

---

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE MICROFIBRAS DE PVDF CONTENDO PARTÍCULAS DE ZEÓLITA****PREPARATION AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PVDF MICROFIBERS CONTAINING ZEOLITE PARTICLES**

*Murilo Aparecido da Silva<sup>1\*</sup>*  
*Thelma Sley Pacheco Celler<sup>2</sup>*  
*Lincon Zadorosny<sup>3,4</sup>*  
*Fabricio Cerizza Tanaka<sup>4</sup>*  
*Gabriel da Cruz Dias<sup>1,4</sup>*  
*Luiz Francisco Malmonge<sup>4,5</sup>*

**Resumo:** A busca por novos materiais poliméricos, nas quais apresentem entre suas propriedades a capacidade de se apresentar como um material adsorvedor tem se tornado nos últimos anos, uma alternativa para remoção destes poluentes. A primeira parte deste trabalho apresentar os dados obtidos para a incorporação de nanopartículas de zeólita em fibras de PVDF, obtidos por meio de uma variação da técnica de fiação por sopro em solução (FSS) denominada Aerógrafo. Através das análises de DRX e as análises de fluorescência de raios X verifica-se, mesmo que timidamente a presença das partículas e dos picos característicos de matriz polimérica e juntamente com as análises térmicas, a técnica de DSC e de TGA demonstram que a incorporação de zeólita do tipo clinoptilolita, bem como a formação de microfibras como observado nas micrografias em MEV, e ainda as mesmas não alteram a conformação e configuração do polímero e a sua presença, diminui a temperatura de degradação da matriz polimérica, como previsto na literatura.

**Palavras-chave:** PVDF, Zeólita, Fibras, Aerógrafo.

**Abstract:** The search for new polymeric materials, which have among their properties the ability to present themselves as an adsorbent material has become in recent years, an alternative to remove these pollutants. The first part of this work presents the data obtained for the incorporation of zeolite nanoparticles in PVDF fibers, obtained through a variation of the solution blowing (FSS) spinning technique called Airbrush. Through XRD analysis and X-ray fluorescence analysis, it is possible to verify, even if timidly, the presence of particles and peaks characteristic of polymeric matrix and together with thermal analyzes, the DSC and TGA technique demonstrate that the incorporation zeolite of the clinoptilolite type, as well as the formation of microfibras as observed in SEM micrographs, and yet they do not alter the conformation and configuration of the polymer and its presence, decreases the degradation temperature of the polymer matrix, as predicted in the literature.

**Keywords:** PVDF, Zeolite, Fibers, Airbrush.

---

<sup>1\*</sup> Universidade Estadual de Maringá (UEM-CRG), Departamento de Ciências, Goioerê, PR, Brasil, e-mail: muriloas.work@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá (UEM), Departamento de Química, Maringá, PR, Brasil, e-mail: thelmaspc@hotmail.com

<sup>3</sup> Centro Universitário de Santa Fé do Sul (UNIFUNEC) – Santa Fé do Sul, SP, Brasil, email: lincon\_zad@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, SP, Brasil, e-mail: tanaka.fabricio@gmail.com, gabriel.fct@gmail.com,

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Tecnologias Alternativas para Detecção, Avaliação Toxicológica e Remoção de Contaminantes Emergentes e Radioativos (INCT-DATREM) e-mail: luiz.malmonge@unesp.br

---

## 1 Introdução

Se olharmos para a história do desenvolvimento da humanidade, observamos que o ser humano tem usado de diversos instrumentos constituídos dos mais diversos materiais como pedras, madeira, bronze, ferro, etc, e enfim os plásticos (polímeros). O primeiro contato do homem com materiais deste tipo se deu na antiguidade, com os egípcios e romanos que os usaram para carimbar, colar documentos e vedar vasilhames (CANEVALORO JÚNIOR, 2006), para facilitar seu modo de vida, sua sobrevivência.

Porém se olharmos para a exploração humana dos mais variados recursos naturais como gás natural, derivados do petróleo e também combustíveis radioativos, vemos que somos cercados por pequenos e grandes desastres, um desses são os que envolvem a poluição de efluentes, tais como rios e oceanos pelos mais variados meios, como exemplo o vazamento de óleo ocorrido em 2019 na costa do Brasil (CARDIM et al., 2020). Desta forma, podemos propor alternativas para a retirada destes poluentes e da descontaminação dos efluentes, através de materiais com propriedades promissoras para este tipo de aplicação como os nanocompósitos baseados em fibras de PVDF e nanoestruturas zeolíticas (JIMENEZ et al., 2004).

Dentre as formas de utilização destes materiais destacam-se: membranas de microfiltração, ultrafiltração e nanofiltração. Tais aplicações se dão porque quando se reduz o tamanho das dimensões do material a razão entre a área superficial e o volume aumenta de forma acentuada, aumentando a contribuição dos fenômenos de superfície nas propriedades dos materiais, como funcionalidade de ligações químicas, rugosidade superficial, bem como a redução no tamanho crítico dos defeitos, candidatando assim membranas de nanofibras como opções a serem utilizadas como membranas de filtração (BARBOZA et al., 2018).

O Poli (fluoreto de vinilideno) (PVDF), polímero hidrofóbico, é um material amplamente utilizado como opção na obtenção de membranas visto suas propriedades, como excelente resistência química, boa estabilidade térmica e boas propriedades mecânicas (WANG et al., 2001). A membrana de PVDF é amplamente utilizada na purificação da água potável municipal, tratamento de águas residuais e processamento de alimentos (SHEN et al., 2019).

Visando melhorias nas propriedades de absorção e adsorção apresentadas por esses materiais, foi realizada a incorporação de cargas que vêm sendo estudadas nos últimos anos, unindo a fácil processabilidade do polímero com as propriedades superiores de separação de cargas adsorptivas da zeólita (LIAO et al., 2011).

As zeólitas são aluminossilicatos, possuem alto grau de hidratação; baixa densidade; grande volume de vazios quando desidratada; estabilidade da estrutura cristalina; propriedades de troca catiônica; canais uniformes; condutividade elétrica; adsorção de gases e vapores e propriedades catalíticas (DA LUZ, 1995).

As zeólitas do tipo clinoptilolita são uma das mais estudadas que se conhece como adsorventes de certos gases tóxicos como o sulfeto de hidrogênio e dióxido de enxofre (AMAYA et al., 2008)

Tais propriedades as credenciam para aplicações como filtros, componentes de reforço em nano compósitos, sensores óticos eletrônicos, matrizes para a imobilização de catalisadores entre outras (DIAS et al., 2018); (BARBOZA et al., 2018); (BALAMURUGAN et al., 2011).

Neste trabalho buscou-se incorporar as cargas de zeólita as fibras de PVDF esperando assim uma melhora nas propriedades que poderão credenciar este material como promissor em aplicações futuras em sistemas de tratamentos de efluentes e remoção de contaminantes, as fibras de PVDF com incorporação de partículas de zeólita, foram obtidos baseados na

técnica de Fiação por sopro em solução, a partir da utilização de um conjunto de aerógrafo e compressor comercial.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Materiais

O polímero utilizado foi o poli (fluoreto de vinilideno) – PVDF, adquirido da Atofina do Brasil – SOLEF 1008 na forma de pó. O solvente usado foi o N, NDimetilformamida – DMF fabricado pela Synth produtos para laboratório Ltda.

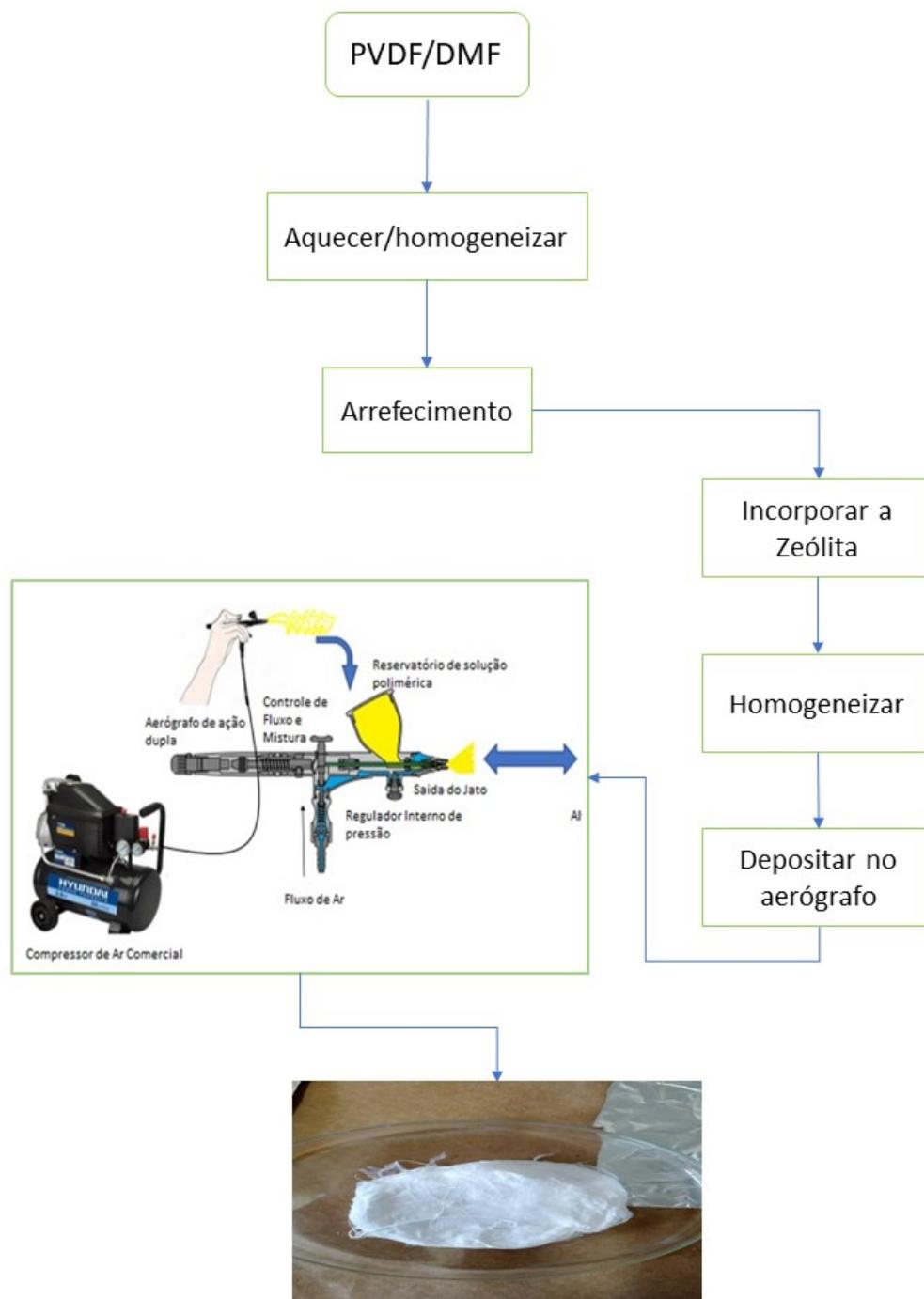
Azeólita tipo clinoptilolita ZK406H (Tamanho do poro de 4-7 Å, capacidade de troca catiônica (CEC) 0,8-1,2 meq/g, densidade de carga superficial  $10,1 \times 10^{-23}$  meq/Å<sup>2</sup> e 99% de pureza) foi adquirida da Sigma Aldrich.

### 2.2 Métodos

Utilizou-se de PVDF em pó seu solvente foi o DMF (Dimetilformamida) e incorporamos zeólita em pó (Clinoptilolita). Para síntese do nanocompósito foram usadas soluções com 20% (m/V) de PVDF, agitadas a uma temperatura constante de 70°C até se formar uma substância praticamente transparente. Após o arrefecimento da substância para temperatura próxima a do ambiente, incorporou-se a zeólita sob agitação magnética para se homogeneizar a substância. A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático para obtenção das amostras.

O método de Aerografia consiste em um compressor de ar um, aerógrafo de ação dupla, qual contém um reservatório em que colocamos a solução polimérica. O uso do aerógrafo de ação dupla permite um melhor controle do fluxo de saída e mistura, a primeira ação consiste em pressionar o pino do aerógrafo para baixo liberando a saída de ar do mesmo, na segunda esse mesmo pino é puxado para trás (com ele já pressionado), permitindo a mistura da solução polimérica com o ar que a leva até a tela coletora formando as fibras. (DIAS et al., 2019)

Todo o processo de fabricação das fibras foi executado num ambiente com umidade inferior a 50%, com o compressor com pressão regulada a 5 Bar a uma distância de 21 cm da tela coletora. Nesse trabalho foram feitas amostras de PVDF puro e PVDF/zeólita com incorporação de 3%, 5% e 7% em relação a massa de PVDF e uma amostra com 10% para análise da Microscopia Eletrônica de Varredura. A Figura 1 apresenta o esquema da técnica de produção das fibras.



**Figura 1.** Diagrama esquemático para a obtenção das fibras de PVDF e Esquema da técnica de produção das fibras.

### 2.3 Caracterizações

A morfologia da amostra foi analisada usando um Zeiss microscópio eletrônico de varredura, operando de 5,00 kV a 10,00 kV. Uma fina camada de ouro foi depositada nas amostras usando um Sputter Coater. O diâmetro da nanofibra nas micrografias foi calculado a partir de um software de análise de imagem, chamado *Image J* v.1,45.

As análises de Difratomia de raios - X (DRX) foram feitas usando um difratômetro da empresa Bruker, modelo D2 Phaser, com radiação Cu -  $K\alpha$  ( $\lambda=1,5406\text{\AA}$ ), velocidade de

varredura de 0,02 %/s e rotação de 15 rev/min na faixa angular  $2\theta$  de 10° a 80°. As análises de Fluorescência de raios X (FRX) foram feitas, usando um equipamento de FRX da empresa Malvern Panalytical, modelo Epsilon 1.

As análises de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) foram feitas, usando um equipamento da empresa Shimadzu, modelo DSC – 60 Plus, a taxa de aquecimento foi de 10°C/min numa faixa de temperatura de 25 a 350°C sob atmosfera inerte de nitrogênio. As análises de Termogravimetria (TGA) foram feitas, usando um equipamento da empresa Shimadzu, modelo TGA – 50, as amostras foram submetidas a uma taxa de aquecimento de 10°C/min numa faixa de temperatura de 25 a 650°C sob atmosfera dinâmica de nitrogênio.

### 3 Resultados e discussões

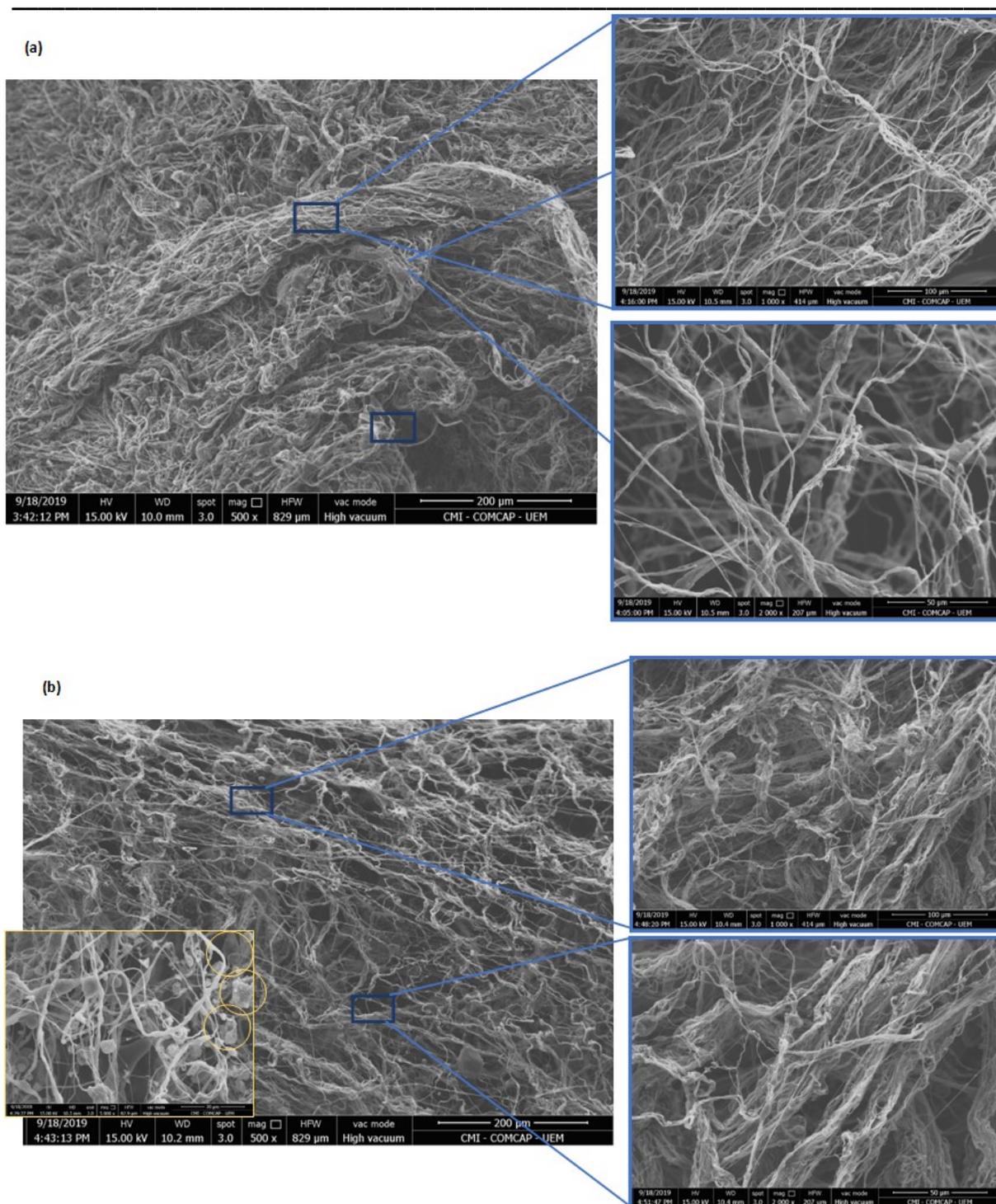
A Figura 2 apresenta os resultados da microscopia eletrônica de varredura (MEV) da amostra de PVDF puro (Fig. 2a) e PVDF com a incorporação das partículas de zeólita com 10% (Fig. 2b) em relação a massa do polímero. Optou-se para esse momento apresentar justamente para apresentar uma limitação do aparato experimental, por isso amostras com valores menores de incorporação nas demais caracterizações.

Como reportado em trabalhos anteriores o aumento do conteúdo particulado, dissolvido ou disperso em matriz polimérica aumenta a viscosidade da solução estamos elevando a quantidade de soluto, mas mantendo a quantidade de solvente na solução (DIAS et al., 2018), e essa passa a acarretar sucessivos entupimentos e obstrução do bocal de saída, além de mal ou não formação das fibras (DIAS et al., 2019).

Para esta observa-se a presença de micro e predominância de nanofibras homogêneas nanofibras são dispersas aleatoriamente, sem preferência direção. Esse efeito era esperado, com base no observado comportamento do feixe de padrão de pulverização de polímero durante a síntese as amostras, com pouca presença de imperfeições, como formação de contas (*beads*), relacionadas a muita turbulência do ar no momento do escoamento e do estiramento do grão, estes resultados eram esperados (DIAS et al., 2019). Para a amostra de PVDF puro, observa-se um diâmetro médio de  $0,556 \times 10^{-6}$  m, com formação de aglomerados de fibras.

Para a amostra de PVDF/zeólita, observou-se um diâmetro médio de  $0,905 \times 10^{-6}$  m, neste caso constatou-se uma menor formação de aglomerados de fibras, A produção de morfologia bem definida e uniforme também para esta amostra. Os resultados sugerem a evaporação por completo do solvente DMF, formação de nanofibras, porém com diâmetros maiores, resultados também esperados. (ZADOROSNY, 2017); (DIAS et al., 2018).

É importante ressaltar que mesmo para as amostras com 10% de incorporação, não fica evidente a presença dos aglomerados e dos cristais das partículas de zeólitas, das quais seriam melhor visualizadas para amostras com concentrações maiores, por exemplo de 20 ou 30%, (*inset* Fig. 2b) entretanto, como citado anteriormente, limitações experimentais impossibilitam a formação e qualidade de micro e nanofibra como apresentado na própria micrografia. Desta forma optou-se na obtenção do material com menores concentrações e para as demais caracterizações.

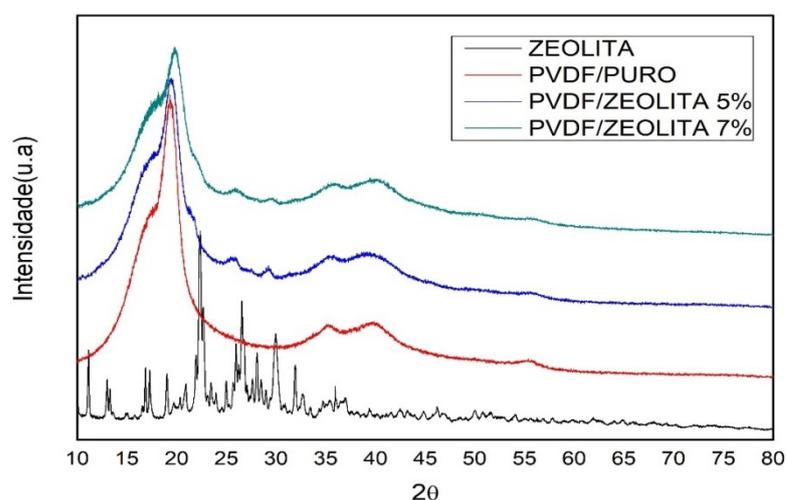


**Figura 2.** Micrografias em MEV para amostras de (a) PVDF puro e (b) PVDF/Zeólita (*in set* PVDF/zeólita 30%)

Os gráficos de DRX das amostras são apresentados na Figura 3. Identifica-se que tanto o PVDF como os compostos de PVDF com zeólita apresentam picos característicos em  $2\theta$  aproximadamente em  $18.X^\circ$  dos quais são picos característicos da fase  $\alpha$  do PVDF, também nota-se picos característicos da fase  $\beta$  de PVDF em aproximadamente  $19.X^\circ$  (ZADOROSNY, 2017); (PEREIRA et al., 2018); (COSTA et al., 2010).

Para a zeólita do tipo clinoptilolita pode-se observar seus picos característicos (ERDOGAN et al., 2007); (GOTTARDI et al., 1985) em  $2\theta$  aproximadamente em  $11.2^\circ$ ,  $22.1^\circ$

e  $29.6^\circ$  respectivamente. Assim, verifica-se a coexistência das fases cristalinas de ambos os constituintes, sendo observado a presença das fases  $\alpha$  e  $\beta$  no polímero, conjuntamente aos picos característicos da estrutura clinoptilolita na zeólita. Pode-se concluir ainda, que com o aumento da fração de zeólita os picos se tornam mais intensos (há o surgimento de mais picos, que são característicos da zeólita), confirmando o sucesso da incorporação da zeólita nas fibras poliméricas (ZADOROSNY, 2017).



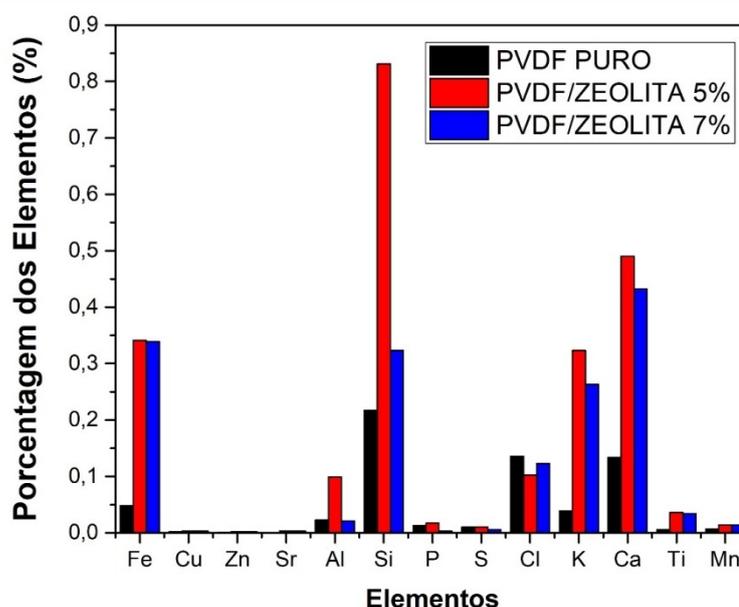
**Figura 3.** Difratometria de raios X da zeólita pura e alguns de seus compósitos.

Entretanto a fim de confirmar a presença das partículas, bem como seu processo de incorporação foram realizados teste em fluorescência de raios - X, a Figura 4 mostra os dados obtidos, quanto a quantidade em porcentagem de materiais, contida nas amostras.

Percebe-se que para a amostra de PVDF puro, que é predominante a presença os elementos que constituem o PVDF que são H, C e F não aparecem na análise pois estão fora da gama elementar que o instrumento pode detectar.

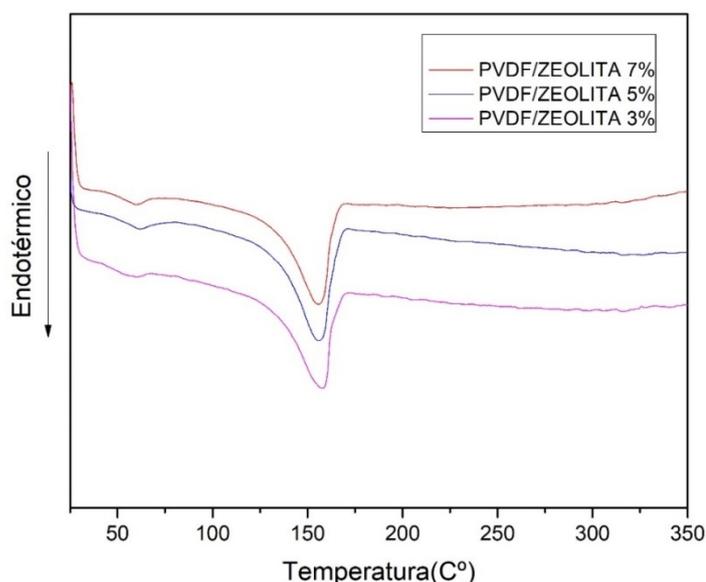
Logo pode-se observar o aumento da quantidade de materiais que constituem a zeólita, quando comparamos a amostra pura de PVDF com a amostra a qual foi incorporada 5% de zeólita vê-se que ocorre um aumento considerável de Si, Ca, Fe e K, pode-se notar também que partindo da zeólita pura para qual havia Si= 0,23%, Ca= 0,14% e K= 0,04% na amostra de 5% obteve-se Si= 0,85%, Ca= 0,53% e K= 0,33%, também nota-se o aumento dos demais elementos só que em menor escala, quando também compara-se a amostra de PVDF puro com a amostra a qual foi incorporada 7% de zeólita constata-se um aumento nos materiais principalmente nos que foram descritos anteriormente, em que partindo da pura na qual havia Si= 0,23%, Ca= 0,14% e K= 0,04% na amostra de 7% obteve-se Si= 0,32%, Ca= 0,45% e K= 0,27%, também constata-se um aumento dos demais elementos, porém quando a compara-se as amostras de 5% e 7% vemos que amostra de 7% tem uma menor quantidade de elementos que pode indicar uma melhor incorporação da zeólita na amostra de PVDF a qual foi incorporada 5% de zeólita.

Porém justamente pelo aumento de conteúdo nos nanocompósitos de PVDF com zeólita, constata-se que houve a incorporação da mesma à matriz polimérica.



**Figura 4.** Gráfico obtido após análise de fluorescência de raio X da porcentagem de materiais.

Na Figura 5 são ilustrados os termogramas para as fibras de PVDF com incorporação de partículas de zeólitas. Verifica-se em todos os termogramas a presença de um pico endotérmico em 160°C, referente à fusão das regiões cristalinas do PVDF (LIU et al., 1997). E ainda nota-se que a incorporação, devido a pequena quantidade de conteúdo não interfere na mesma, mantendo sua configuração e conformação (DILLON et al., 2006).



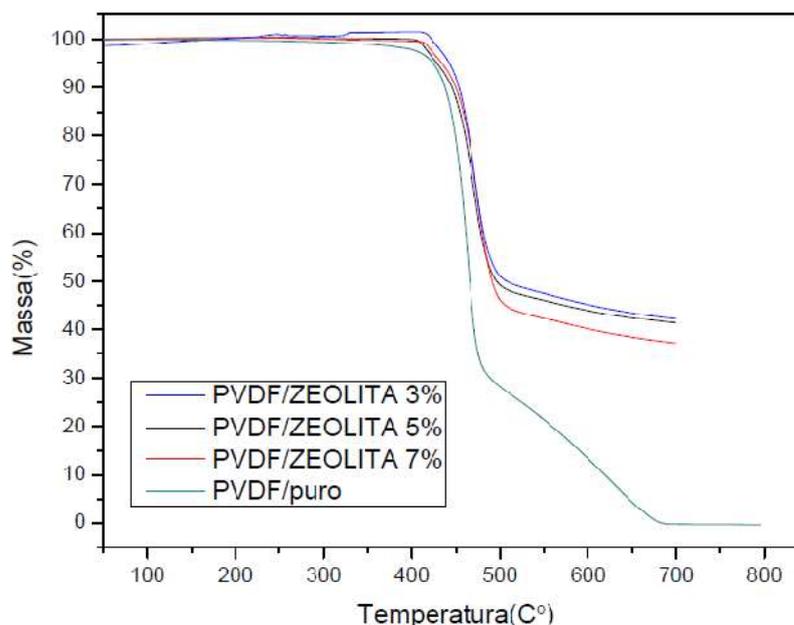
**Figura 5.** Termogramas obtidas para fibras de compostos PVDF/Zeólita com incorporação de 3, 5 e 7%.

Na Figura 6 apresenta a análises termogravimétricas para as amostras de PVDF puro, PVDF/Zeólita 3%, PVDF/Zeólita 5% e PVDF/Zeólita 7%, pode-se observar que o PVDF puro apresenta boa estabilidade térmica até 420°C e uma única perda de massa em torno de 450°C é atribuída à degradação térmica, na qual nos resta aproximadamente 38% de sua massa inicial (DIAS et al., 2019); (LIU et al., 1997).

Resultado análogo encontrado por, MALMONGE et al., 2000, observou que o PVDF é muito estável até temperaturas de até 400°C, e que após isto começa a se degradar formando assim fluoreto de hidrogênio em quantidade considerável, o que também é observado por (ZADOROSNY, 2017); (DIAS et al., 2019).

Para as amostras de PVDF/ZEÓLITA 3%, PVDF/ZEÓLITA 5% e PVDF/ZEÓLITA 7% percebe-se que as mesmas iniciam seu estágio de degradação para as temperaturas, 410,8°C, 411°C e 405,5°C, assim conhece-se que as mesmas são estáveis termicamente até essas respectivas temperaturas, esses grandes picos de degradação das amostras vão respectivamente até a temperatura aproximada de 500°C. Finalmente, é observado uma massa residual de 53%, 47% e 50% em relação a massa inicial para os filmes de PVDF/ZEÓLITA 3%, 5% e 7% respectivamente.(ZADOROSNY, 2017); (LATEEF et al., 2016); (SHEN et al., 2006).

Comparando-se a amostra de PVDF puro com as amostras a quais foram incorporadas zeólita, constata-se que a incorporação da mesma diminui a temperatura de degradação do material, estes resultados eram esperados, isso por que a zeólita quando incorporada ao polímero para a formação do nanocompósitos atua como um catalisador (ZADOROSNY, 2017).



**Figura 6.** Curvas termogravimétricas dos compósitos de PVDF/zeólita.

#### 4 Conclusão

A partir das análises de DRX pode-se constatar o surgimento de picos característicos da zeólita, observando-se que houve a incorporação de zeólita às fibras de PVDF, podemos dizer o mesmo das análises de fluorescência de raios X, onde pode-se observar o aumento da quantidade de materiais que estão presentes nas zeólitas, nos compósitos.

Nas análises térmicas, a técnica de DSC demonstrou que a incorporação de zeólita do tipo clinoptilolita não alteram a temperatura de fusão do polímero que ficou próximo de 180 °C. A análise de TGA mostrou que a incorporação de cargas, “diminuem” a porcentagem de perda do material, pois a presença da zeólita aumenta a quantidade de resíduos (*tais como Si e Al*), isso porque a zeólita não se degrada na temperatura analisada, como é previsto na literatura.

Tais amostras possuem potenciais de aplicação como membrana de filtração no

tratamento de efluentes e de resíduos nucleares, pode ser aplicada como semicondutor na construção de baterias e componentes eletrônicos, bem como nas pesquisas biomédicas nas quais procura-se por exemplo dotar a membrana com propriedades antibacterianas.

Espera-se futuramente a obtenção de resultados de análises, de absorção, adsorção, principal objetivo do trabalho, como também avanços das pesquisas relacionadas à otimização de nanofibras poliméricas isso por conta da grande gama de possibilidades de aplicações, mobilidade na produção e por se tratar de uma área que está em crescimento e que é muito promissora, promovendo avanço e desenvolvimento tecnológico notável.

### Agradecimentos

À CAPES processo CAPES: 88887136426/2017/00, ao CNPQ processo CNPq: 465571/2014-0 e agência FAPESP processo FAPESP: 2014/50945-4, ambos pelo apoio financeiro à pesquisa e junto aos colegas e parceiros membros do trabalho no Campus da UNESP em Ilha Solteira. A FINEP pelo apoio financeiro junto à Universidade Estadual de Maringá – UEM, e aos parceiros da instituição.

### Referências

AMAYA, Onofre Monge; GARCÍA, Jesus L. Valenzuela; FÉLIX, Evelia Acedo; BARRAGÁN, María T. Certucha; TAPIA, Francisco J. Almendáriz. BIOSORCIÓN DE COBRE EN SISTEMA POR LOTE Y CONTINUO CON BACTERIAS AEROBIAS INMOVILIZADAS EN ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA). **Revista internacional de contaminación ambiental**, [s. l.], ano 2008, v. 24, ed. 3, p. 107-115, 2008.

BALAMURUGAN, Ramalingam; SUNDARRAJAN, Subramanian; RAMAKRISHNA, Seeram. Recent Trends in Nanofibrous Membranes and Their Suitability for Air and Water Filtrations. **Membranes**, [s. l.], ano 2011, v. 1, ed. 3, p. 232-248, 2011.

BARBOZA, Kleberton R. A.; MEDEIROS, Eudes L. G.; MEDEIROS, Eliton S.; MENEZES, Romualdo R. Alinhamento de nanofibras produzidas por eletrofiação: uma revisão. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, [s. l.], ano 2018, v. 13, ed. 3, p. 151-158, 2018.

CANEVALORO JÚNIOR, Sebastião Vicente. **Ciência dos Polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2. ed. rev. e aum. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2006. 280 p. ISBN 9788588098107.

CARDIM, Maria Eduarda; TEÓFILO, Sarah. Vazamento de óleo em praias do Nordeste ainda é mistério para autoridades. **Correio Braziliense**, [s. l.], ano 2020, 20 fev. 2020. Disponível em: <https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/02/20/interna-brasil,829204/vazamento-de-oleo-em-praias-do-nordeste-ainda-e-misterio-para-autorida.shtml>. Acesso em: 8 abr. 2020.

COSTA, Lígia Maria Manzine *et al.* Effect of Solution Concentration on the Electrospray/Electrospinning Transition and on the Crystalline Phase of PVDF. **Scientific Research**, [s. l.], v. 1, n. 4, ed. 4, p. 247-252, 2010. DOI 10.4236/msa.2010.14036. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=2989>. Acesso em: 30 abr. 2020.

---

DA LUZ, Adão Benvindo. **Zeólitas: Propriedades e Usos Industriais**. 1. ed. [S. l.]: SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL, 1995. 42 p. ISBN 85-7227-052-3.

DIAS G.C., ZADOROSNY, L., SANCHES, A.O., MALMONGE, L.F. Produção microfibras magnéticas de Poli(fluoreto de vinilideno) e Hexaferrita de Bário-(PVDF/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>), obtidos pela técnica de fiação por sopro de solução (FSS). **Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales**. v.19. n.1.p.10-19. 2018

DIAS, G. C.; CELLET, T. S. P.; ZADOROSNY, L.; SANTOS, M. C.; SANCHES, A. O.; MALMONGE, L. F. Aerografia e o desenvolvimento da tecnologia para obtenção de nanofibras poliméricas baseada na fiação por sopro em solução. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, www.ufcg.edu.br, ano 2019, v. 14, ed. 2, p. 36-53, 2019.

DIAS, G.C.; CELLET, T. S. P.; SANTOS, M. C.; SANCHES, A. O.; MALMONGE, L.F. Caracterização Morfológica de filmes Nanofibrosos de PVDF pela técnica de Aerografia. **23°CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, [s. l.], ed. 23, 2018.

DIAS, Gabriel C.; CELLET, Thelma S. P.; SANTOS, Mirian C.; SANCHES, Alex O.; MALMONGE, Luiz F. PVDF nanofibers obtained by solution blow spinning with use of a commercial airbrush. **Journal of Polymer Research**, The Polymer Society, Taipei 2019, ano 2019, v. 26, n. 4, ed. 4, 11 mar. 2019. DOI <https://doi.org/10.1007/s10965-019-1731-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10965-019-1731-7>. Acesso em: 18 abr. 2020.

DILLON, D. R. et al. On the structure and morphology of polyvinylidene fluoride–nanoclay nanocomposites. **Polymer**, London, v. 47, n. 5, p.1678-1688, fev. 2006.

ERDOGAN, Burcu *et al.* Characterization and ethylene adsorption of natural and modified clinoptilolites. **Applied Surface Science**, [s. l.], ano 2008, n. 254, ed. 254, p. 2450-2457, 29 set. 2007.

GOTTARDI, Glauco *et al.* **Natural Zeolites**. Berlin: Springer-Verlag, 1985. 411 p. v. 1. ISBN 978-3-642-46520-8. DOI 10.1007/978-3-642-46518-5. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-46518-5>. Acesso em: 17 abr. 2020.

HUANG, Zheng-Ming; ZHANG, Y.-Z.; KOTAKI, M.; RAMAKRISHNA, S. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. **Composites Science and Technology**, [s. l.], ano 2003, v. 63, ed. 15, p. 2223-2253, 2003. DOI [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(03\)00178-7](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(03)00178-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266353803001787?via%3Dihub>. Acesso em: 4 fev. 2020.

JIMENEZ, Ricardo Sarti *et al.* REMOÇÃO DE METAIS PESADOS DE EFLUENTES AQUOSOS PELA ZEÓLITA NATURAL ESCOLECITA – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO pH NA ADSORÇÃO EM SISTEMAS MONOELEMENTARES. **Química Nova**, [s. l.], ano 2004, v. 27, n. 5, ed. 5, p. 734-738, 17 jun. 2004.

---

LATEEF, A. et al. Synthesis and characterization of zeolite based nano-composite: An environment friendly slow release fertilizer. **Microporous and Mesoporous Materials**, Amsterdam, v. 232, p.174-183, set. 2016.

LIAO, Chanjuan; YU, Ping; ZHAO, Jianquan; WANG, Liming; LUO, Yunbai. Preparation and characterization of NaY/PVDF hybrid ultrafiltration membranes containing silver ions as antibacterial materials. **Desalination**, [s. l.], ano 2011, n. 272, ed. 272, p. 59-65, 2011.

LIU, Zhehui *et al.* D.m.a. and d.s.c, investigations of the  $\beta$  transition of poly(vinylidene fluoride). **Polymer**, [s. l.], ano 1997, v. 38, n. 19, ed. 19, p. 4925-4929, 1997. DOI [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(96\)01074-9](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(96)01074-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386196010749>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MALMONGE, L.F. *et al.* Thermal analysis of conductive blends of PVDF and poly(o-methoxyaniline). **Polymer**, [s. l.], ano 2000, v. 41, n. 23, ed. 23, p. 8387-8391, 2000. DOI [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(00\)00182-8](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(00)00182-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386100001828>. Acesso em: 17 abr. 2020.

MEDEIROS, Eliton S. *et al.* Solution Blow Spinning: A New Method to Produce Micro- and Nanofibers from Polymer Solutions. **Wiley InterScience**, [s. l.], ano 2009, v. 113, n. 4, ed. 4, p. 2322-2330, 2009. DOI <https://doi.org/10.1002/app.30275>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.30275>. Acesso em: 30 abr. 2020.

PENG, Q. et al. The preparation of PVDF/clay nanocomposites and the investigation of their tribological properties. **Wear**, Amsterdam, v. 266, n. 7-8, p.713-720, mar. 2009.

PEREIRA, Esther Lorryne Machado; BATISTA, Adriana de Souza Medeiros; ALVES, Neriene; OLIVEIRA, Arno Heeren de; RIBEIRO, Fabiola A. S.; SANTOS, Adelina P.; FARIA, Luiz Oliveira de. Effects of the addition of MWCNT and ZrO<sub>2</sub> nanoparticles on the dosimetric properties of PVDF. **Applied Radiation and Isotopes**, [s. l.], ano 2018, v. 141, p. 275-281, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2018.07.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969804317314094?via%3Dihub>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SHAH, D. et al. Dramatic Enhancements in Toughness of Polyvinylidene Fluoride Nanocomposites via Nanoclay-Directed Crystal Structure and Morphology. **Advanced Materials**, Weinheim, v. 16, n. 14, p.1173-1177, 19 jul. 2004.

SHEN, Juan *et al.* A nanocomposite proton exchange membrane based on PVDF, poly(2-acrylamido-2-methyl propylene sulfonic acid), and nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for direct methanol fuel cells. **Journal of Power Sources**, [s. l.], ano 2006, v. 159, n. 2, ed. 2, p. 894-899, 2006. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.11.070>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775305016344>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SHEN, Xiang; LIU, Peng; XIA, Shubiao; LIU, Jianjun; WANG, Rui; ZHAO, Hua; LIU, Qiuju; XU, Jiao; WANG, Fan. Anti-Fouling and Anti-Bacterial Modification of

---

Poly(vinylidene fluoride) Membrane by Blending with the Capsaicin-Based Copolymer. **Polymers**, [s. l.], ano 2019, v. 11, ed. 2, 13 fev. 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/polym11020323>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/2/323>. Acesso em: 4 fev. 2020

WANG, Peng; TAN, K. L; NEOH, KG. Synthesis, characterization and anti-fouling properties of poly(ethylene glycol) grafted poly(vinylidene fluoride) copolymer membranes. **Journal of Materials Chemistry**, [s. l.], ano 2001, v. 11, ed. 3, p. 783-789, 2001.

ZADOROSNY, Lincon. **Produção e caracterização de nanocompósitos PVDF/argila e PVDF/zeólita obtidos pela técnica de fiação por sopro em solução para remoção de metais**. Orientador: Luiz Francisco Malmonge. 2017. 151 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2017.