

Os resultados da análise de espectroscopia na região do infravermelho das membranas de SiC antes e após queima podem ser vistos nas Figuras 1 e 2.

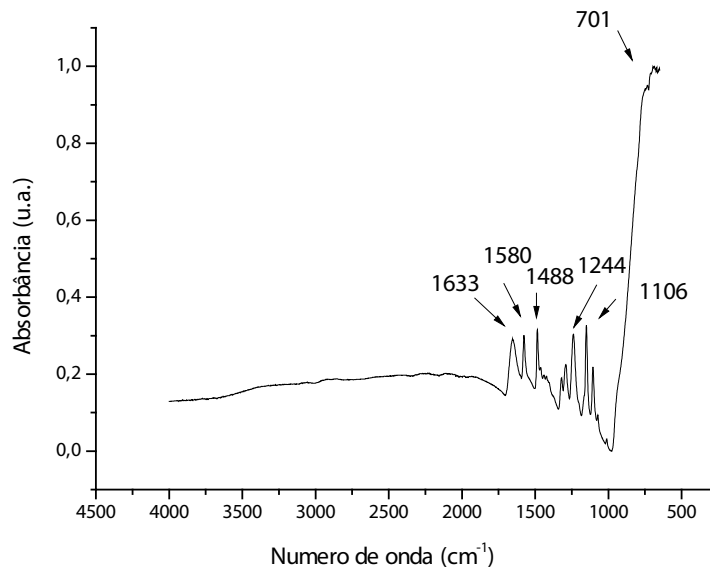


Figura 1 – FTIR da membrana de SiC antes da queima.

A Figura 1 mostra os espectros da membrana de SiC antes da sinterização. A absorção das bandas correspondentes à estrutura do PES são observadas em 1580  $\text{cm}^{-1}$  (alongamento do anel de benzeno), 1488  $\text{cm}^{-1}$  (alongamento da ligação C-C), 1244  $\text{cm}^{-1}$  (alongamento do éter aromático) e 1106  $\text{cm}^{-1}$  (alongamento da ligação C-O), respectivamente. Pode ser visto a banda de absorção referente ao material cerâmico em 701  $\text{cm}^{-1}$  (ligação Si-C) e em 1633  $\text{cm}^{-1}$  deve pertencer ao alongamento e flexão do grupo hidroxí (Zhang *et al.*, 2013; Nóbrega *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2011; Yu *et al.*, 2013).

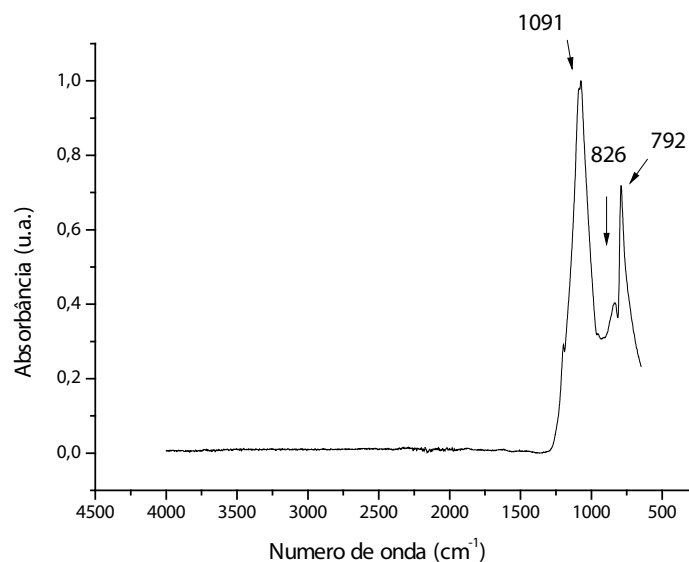


Figura 2 – FTIR da membrana de SiC após queima.

O resultado da análise de FTIR da membrana sinterizada pode ser visto na Figura 2, que ilustra as bandas típicas características do carbeto de silício, observadas

no infravermelho que são as seguintes: cerca de 792  $\text{cm}^{-1}$  e 826  $\text{cm}^{-1}$  referente à ligação de Si-C, e por volta de 1091  $\text{cm}^{-1}$  a ligação C-C. Comparando as Figuras 1 e 2, nota-se que o perfil dos espectros de infravermelho da membrana após a queima sofreu grandes alterações devido à elevada temperatura de sinterização, que fez com que os materiais orgânicos presentes na solução fossem eliminados para a formação da estrutura da membrana (Dias *et al.*, 2011).

### 3.2 Difração de raios-X

As Figuras 3 e 4 ilustram os resultados de difração de raios-X das membranas antes e após a sinterização.

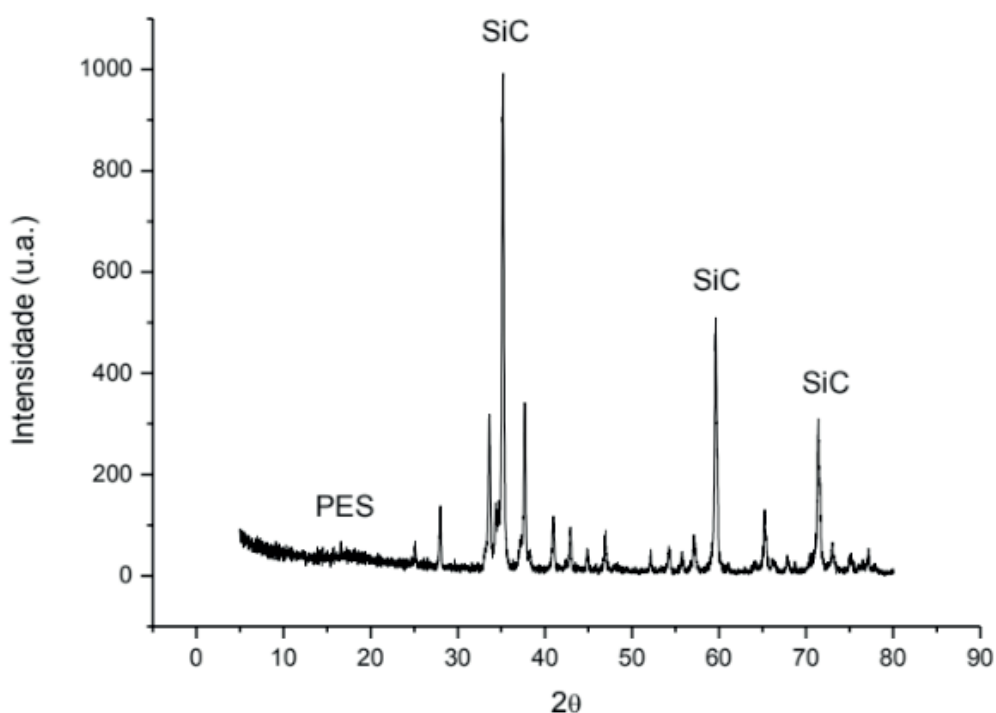


Figura 3 – DRX da membrana de SiC antes da queima.

De acordo com o difratograma ilustrado na Figura 3, pode-se perceber a presença de uma banda entre os ângulos 10° e 20° que é característico do PES, e ainda três picos intensos, cujos valores são de aproximadamente 35°, 60° e 72° referente ao carbeto de silício (Nóbrega *et al.*, 2016; Liang *et al.*, 2012; Rambo, 1997).

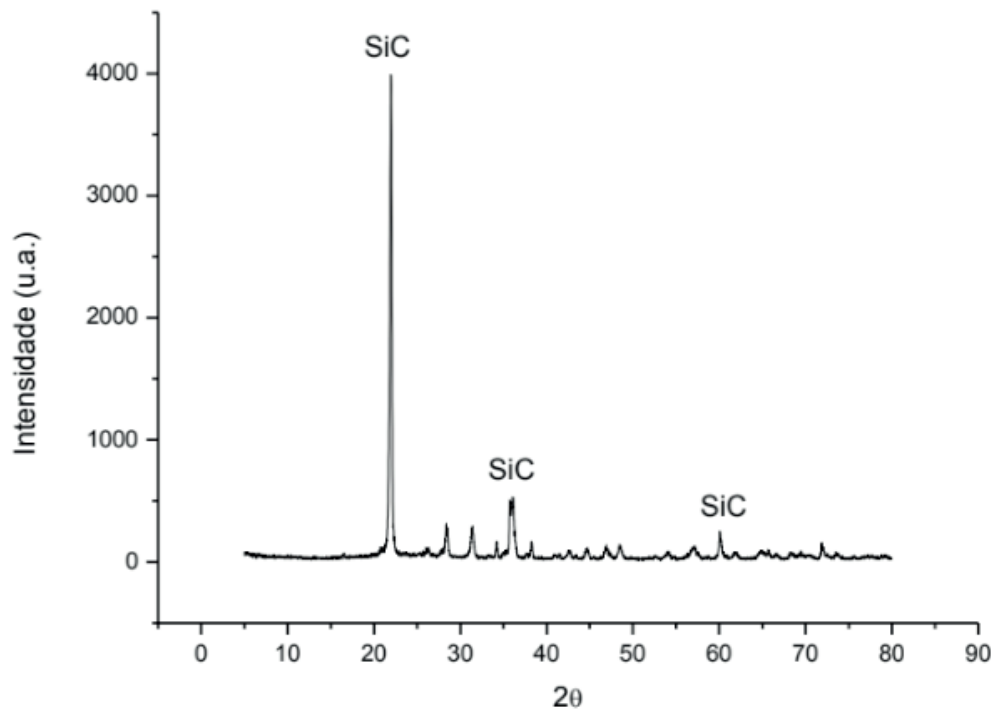


Figura 4 – DRX da membrana de SiC após queima.

Após a queima (Figura 4), em conformidade com o FTIR, o PES foi eliminado devido à alta temperatura de sinterização, restando uma estrutura cristalina formada basicamente pelo carbeto de silício, e com os seguintes ângulos de difração: 22°C, 36° e 60°C (Liang *et al.*, 2012).

### 3.3 Microscopia eletrônica de varredura

Para as membranas do tipo fibra oca, foram realizadas fotomicrografias da superfície externa, superfície interna, do detalhe da seção transversal próximo à superfície interna, e da seção transversal.

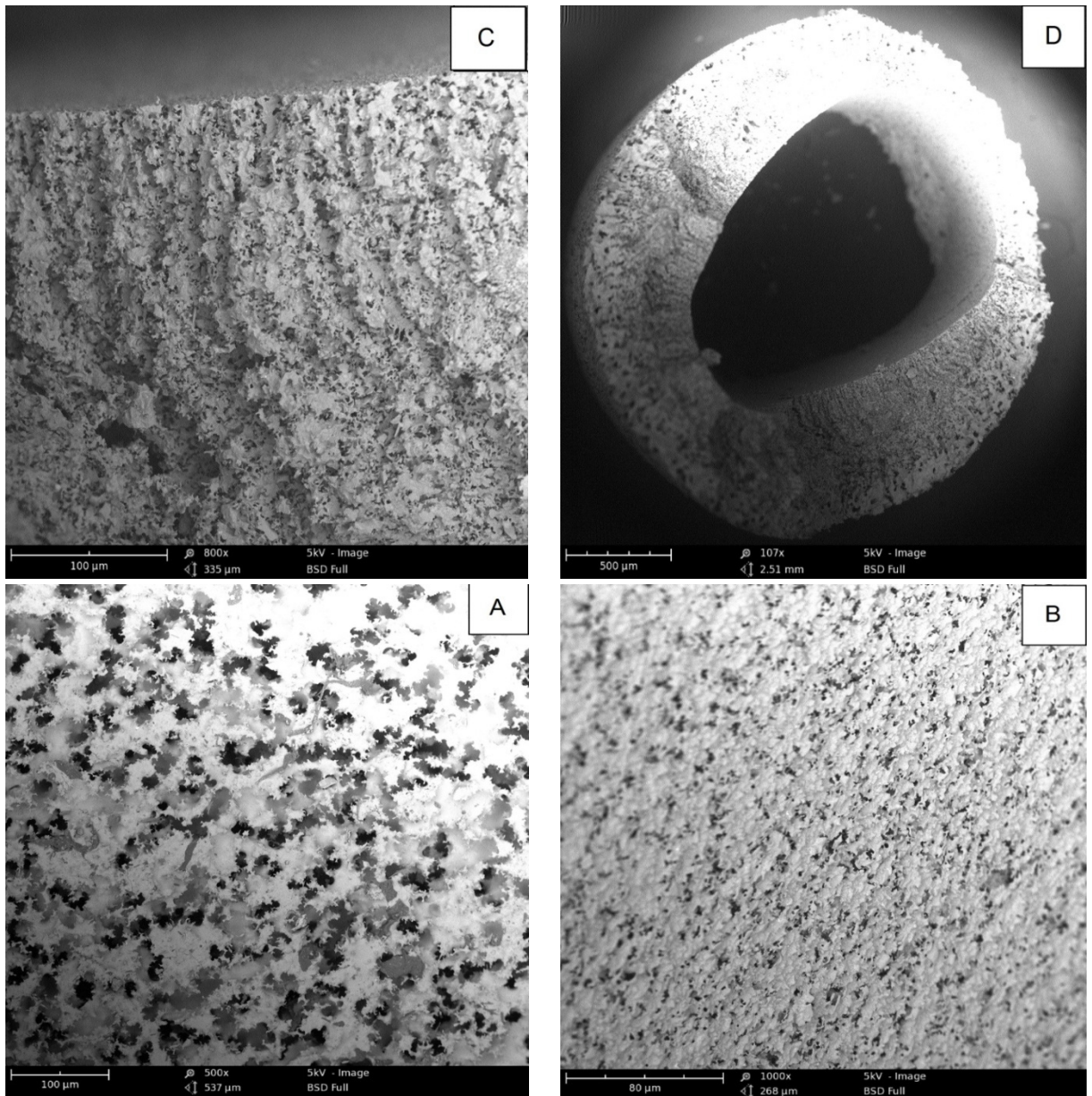


Figura 5 – Fotomicrografias de MEV da membrana de SiC: (A) a superfície externa, (B) superfície interna, (C) o detalhe da seção transversal próximo à superfície interna, (D) e da seção transversal.

As membranas de carbetto de silício (Figura 5) são porosas assimétricas com uma camada seletiva na parte interna e uma camada porosa na parte externa. Na seção transversal, ainda é visto uma variação no tamanho dos poros, com formatos esféricos e colunares distribuídos de maneira não uniforme. Dessa diferença de morfologia na seção transversal é que surge a seletividade da membrana (Nikkola *et al.*, 2014).

A superfície externa (Figura 5A) da membrana apresenta partículas e poros com diferentes tamanhos, e indica que os grãos estão presumivelmente agregados e interconectados, já a Figura 5B mostra a presença de pequenos poros esféricos dispersos ao longo da parte interna da fibra.

A figura 5C ilustra que perto das paredes interiores da fibra, estruturas longas semelhantes a *fingers* (dedos), estão presentes e que nas paredes externas

apresentam estruturas semelhantes a esponjas. A aparênciadas estruturas de fibras pode ser atribuída a rápida precipitação que ocorreu nas paredes interiores de fibra, o que resulta em longos dedos e precipitação lenta nas paredes exteriores formando a estrutura esponjosa. Tal morfologia é típica para fibras inorgânicas (Tan *et al.*, 2001; Kingsbury, 2009; Medeiros, 2014).

Para todas as regiões da seção transversal (Figura 5D) analisada observou-se a formação de macrovazios com o formato de *fingers*. Porém, esses poros permaneceram internamente interconectados, podendo ser atribuídos à presença de um maior volume de gases aprisionados na solução, e a saída do polímero após a queima (Leite *et al.*, 2009).

## 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, membranas de fibra oca de carbeto de silício foram obtidas com sucesso por processo de precipitação por imersão. Com as caracterizações de FTIR e DRX foi possível observar a mudança na composição das membranas antes e após serem sinterizadas, e com o MEV observou-se que estas apresentam estruturas porosas, com grandes poros na forma de fingers e pequenos poros internos, com estruturas semelhantes à esponja. Embora, ainda não se tenha uma precisão quanto aos tamanhos de poros, estas membranas apresentam potencial para ser utilizada para a separação de água-óleo.

## 5 | AGRADECIMENTOS

A UFCG, A CAPES, pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Membranas do Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG, pelo uso de suas instalações e apoio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BARREDO-DAMAS, S.; ALCAINA-MIRANDA, M.I.; BES-PIÁ, A.; BORRACLAR, M.I.; IBORRA-CLAR, A.; MENDOZA-ROCA, J.A. **Ceramic membrane behavior in textile wastewater ultrafiltration**. *Desalination*. v. 250, n. 2, p. 623-628, 2010.

BHAVE, Ramesh. **Inorganic Membranes Synthesis, Characteristics and Applications: Synthesis, characteristics, and applications**. Springer Science & Business Media, 2012.

DIAS, Y. P.; MALTEZ, R. L.; MOREIRA, E. C. **Caracterização estrutural de SiC obtido por implantação iônica de carbono em SIMOX**. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 3, n. 2, 2011.

DÍAZ, J. A.; CALVO-SERRANO, M.; DE LA OSA, A.R.; GARCÍA-MINGUILLÁN, A.M.; ROMERO, A.; GIROIR-FENDLER, A.; VALVERDE, J.L.  **$\beta$ -silicon carbide as a catalyst support in the Fischer-**



**Tropsch synthesis: Influence of the modification of the support by a pore agent and acidic treatment.** Applied Catalysis A: General, v. 475, p. 82-89, 2014.

GUERRA, K.; PELLEGRINO, J.; DREWES, J. E. **Impact of operating conditions on permeate flux and process economics for cross flow ceramic membrane ultrafiltration of surface water.** Separation and purification technology, v. 87, p. 47-53, 2012.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de separação com membranas.** E-papers, 2006. ISBN 85-7650-085-x.

KIM, Y. W.; KIM, S. H.; SONG, I. H.; KIM, H. D.; PARK, C. B. **Fabrication of Open-Cell, Microcellular Silicon Carbide Ceramics by Carbothermal Reduction.** Journal of the American Ceramic Society, v. 88, n. 10, p. 2949-2951, 2005.

KINGSBURY, B.; LI, K. **A morphological study of ceramic hollow fibre membranes,** Journal of Membrane Science, v. 328, n. 1-2, p. 134-140, 2009.

LEITE, A. M. D.; MAIA, L. F.; PAZ, R. A.; ARAÚJO, E. M.; LIRA, H. L. **Thermal properties from membrane of polyamide 6/montmorillonite clay nanocomposites obtained by immersion precipitation method.** Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 97, n. 2, p. 577, 2009.

LIANG, C.Y.; UCHYTI, P.; PETRYCHKOVYCH, R.; LAI, Y.C.; FRIESS, K.; SIPEK, M.; REDDY, M. M.; SUEN, S. Y. **A comparison on gas separation between PES (polyethersulfone)/MMT (Na-montmorillonite) and PES/TiO<sub>2</sub> mixed matrix membranes.** Separation and Purification Technology, v. 92, p. 57-63, 2012.

MEDEIROS, K. M. **Membranas microporosas híbridas de poliamida aplicadas no tratamento de emulsões oleosas da indústria petrolífera.** 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Campina Grande, 185p.

NIKKOLA, J.; SIEVÄNEN, J.; RAULIO, M.; WEI, J.; VUORINEN, J.; TANG, C. Y. **Surface modification of thin film composite polyamide membrane using atomic layer deposition method.** Journal of Membrane Science, v. 450, p. 174-180, 2014.

NÓBREGA, V. M.; CARVALHO, T. C.; LEITE, A. M. D.; ARAÚJO E. M.; PAZ R. A.; LIRA H. L. **Influence of Content and Treatment of Clay in the Morphology of PES Membranes.** Materials Science Forum, v. 869, p. 824-829, 2016.

RAMBO, C. R. **Obtenção de sílica e carbeto de silício a partir da exposição da palha de arroz a microondas e a campos eletromagnéticos na faixa de RF.** 1997. Dissertação (Mestrado em Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear). Universidade de São Paulo, 89p.

ROSSO, M.; ARAFAT, A.; SCHROËN, K.; GIESBERS, M.; ROPER, C.S.; MABOUDIAN, R.; ZUILHOF, H. **Covalent attachment of organic monolayers to silicon carbide surfaces.** Langmuir, v. 24, n. 8, p. 4007-4012, 2008.

SALEHI, E.; MADAENI, S. S.; SHAMSABADI, A. A.; LAKI, S. **Applicability of ceramic membrane filters in pretreatment of coke-contaminated petrochemical wastewater: Economic feasibility study.** Ceramics International, v. 40, n. 3, p. 4805-4810, 2014.

TAN, X.; LIU, S.; LI, K. **Preparation and characterization of inorganic hollow fiber membranes.** Journal of Membrane Science, v. 188, n. 1, p. 87-95, 2001.

THOMÉ, T.; CAPELLE, M.; THOMÉ, L.; PRENANT, T.; NÉRET, M. **Thermal oxidation of sintered silicon carbide used for diesel particulate filter walls.** Journal of Ceramic Science and Technology, v. 3, p. 89-94, 2012.

VAN DER BRUGGEN, B.; VANDECASTEELE, C.; VAN GESTEL, T.; DOYEN, W.; LEYSEN, R. **A review of pressure-driven membrane processes in wastewater treatment and drinking water production.** Environmental Progress & Sustainable Energy, v. 22, n. 1, p. 46-56, 2003.

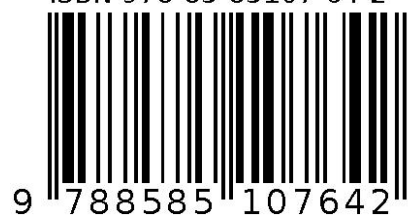
YU, J. A.; BAI, H. B.; WANG, J.; ZHANGSHUANG, A.C.; JIAO C.; LIU, B. Q.; ZHANG, A. M.; LIUC, L. **Synthesis of alumina nanosheets via supercritical fluid technology with high uranyl adsorptive capacity.** New Journal of Chemistry, v. 37, n. 2, p. 366-372, 2013

ZHANG, G.; LU, S.; ZHANG, L.; MENG, Q.; SHEN C.; ZHANG, J. **Novel polysulfone hybrid ultrafiltration membrane prepared with TiO<sub>2</sub>-g-HEMA and its antifouling characteristics.** Journal of membrane science, v. 436, p. 163-173, 2013.

## **SOBRE A ORGANIZADORA:**

**Marcia Regina Werner Schneider Abdala:** Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-64-2



9 788585 107642