

REMOÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DO AR POR PRECIPITAÇÃO ELETROSTÁTICA: AVALIAÇÃO DO NÚMERO DE FIOS E VOLTAGEM

Felipe de Aquino Lima ¹

Vádila Giovana Guerra ²

Poluição atmosférica

Resumo

O crescente aumento de emissões de partículas ultrafinas (<100 nm), pelas indústrias e centros urbanos, se tornou preocupante pelos potenciais efeitos adversos à saúde quando inaladas. Partículas nessa faixa de tamanho tem maior facilidade de penetração pulmonar, podendo acessar a corrente sanguínea e se depositarem em outras regiões do corpo. Com isso, o desenvolvimento e otimização de equipamentos que visam a remoção de nanopartículas do ar atmosférico vêm ganhando importância no cenário atual. Dentre os equipamentos comumente empregados, os precipitadores eletrostáticos se destacam pela versatilidade e, para determinadas configurações, eficiências de até 99,9% em uma ampla faixa granulométrica. No entanto, esse processo precisa ser melhor elucidado para remoção de nanopartículas. Logo, o objetivo do trabalho foi avaliar o emprego de um precipitador eletrostático do tipo placa-fio, de único estágio e operado a seco na coleta de nanopartículas de cloreto de sódio utilizando velocidade de aerossol de 2,9 cm/s e voltagens de 10,0 kV, 10,5 kV e 11,0 kV. Foram empregados 3 e 5 eletrodos de descarga (fios) e concentração em número de partículas na ordem de 10^5 partículas/cm³. Foi evidenciado que o aumento da voltagem favorece a coleta de nanopartículas, com eficiências de 99% para a voltagem de 11,0 kV. O aumento no número de fios melhorou a eficiência de coleta na voltagem de 10,0 kV e não apresentou melhoras significativas nas voltagens de 10,5 kV e 11 kV.

Palavras-chave: Precipitação eletrostática; Nanopartículas; Controle Ambiental; Poluição Atmosférica; Eletrodos de Descarga.

¹ Aluno de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos, Departamento de Engenharia Química, felipedeaquinolima@gmail.com.

² Prof.^a Dr.^a da Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos, Departamento de Engenharia Química, vadila@ufscar.br.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um problema mundial que se acentuou com o aumento da industrialização e urbanização. Dentre os contaminantes, as nanopartículas ou partículas ultrafinas, mesmo com menor massa, se apresentam mais numerosas, possuem alta superfície, neurotoxicidade, facilidade de penetração pulmonar e capacidade de serem transportadas pela corrente sanguínea e acessar outros órgãos, células e estruturas subcelulares (CALDERÓN-GARCIDUEÑAS *et al.*, 2019).

O aumento das emissões dessas partículas gera um aumento na preocupação com seus efeitos adversos à saúde. Cheng e colaboradores (2010) realizou um estudo em um pedágio de uma rodovia de Taiwan e mostrou que as pessoas que trabalham nessa região estão expostas a concentrações de partículas ultrafinas na faixa de $9,3 \times 10^3 - 1,6 \times 10^5$ partículas/cm³. Wheatley e Sadhra (2004) relataram uma exposição na faixa de $5,8 \times 10^4 - 2,3 \times 10^5$ partículas/cm³ ar em depósitos que utilizavam empilhadeiras movidas a diesel.

Dentre esses equipamentos utilizados na coleta de material particulado, os precipitadores eletrostáticos se destacam pela versatilidade, alta eficiência, baixa resistência e adaptabilidade a diferentes tipos de partículas. A operação a seco desse processo é vantajosa devido a possibilidade de recuperação direta dos materiais e por não formar outros efluentes no processo (PARKER, 2003). Dessa forma, esse trabalho objetiva-se avaliar a influência do espaçamento entre placas e número de fios na coleta de nanopartículas no ar utilizando a precipitação eletrostática.

METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta uma representação gráfica da unidade experimental. O ar de diluição era alimentado através de um compressor enquanto paralelamente um aerossol de nanopartículas de NaCl era gerado por um atomizador de partículas (TSI, modelo 3079) a partir de uma solução aquosa de NaCl 0,1 g/L. Após mistura, o aerossol passou pelo precipitador eletrostático, que estava conectado a uma fonte de alta tensão (Spellman, modelo SL 1200) para geração do efeito corona. Amostras de aerossol a montante e a

jusante desse equipamento foram para a aferição da concentração pelo Analisador de Partículas por Mobilidade Elétrica (TSI, modelo 3936), composto por um Classificador Eletrostático (modelo 3080) acoplado a um Analisador de Mobilidade Diferencial (DMA) e um Contador de Partículas Ultrafinas (UCPC, modelo 3776). A granulometria utilizada abrangeu diâmetros de partículas entre 6,15 a 241,4 nm.

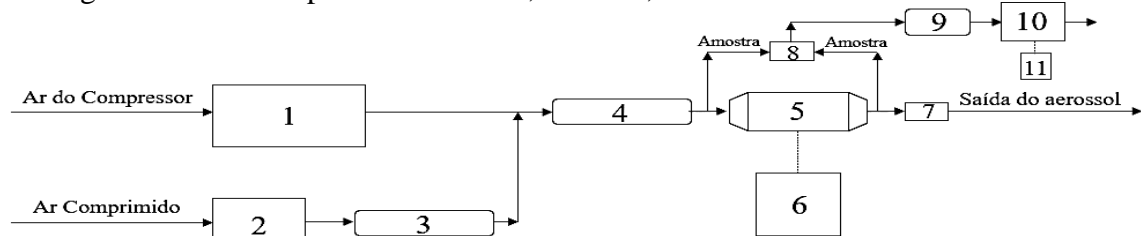


Figura 1. Representação da unidade experimental onde: 1) Filtros de ar; 2) Gerador atomizador; 3) Secador de difusão; 4) Fonte de Kr-85; 5) Precipitador eletrostático; 6) Fonte de alta tensão; 7) Rotâmetro; 8) Válvula de três vias; 9) Fonte de Am-241; 10) Analisador de partículas por mobilidade elétrica; 11) Microcomputador.

O precipitador eletrostático utilizado é do tipo placa-fio, de único estágio e construído em acrílico. Ele possui 2 placas coletoras de comprimento de 30 cm, altura de 10 cm e espaçadas por 6,5 cm. Para os testes com número de fios, foram utilizados 3 e 5 eletrodos de descarga com diâmetro de 0,4 mm e espaçados por 6 cm. A velocidade do aerossol foi de 2,9 cm/s e se avaliou três valores de voltagem de 10,0 kV, 10,5 kV e 11,0 kV. A umidade do ar foi controlada e mantida abaixo de 20% para todos os testes. Cada experimento foi realizado em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração em número de partículas na entrada do precipitador eletrostático foi na ordem de 10^5 partículas/cm³ para todos os testes desse trabalho. Essa concentração está de acordo com Heitbrink e colaboradores (2007) como a média de emissões de partículas nessa faixa de tamanho em diversos pontos. Além disso, a maioria das partículas possuíam mediana próximas a 60 nm e distribuições semelhantes, com desvio padrão geométrico em torno de 1,70.

Tabela 1. Eficiências globais em número de partículas para diferentes voltagens e número de fios

Voltagem (KV)	Número de fios	
	3	5
10,0	36,86±0,81	61,40±3,30
10,5	98,52±0,03	98,49±0,14
11,0	99,74±0,01	99,29±0,07

Se observa que para ambos os números de fios utilizados, o aumento da voltagem aplicada ao precipitador eletrostático proporcionou uma maior eficiência de coleta, tendo baixa eficiência na voltagem de 10,0 kV. Além disso, pela Figura 2, a menor voltagem aplicada não foi forte o suficiente para carregar as partículas maiores que 120 nm, fato associado a menor mobilidade elétrica dessas partículas e quantidade de cargas adquiridas.

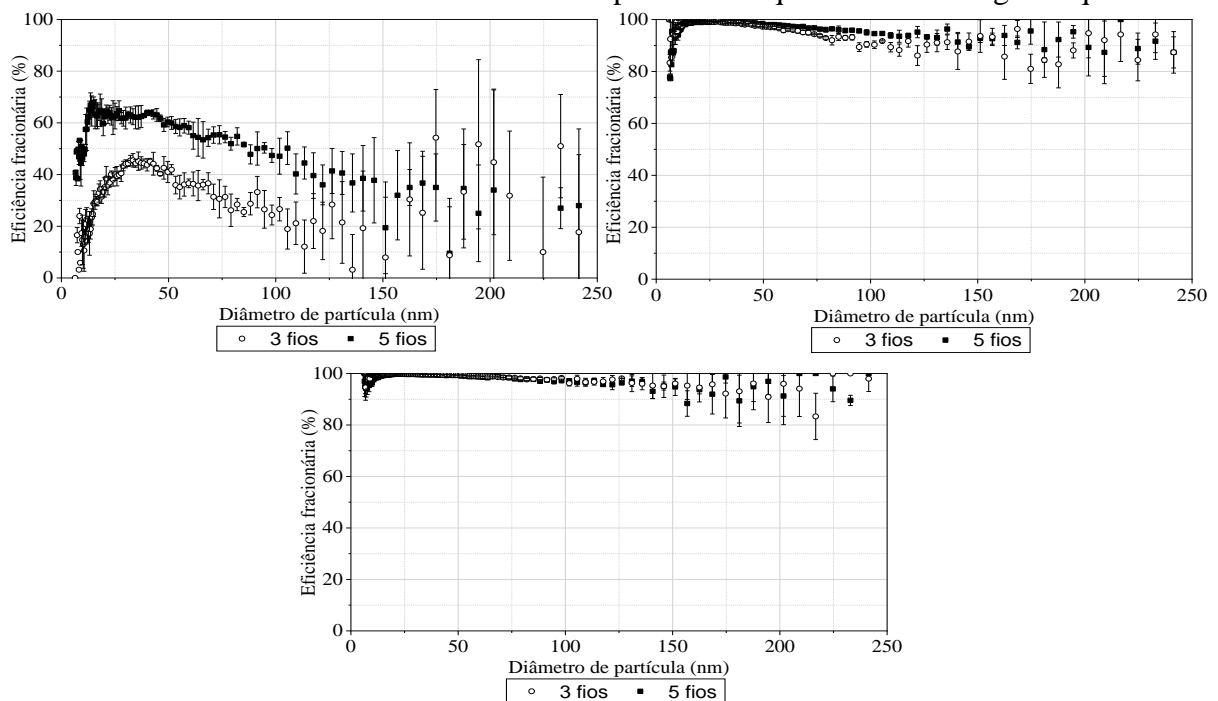


Figura 2. Eficiência fracionária para diferentes números de fios e nas voltagens de: (a) 10,0 kV; (b) 10,5 kV; (c) 11,0 kV.

Pela Figura 2a, se observa um ponto de máxima eficiência em torno de 40 nm e um aumento da eficiência de coleta em todos os diâmetros avaliados ao se aumentar o número de fios. Isso pode ser associado a maior ionização do gás ao se utilizar maior quantidade de fios, levando a um maior carregamento das partículas. Mas é importante salientar que mais

testes devem ser realizados para comprovar tais considerações. De toda forma, pelas Figuras 2b e 2c, a coleta de nanopartículas foi eficiente quando se utilizou voltagens de 10,5 e 11,0 kV. Logo, esse equipamento tem potencial na coleta de partículas nessa faixa de tamanho.

CONCLUSÕES

A precipitação eletrostática tem potencial para remoção de nanopartículas, com eficiências acima de 99% para voltagens de 11,0 kV. O aumento da voltagem proporcionou uma maior eficiência de remoção de nanopartículas. O aumento do número de fios se mostrou desnecessário para coleta nessa faixa de tamanho.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo nº 132752/2019-0.

REFERÊNCIAS

- CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, L. *et al.* Combustion- and friction-derived magnetic air pollution nanoparticles in human hearts. **Environmental Research**, v. 176, n. June, p. 108567, 2019.
- CHENG, Y. H. *et al.* Concentrations of ultrafine particles at a highway toll collection booth and exposure implications for toll collectors. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 2, p. 364–369, 2010.
- HEITBRINK, W. A. *et al.* Characterization and mapping of very fine particles in an engine machining and assembly facility. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 4, n. 5, p. 341–351, 2007.
- PARKER, K. R. **Electrical Operation of Electrostatic Precipitators**. 1. ed. London: Institution of Engineering and Technology, 2003.
- WHEATLEY, A. D.; SADHRA, S. Occupational exposure to diesel exhaust fumes. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 48, n. 4, p. 369–376, 2004.