

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PRECIPITAÇÃO ELETROSTÁTICA NA COLETA DE NANOPARTÍCULAS

Felipe de Aquino Lima¹

Vádila Giovana Guerra²

Poluição atmosférica

Resumo

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 se tornaram objeto de estudo devido os potenciais efeitos adversos à saúde quando inaladas. Embora os precipitadores eletrostáticos sejam comumente utilizados na remoção de material particulado, o emprego desse equipamento na remoção de nanopartículas precisa ser melhor elucidado. Dessa forma, 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 velocidades de aerossol de 1,9, 2,9 e 3,9 cm/s e campos elétricos de 2,50, 3,50 e 4,50 kV/cm. Foram empregadas concentração em número de partículas na ordem de 10^5 partículas/cm³. Foi evidenciado que o aumento do campo elétrico favorece a coleta de nanopartículas, com eficiências de 99,9% para os campos elétricos de 3,50 e 4,50 kV/cm em todas as velocidades.

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

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

O crescente aumento de emissões de nanopartículas ou partículas ultrafinas, pelas indústrias e centros urbanos, tornou-se necessário a implementação de meios eficientes para sua remoção do ar. Em média regiões populosas ou industriais apresentam concentrações em número de partículas com ordens de grandeza de 10^6 partículas/cm³, enquanto processos industriais apresentam emissões na ordem de 10^5 partículas/cm³. (HEITBRINK *et al.*, 2007).

De forma geral, a inalação é uma das vias de acesso mais perigosas de nanopartículas, pois mesmo com menor massa, se apresentam mais numerosas, possuem alta superfície, 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). Segundo Win-Shwe e Fujimaki (2011) essas partículas podem alcançar o cérebro, aumentando o fator de risco para doenças como a doença de Alzheimer, a doença de Parkinson, a doença de Huntington e tumores cerebrais primários.

Dentre os equipamentos que podem ser aplicados na coleta desse material, os precipitadores eletrostáticos se destacam pela versatilidade, elevadas eficiências em uma ampla faixa de tamanho de partículas, possibilidade de serem operados em altas temperaturas e baixos requisitos de manutenção (PARKER, 2003). Dessa forma, esse trabalho objetiva-se avaliar a influência da velocidade e campo elétrico na coleta de nanopartículas no ar utilizando a precipitação eletrostática.

METODOLOGIA

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. Foram utilizados 3 eletrodos de descarga com diâmetro de 0,4 mm e espaçados por 6 cm. Se avaliou três velocidade do gás de 1,9 cm/s (V1), 2,9 cm/s (V2) e 3,9 cm/s (V3) e três valores de campo elétrico de 2,50 kV/cm (C1), 3,50 kV/cm (C2) e 4,50 kV/cm (C3). A umidade do ar foi controlada e mantida abaixo de 20% para todos os

testes. Cada experimento foi realizado em triplicata.

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.

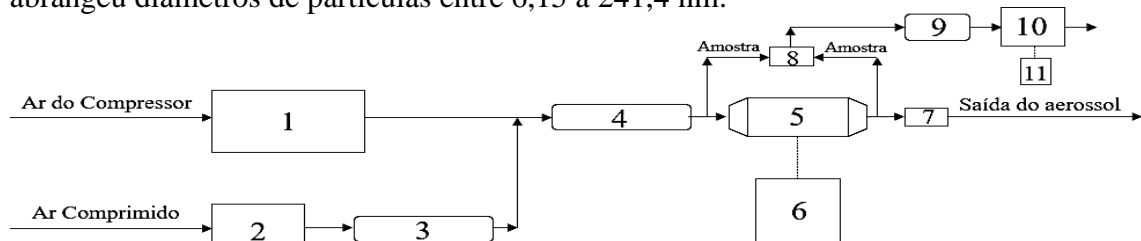


Figura 1. Representação da unidade experimental onde: 1) Filtros de ar; 2) Gerador atomizador; 3) Secador de difusão; 4) Fonte de Kr-85; 5) Precipitador eletrostático; 6) Fonte de alta tensão; 7) Rotâmetro; 8) Válvula de três vias; 9) Fonte de Am-241; 10) Analisador de partículas por mobilidade elétrica;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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição granulométrica na entrada do precipitador eletrostático foi semelhante em todas as velocidades utilizadas, apresentando uma concentração total de partículas na ordem de 10^5 partículas/cm³. Em todos os testes, a maioria das partículas possuíam mediana próximas a 60 nm e distribuições semelhantes, com desvio padrão geométrico em torno de 1,70. Nessa faixa de tamanho, o carregamento por difusão é preponderante e está ligado ao movimento browniano, que se intensifica com a diminuição do tamanho da partícula (ALONSO; ALGUACIL, 2002).

A Tabela 1 apresenta os dados de eficiência global em massa para os diferentes campos elétricos aplicados e velocidades.

Tabela 1. Concentração de entrada e eficiências globais em número de partículas para diferentes velocidades e campos elétricos

Campo Elétrico (kV/cm)	Concentração de entrada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Velocidades (cm/s)		
		1,9	2,9	3,9
2,50	28 ± 4	$27,03 \pm 0,30$	$29,38 \pm 1,67$	$29,60 \pm 0,48$
3,50	28 ± 7	$99,98 \pm 0,00$	$99,48 \pm 0,02$	$99,92 \pm 0,00$
4,50	27 ± 6	$99,99 \pm 0,00$	$99,99 \pm 0,00$	$99,98 \pm 0,00$

O aumento do campo elétrico aplicado ao precipitador eletrostático proporcionou uma maior eficiência de coleta, tendo uma baixa eficiência no campo elétrico de 2,50 kV/cm. A intensidade desse campo elétrico não foi forte o suficiente para promover o carregamento das partículas, principalmente para as partículas de diâmetros acima de 120 nm. Segundo Oliveira e Guerra (2018), essa diminuição pode ser associada a baixa mobilidade elétrica e baixo número de cargas adquiridas pelas partículas nessa faixa. Além disso, pela Figura 2 observa-se um máximo de eficiência em torno de 60 nm apenas para esse campo elétrico. De toda forma, eficiências elevadas foram obtidas nos campos elétricos de 3,50 e 4,50 kV/cm, para todos os diâmetros avaliados, conforme se observa na Figura 2.

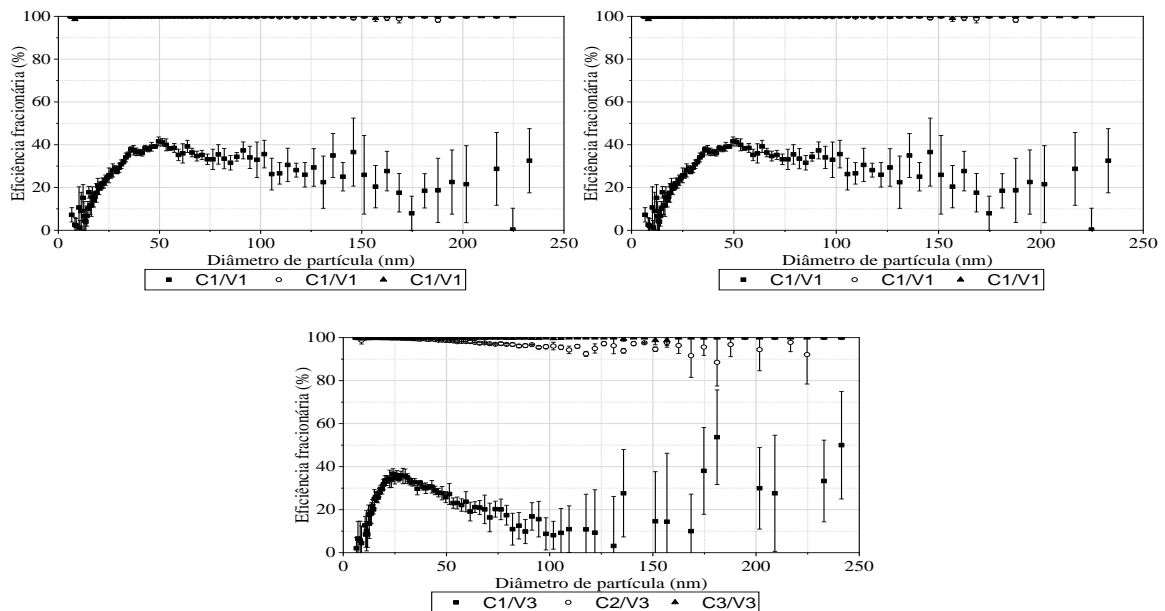


Figura 2. Eficiência fracionária para as diferentes velocidades e os campos elétricos utilizados.

CONCLUSÕES

A concentração em número de partículas na entrada do precipitador estava na ordem dada como emissões reais em diversos pontos. Esse processo tem potencial para remoção de nanopartículas, com eficiências acima de 99,9% para campos elétricos de 4,50 kV/cm. O aumento do campo elétrico proporcionou uma maior eficiência de remoção de nanopartículas, sendo menos significativa entre os campos de 3,50 kV/cm e 4,50 kV/cm.

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

- ALONSO, M.; ALGUACIL, F. J. Electrostatic Precipitation of Ultrafine Particles Enhanced by Simultaneous Diffusional Deposition on Wire Screens. **Journal of the Air and Waste Management Association**, v. 52, n. 11, p. 1342–1347, 2002.
- 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.
- OLIVEIRA, A. E.; GUERRA, V. G. Influence of particle concentration and residence time on the efficiency of nanoparticulate collection by electrostatic precipitation. **Journal of Electrostatics**, v. 96, n. June, p. 1–9, 2018.
- 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.
- WIN-SHWE, T. T.; FUJIMAKI, H. Nanoparticles and Neurotoxicity. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, n. 9, p. 6267–6280, 2011.