



II CONPESQ

Congresso de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Os novos rumos da ciência pós-pandemia

12 a 16 de abril de 2021 Universidade Federal do Cariri - UFCA

ESTUDO PRELIMINAR VISANDO O USO DO PVP COMO POLÍMERO AUXILIAR NA PRODUÇÃO DE NANOFIBRAS CERÂMICAS POR SBS

Maria Geórgia da Silva Andrade¹

Universidade
Federal do Cariri,
georgiaandradee@gmail.com

Edvânia Trajano Teófilo²

Universidade Federal do Cariri, edvania.teofilo@ufca.edu.br

RESUMO

A técnica amplamente utilizada para produzir nanofibras é a eletrofiação, porém essa técnica utiliza altas voltagens e o volume de fibras produzidas é baixo, o que a inviabiliza para produções em larga escala. A técnica de fiação por sopro em solução, do inglês “Solution Blow Spinning” - SBS, foi desenvolvida na tentativa de suprir essas limitações. A SBS utiliza forças aerodinâmicas para a produção das nanofibras e, conseqüentemente, supera uma das grandes desvantagens da eletrofiação, que é a manipulação perigosa do operador pela presença de um campo elétrico. Além disso, a produtividade das nanofibras pela técnica SBS supera em muito a quantidade de nanofibras eletrofiadas, em um mesmo intervalo de tempo. O presente trabalho traz dados preliminares do estudo que objetiva produzir nanofibras cerâmicas na UFCA. Tais fibras podem ser obtidas a partir de um *template*, no qual as nanofibras de outros materiais são revestidas pelo material desejado. Nisto, diferentes polímeros podem ser utilizados como auxiliares na síntese de fibras cerâmicas por SBS. No presente estudo o polivinilpirrolidona (PVP) foi escolhido por ser facilmente solubilizado em metanol ou etanol e por apresentar compatibilidade com os precursores cerâmicos que serão utilizados na produção de nanofibras de sílica. Os dados preliminares obtidos mostraram que, com os parâmetros de processo utilizados, foi possível obter fibras de PVP com diâmetros na

1 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

2 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

3 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

faixa desejável.

Palavras-chaves: Nanofibras, fiação por sopro em solução, PVP.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os materiais nanoestruturados, as nanofibras são consideradas um produto de grande interesse industrial, devido à sua elevada potencialidade de aplicação (SUNDARARAJAN *et al.*, 2014), como por exemplo, purificação de água, liberação controlada de fármacos, sensores, biossensores, engenharia de tecidos, próteses vasculares, catálises, células solares, células combustíveis, membranas, baterias de hidrogênio, materiais estruturais que exige alta resistência mecânica, engenharia de tecidos, como também tem potenciais aplicações em nanoeletrônicos e em dispositivos óptico e magneto eletrônicos (SUNDARARAJAN *et al.*, 2014; RAMASESHAN *et al.*, 2007; HU *et al.*, 2014; AHMED; LALIA; HASHAIKEH, 2015; KUCINSKA-LIPKA *et al.*, 2015; MEDEIROS *et al.*, 2009).

Nanofibras cerâmicas podem ser obtidas a partir de um *template*, no qual as nanofibras de outros materiais são revestidas pelo material cerâmico desejado. Os *templates* são removidos posteriormente por tratamento térmico ou pela dissolução em um solvente específico.

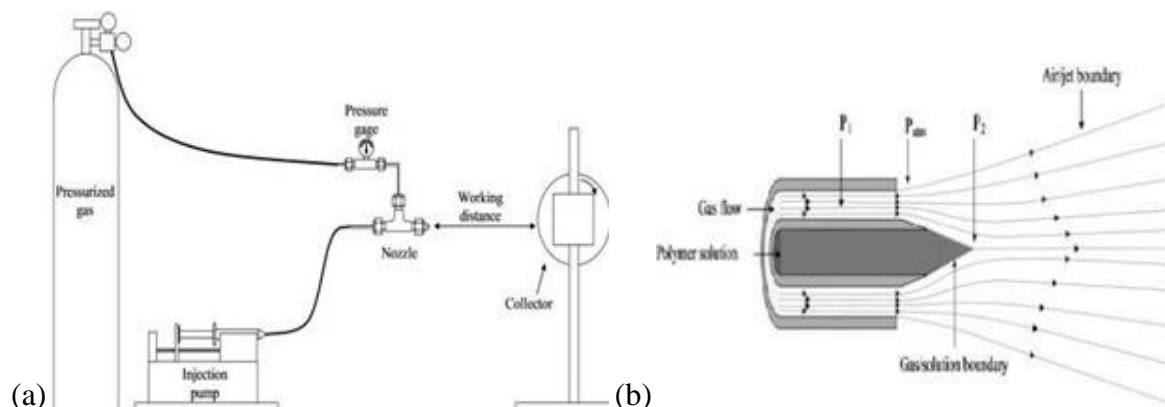
Segundo a literatura (SIGMUND *et al.*, 2006, RAMASESHAN *et al.*, 2007), a primeira publicação em síntese de nanofibra cerâmica foi obtida no ano de 2002 por Dai *et al.* Fazendo uso da técnica de eletrofiação, eles sintetizaram nanofibras de borato de alumínio, a partir de uma solução aquosa de polivinil álcool (PVA) contendo seus devidos precursores (acetato de alumínio + ácido bórico). O diâmetro médio das nanofibras obtidas após a calcinação em 1400 °C foi de 550 nm (DAI *et al.*, 2002).

A obtenção de fibras cerâmicas de ordem nanométrica a partir da técnica de fiação por sopro em solução (SBS) é fundamentada na utilização de um sistema de gás pressurizado, com velocidade de produção significativamente alta, preços mais acessíveis e maior taxa de produtividade, se comparada à eletrofiação. Nesse método, não há necessidade de uso de voltagem, a solução é bombeada por meio de bico interno e externo (MEDEIROS, *et al.*, 2009; ABDAL-HAY; BARAKAT; LIM, 2012).

O sistema de fiação por sopro em solução é constituído de um bocal através do qual uma solução de polímero é bombeada e o gás pressurizado é fornecido por um bocal externo concêntrico. O gás pressurizado produz uma força de condução e, quando supera a tensão superficial da solução, a solução de polímero é direcionada para um coletor, como mostrado na (Figura 1a). Durante o percurso entre o bocal e o coletor, o solvente evapora, originando uma estrutura não tecida (AHMED; LALIA; HASHAIKEH, 2015; KUCINSKA-LIPKA *et al.*, 2015).

A técnica de fiação por sopro em solução faz uso do princípio de Bernoulli, no qual as modificações na pressão são convertidas em energia cinética, ou seja, à medida que um gás de alta pressão sai do bocal (Figura 1b), a pressão cai rapidamente (pressão atmosférica) e a energia cinética do fluxo aumenta, ocasionando um aumento na velocidade do gás. Essa elevação na velocidade provoca uma queda da pressão no centro do jato (Figura 1b), criando uma força motriz que é responsável pela aceleração do fluxo da solução de polímero.

Figura 1 - (a) Desenho esquemático do método SBS e (b) da matriz de fiação



Fonte: Medeiros et al (2009).

O sucesso na obtenção de nanofibras poliméricas pela técnica SBS nos últimos anos tem sido o ponto de partida para o ingresso de estudos voltados para a síntese de nanofibras cerâmicas. Pois apesar de não estar presente na fase final do material cerâmico desejado, o polímero possui um papel importante no ajuste da viscosidade da solução e na formação e morfologia das nanofibras, uma vez que isto depende, essencialmente, do entrelaçamento de suas cadeias (DARISTOTLE *et al.*, 2016). Em geral, a solução para a obtenção de nanofibras cerâmicas é constituída por polímero, solvente, precursores cerâmicos e, em alguns casos, estabilizantes e catalisadores (FARIAS, 2018).

Diferentes polímeros podem ser utilizados como auxiliares na síntese de fibras cerâmicas por SBS. No presente estudo o polivinilpirrolidona (PVP) foi escolhido por ser facilmente solubilizado em metanol ou etanol e por apresentar compatibilidade com os precursores cerâmicos que serão utilizados, em etapa posterior, na produção de nanofibras de sílica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Como polímero auxiliar de fiação foi utilizado o Poli(vinil) pirrolidona (PVP), fornecido pela *Sigma Aldrich Chemistry*, com massa molar média igual a 360.000 g.mol⁻¹. O PVP foi escolhido por apresentar capacidade de fiação e compatibilidade com precursores cerâmicos.

2.2 PREPARO DA SOLUÇÃO DE FIAÇÃO

Inicialmente foi preparada uma soluções poliméricas com concentrações de 10% de PVP em álcool metílico. A dissolução foi realizada a temperatura ambiente sob agitação constante por aproximadamente 30 minutos utilizando agitador magnético e em seguida permaneceu em repouso por aproximadamente 4 horas para avaliar sua estabilidade. Após dissolução total do polímero no solvente a amostra foi submetida ao processo de fiação por sopro em solução para avaliar sua capacidade de formação de fibras. Os parâmetros de fiação utilizados foram: taxa de ejeção de 7,2 mL h⁻¹; pressão de 50 psi; distância de trabalho de 30 cm e distância de protusão de 2 mm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em um sistema polímero/solvente a afinidade entre os componentes é essencial para que se atinja a solubilização completa. Essa afinidade tem sido relacionada com o parâmetro de solubilidade (WRIGHT, 1996; HANSEN, 2002). Isso porque se o parâmetro de solubilidade do solvente for próximo ao do polímero, o polímero provavelmente mostrará alguma solubilidade no solvente (MOSKALA; JONES, 1998). A Tabela 1 apresenta os parâmetros de solubilidade (δ_T) do solvente e do polímero utilizados nesta pesquisa, com suas respectivas contribuições de forças coesivas, a saber, dispersiva (δ_D), polar (δ_P) e ponte de hidrogênio (δ_H).

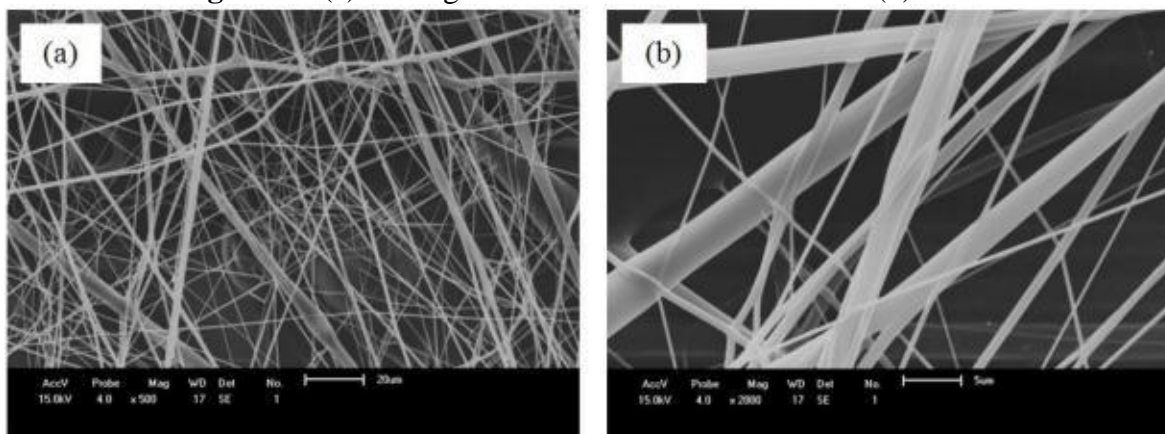
Tabela 1 – Parâmetros de Solubilidade de Hildebrand

Substâncias	δ_D (MPa) ^{0,5}	δ_P (MPa) ^{0,5}	δ_H (MPa) ^{0,5}	δ_T (MPa) ^{0,5}
Metanol	15,1	12,3	22,3	29,7
PVP	21,4	11,6	21,6	32,5

Fonte: Wright (1996); Andraday (2008).

Conforme os dados da Tabela 1 pode-se observar que o solvente utilizado foi adequado para formar solução (10% m/v) com o polímero PVP, visto que o sistema polímero/solvente apresenta parâmetro de solubilidade (δ_T) aproximado. Porém se faz necessário não apenas considerar o valor total do parâmetro de solubilidade, como também as interações de forças coesivas, principalmente as polares e de pontes de hidrogênio, pois de acordo com (IWAKI, 2011), estes fatores podem influenciar no comportamento reológico das soluções e, conseqüentemente na formação e morfologia das fibras. Observa-se que, as contribuições de forças coesivas polares e de ponte de hidrogênio apresentam valores aproximados no sistema PVP/metanol, o que contribuiu para uma solução adequada para a obtenção de fibras mais uniformes, conforme pode ser visualizado nas Figuras 2a e 2b. O diâmetro médio das fibras obtidas foi de 748 nm, podendo ser caracterizada como nanofibras.

Figura 2 - (a) Micrografias das fibras de PVP 500X e (b)2000X



Em razão da pandemia do Covid-19, a pesquisa foi paralisada e, portanto, não foi possível desenvolver a etapa de produção com incorporação de precursores cerâmicos para obtenção de nanofibras cerâmicas.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados que foram possíveis obter em face das limitações impostas pela conjuntura da pandemia do Covid-19, conclui-se que a técnica de fiação por sopro em solução apresenta potencial para a produção de nanofibras cerâmicas utilizando o PVP como polímero auxiliar. A formação de soluções poliméricas adequadas à fiação depende da natureza do polímero e do seu respectivo solvente, bem como das interações químicas existentes entre eles.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFCA pelas bolsas concedidas para a realização deste estudo e à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pelo suporte na produção de nanofibras. Em especial ao CNPq pelos recursos liberados, os quais possibilitaram a implantação do sistema SBS na região do Cariri.

REFERÊNCIAS

ABDAL-HAY, A.; BARAKAT, N. M.; LIM, J. K. Novel Technique for Polymeric Nanofibers Preparation: air Jet spinning. **Science Of Advanced Materials**, [s.l.], v. 4, n. 12, p. 1268-1275, 1 dez. 2012.

AHMED, F. E.; LALIA, B. S.; HASHAIKEH, R. A review on electrospinning for membrane fabrication: challenges and applications. **Desalination**, [s.l.], v. 356, p. 15-30, jan. 2015.

DAI, H.; GONG, J.; KIM, H.; LEE, D. A novel method for preparing ultra-fine alumina-borate oxide fibers via electrospinning technique. **Nanotechnology**, v. 13(5), p. 674-677, 2002.

FARIAS, R. M. C. **Desenvolvimento de Sistemas Adsorptivos de Nanofibras de Sílica/Carbono-N pela Técnica de Solution Blow Spinning**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

HANSEN, C. M. On predicting environmental stress cracking in polymers. **Polymer Degradation And Stability**, [s.l.], v. 77, n. 1, p. 43-53, jan. 2002.

IWAKI, L. E. O. **Nanofibras eletrofiadas de poliamida 6 e polialilaminahidroclorada funcionalizadas com nanotubos de carbono e nanopartículas de ouro aplicadas em sensores e biossensores**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

KUCINSKA-LIPKA, J.; GUBANSKA, I.; JANIK, H.; SIENKIEWICZ, M. Fabrication of polyurethane and polyurethane based composite fibres by the electrospinning technique for soft tissue engineering of cardiovascular system. **Materials Science And Engineering: C**, [s.l.], v. 46, p. 166-176, jan. 2015.

MEDEIROS, E. S.; GLENN, G. M.; KLAMCZYNSKI, A. P.; ORTS, W. J.; MATTOSO, L. H. C. Solutionblowspinning: a new method to produce micro and nano fibers from polymer solutions. **Journal of Applied Polymer Science**, [s.l.], v. 113, n. 4, p. 2322-2330, 15 ago. 2009.

MOSKALA, E. J.; JONES, M. Evaluating environmental stress cracking of medical plastics. **Medical Plastics and Biomaterial Magazine**, [s.l.], maio 1998.

RAMASESHAN, R.; SUNDARRAJAN, S.; JOSE, R.; RAMAKRISHNA, S. Nanostructured ceramics by electrospinning. **Journal of Applied Physics**, [s.l.], v. 102, n. 11, p. 1-17, dez. 2007.

SIGMUND W.; YUH, J.; PARK, H.; MANEERATANA, V.; PYRGIOTAKIS, G.; DAGA, A.; TAYLOR, J.; NINO, J. C. Processing and Structure Relationships in Electrospinning of Ceramic Fiber Systems. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 89(2), p. 395-407, 2006.

SUNDARRAJAN, S.; TAN, K. L.; LIM, S. H.; RAMAKRISHNA, S. Electrospun Nanofibers for Air Filtration Applications. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 75, p. 159-163, 2014.

WRIGHT, D. C. **Environmental stress cracking of plastics**. UK: Rapra Technology Limited; p. 46-48, 1996.