

BANCADA PARA CARACTERIZAÇÃO DE EMISSÃO DE POEIRA DE MINÉRIOS E TÉCNICAS DE SUPRESSÃO DE POEIRA

SANTOS JR, R.M.¹, RAMALHO, R.V.C.², CUNHA, A.J.L.², AMARANTE MESQUITA, A.L.³, GONTIJO, C. F.⁴, LEAL FILHO, L.S.⁴

¹Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético. email: ronaldo.santos@itec.ufpa.br

²Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Tucuruí. email: rodolfovitorin@gmail.com, arturcunha18@hotmail.com

³Universidade Federal do Pará (UFPA), Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia. email: andream@ufpa.br

⁴Instituto Tecnológico Vale. email: carlos.gontijo@itv.org, laurindo.leal@itv.org

RESUMO

A geração de poeira durante o manuseio de minérios acarreta uma série de problemas, tais como a poluição do ar. Em função do risco associado à inalação de poeira, diversos mecanismos de controle têm sido adotados. O uso de água como agente supressor de particulado é uma opção viável para se inibir a geração de poeira. A adequada escolha do mecanismo de supressão é feita à partir da caracterização do material gerador de poeira. Diante disso, este trabalho tem por objetivo desenvolver uma bancada para caracterizar a poeira gerada durante o manuseio do material e avaliar os mecanismos mais eficientes de supressão. A bancada utiliza a técnica de torre de poeira, que possibilita ensaios de descarga de material, provocando geração de poeira, e, simultaneamente, faz a medição direta das partículas respiráveis no ar para a avaliação da eficiência de agentes supressores. O trabalho apresenta os primeiros resultados obtidos na bancada para a avaliação de geração de poeira e a influência da umidade na supressão dos particulados de minério de ferro e carvão.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de poeira. Emissão de particulados. Torre de poeira. Minério de ferro. Supressores de particulados.

ABSTRACT

The generation of dust during the handling of ores entails a series of problems, such as air pollution. Due to the risk associated with inhalation of dust, several control mechanisms have been adopted. The use of water as a particulate suppressant is a viable option to inhibit dust generation. The proper selection of suppression mechanism is made from the characterization of the dust generating material. Therefore, this work aims to develop a bench to characterize the dust generated during the handling of the material and to evaluate the most efficient mechanisms of suppression. The bench uses the dust tower technique, which enables material discharge tests, causing dust generation, and simultaneously makes the direct measurement of the respirable particles in the air for the evaluation of the efficiency of suppressing agents. The work presents the first results obtained in the bench for the evaluation of dust generation of coal and iron ore and the influence of moisture as a powder inhibitor. The work presents the first results obtained in the bench for the evaluation of dust generation and the influence of moisture in the particulates suppression of iron ore and coal.

KEYWORDS: Dust generation. Emission of particulates. Dust tower. Iron ore. Particulate suppressors.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica causada pela geração de poeira durante o manuseio de minérios, é um problema grave. Diante do risco associado à inalação de poeira, a regulamentação da qualidade do ar tem estabelecido padrões cada vez mais rigorosos. Como resultado, em 1987 a EPA (Environmental Protection Agency) adotou padrões para regular a concentração de partículas com $10\mu\text{m}$ de diâmetro ou menores (PM₁₀) e para com diâmetro igual ou inferior a $2,5\mu\text{m}$ (PM_{2,5}) ou menor, uma vez que os maiores riscos à saúde não vêm apenas das partículas que são facilmente inaláveis, mas daquelas que se fixam no tecido pulmonar, causando irritação ou necrose (EPA, 2006).

Diversas soluções têm sido adotadas para o controle de poeira, como precipitadores inerciais, separadores centrífugos, filtros de mangas, soluções surfactantes ou polímeros, umidificação com água, etc. A presença de água nos interstícios das partículas é uma opção viável para se inibir a geração de poeira, uma vez que o peso da partícula e a força capilar se opõem à força cisalhante exercida pelo fluxo de ar. Dessa forma, a água capilar contribui para manter as partículas unidas pela pressão capilar exercida nos interstícios destas partículas o que contribui para a inibição da geração de poeira (Allen, 1970). Estudos realizados com minério de ferro mostraram que soluções aquosas de surfactantes (glicóis e ésteres) não inibiram a geração de poeira em extensão maior do que a simples utilização de água pura (Copeland e Kawatra, 2005; Copeland *et al*, 2009). Uma possível explicação para esta observação é a natureza hidrofílica dos óxidos, incluindo o minério de ferro. Por outro lado estes autores mostraram que substâncias higroscópicas, como CaCl_2 e MgCl_2 foram mais efetivas na prevenção da geração de poeira do que agentes surfactantes ou mesmo água pura (Copeland *et al*, 2009).

A maioria dos estudos afirma que o melhor supressor é aquele que molha melhor os particulados finos, pois diminui seu ângulo de contato, ou seja, apenas caracteriza-se a como supressor molha um dado material, o qual não se correlaciona diretamente com a capacidade de suprimir a poeira (Cristovici, 1991). Diante disso, alguns estudos vem sendo elaborados visando desenvolver técnicas para avaliar a eficiência dos supressores. Uma delas é o uso de uma torre de poeira, a qual simula o comportamento do material durante seu manuseio (Copeland e Kawatra, 2011).

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma bancada para caracterizar a poeira gerada durante o manuseio do material e avaliar os mecanismos mais eficientes de supressão, a qual utiliza a técnica de torre de poeira, que possibilita ensaios de descarga de material, provocando geração de poeira para a avaliação da eficiência de agentes supressores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No intuito de medir a emissão de poeira de materiais, foi desenvolvida uma bancada de ensaios, capaz de reproduzir o manuseio de materiais diversos e medir a poeira gerada durante o processo. A torre de poeira desenvolvida pela Michigan Technological University (MTU) para estudos sobre geração de poeira (Copeland & Kawatra, 2011), foi utilizada como referência. No entanto, algumas modificações foram feitas para adequar às necessidades do atual projeto, como por exemplo, um sistema de elevação composto de uma moega e de uma válvula rotativa, visando facilitar a elevação do material a ser ensaiado até o topo da torre de poeira (evitando que o operador suba em escadas para despejar o material), aumentar a autonomia do ensaio e controlar o fluxo de massa de material através da torre. A Figura 1 ilustra a bancada para emissão de poeira desenvolvida.

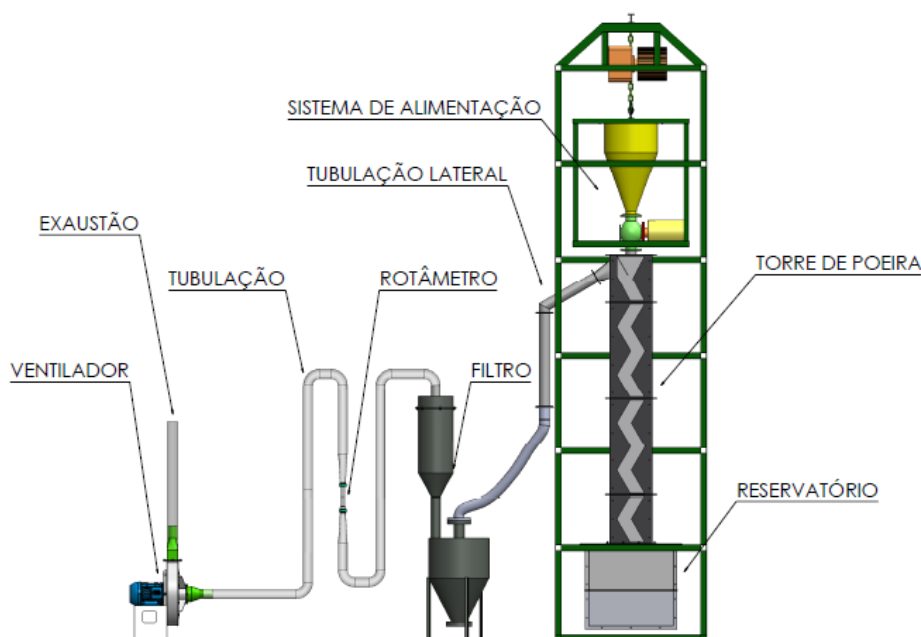


Figura 1. Bancada para avaliação de emissão de poeira – Torre de poeira.

A bancada possui altura total de 5m, no qual a altura de queda do material pela torre de poeira é similar à desenvolvida pela MTU (2,4m), uma vez que essa altura é geralmente encontrada no manuseio de minérios de ferro e carvão. Na tubulação lateral da torre de poeira é acoplado um sistema de sucção que promove uma vazão de 6 l/s e um contador de partículas Particles Plus 8306 é instalado para medir o particulado de 10 μ m e menores liberados na queda do material através da torre. O contador de partículas utilizado está calibrado para medir partículas entre 0,5-10 μ m, as quais são as partículas de interesse na avaliação de emissão de poeira pela EPA. No entanto, para o escopo deste trabalho, somente os particulados de 10 μ m de diâmetro serão apresentados.

O procedimento de ensaio em torre de poeira é feito com a preparação de 3kg de amostra de material à uma determinada umidade. Este procedimento de mistura é feito com o auxílio de um misturador, para uma melhor homogeneização do sólido e água. Em seguida, esse material é levado à moega e com o auxílio do sistema de elevação é suspenso até a altura de ensaio. Os componentes da torre de poeira são então montados e fixados com parafusos e com borracha entre as flanges dos

componentes para vedação do sistema. Após a completa montagem da torre de poeira, o sistema de vácuo é ligado até atingir o regime de operação. A vazão do sistema de sucção é controlada por um inversor de frequência que controla a rotação do ventilador e, conseqüentemente, a vazão de sucção. Em seguida, o analisador de partículas é ligado por 15s, com uma taxa de amostragem de 2s, para medir a concentração de partículas no ambiente e estabelecer uma linha de referência. Em seguida, a válvula rotativa é acionada, liberando 1kg de material para escoar através da torre de poeira. O analisador de partículas permanece ligado por mais 30s após o escoamento por completo do material. Com os 2kg restantes na moega, outros dois ensaios são realizados (1kg por ensaio).

Para avaliar os resultados de emissão de particulados obtidos na bancada, utilizou-se os resultados obtidos por Matai *et al.* (2016) para determinação da distribuição de tamanho de partículas, para os quatro minérios avaliadas nesse trabalho: Pellet Feed Natural (PFN), Pellet Feed Moído e Prensado (PFM), Carvão Coqueificável (CC) e Carvão Térmico (CT). Os testes foram realizados por meio de peneiramento e por análise de imagens dinâmica no equipamento da marca Retsch, modelo Camsizer XT, segundo procedimento descrito pela norma ISO 13322-2/ 2006.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição de tamanho para frações de pellet feed natural e pellet feed moído e prensado menores que 1mm. Nota-se que o PFM apresenta uma quantidade considerável de partículas menores que 10 μ m, enquanto que a quantidade de >10 μ m para o PFN é muito reduzida. A partir desses resultados, é esperado que a quantidade de particulados gerados para o PFM seja muito superior ao PFN, uma vez que ele possui quantidades maiores de particulados inferior ao diâmetro de partícula analisado pelo contador de partículas, no caso 10 μ m.

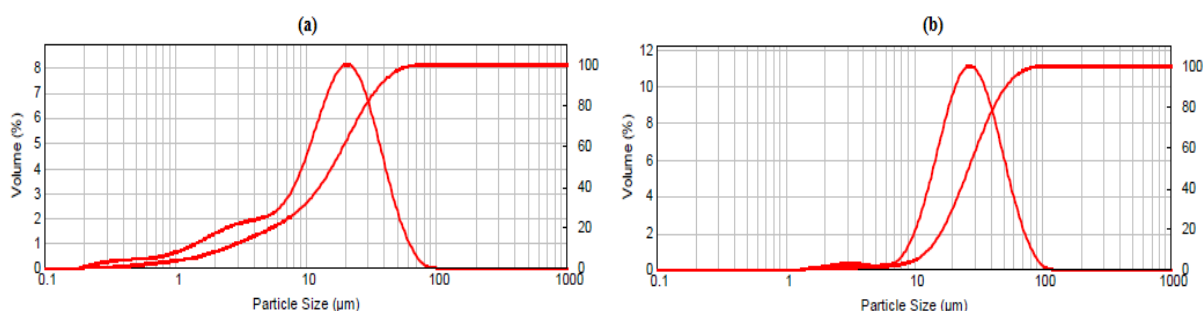


Figura 2. Distribuição de tamanho de partículas – (a) Pellet Feed Moído e Prensado (PFM) e (b) Pellet Feed Natural (PFN)

As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, o número de partículas geradas para o PFN e PFM, para as umidades de 6%, 8%, 10% e 12%. Em ambos os gráficos é possível verificar que há uma redução significativa no número de partículas geradas, conforme a umidade do material aumenta. Confirmando assim a viabilidade do uso da água como supressor. No entanto, o número de partículas geradas para o PFM, em todas as umidades, é muito superior aos obtidos para o PFN. Esse valor já era esperado, uma vez que o PFN, praticamente, não apresenta frações de tamanho igual ou inferior a 10 μ m. Outro fato importante a se observar é o maior tempo que as partículas de PFM levam para se dissiparem totalmente e o número de partículas

retornar para os valores iniciais de referência, também pelo fato do PFM possuir mais partículas igual ou inferior a $10\mu\text{m}$.

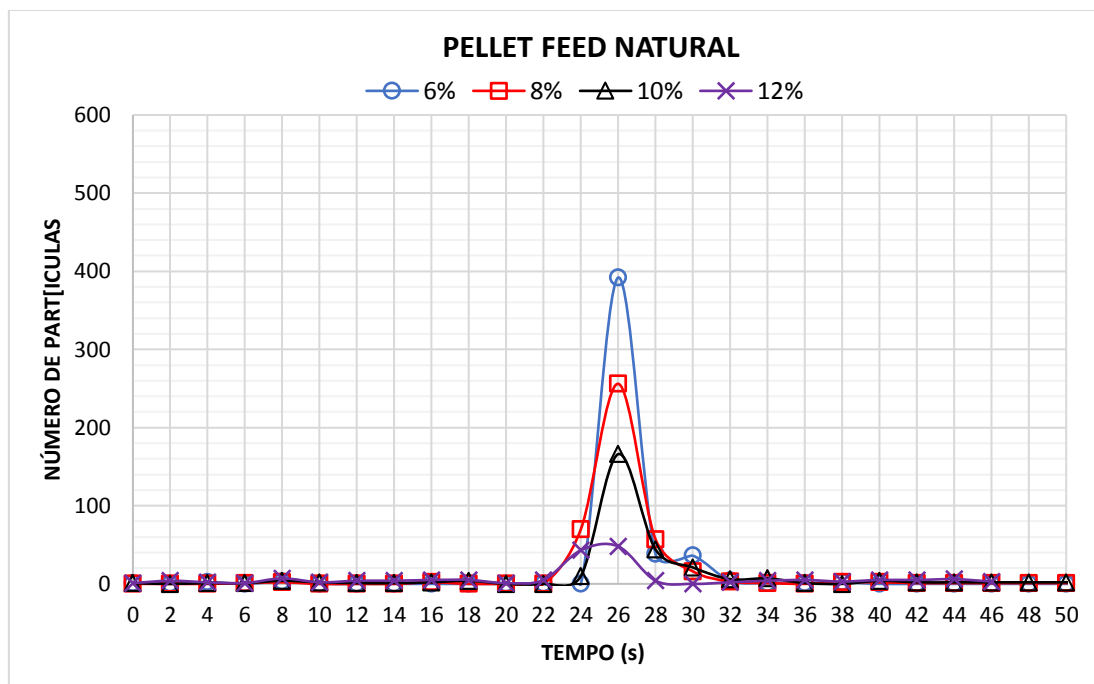


Figura 3. Número de partículas geradas na torre de poeira - Pellet Feed Natural (PFN).

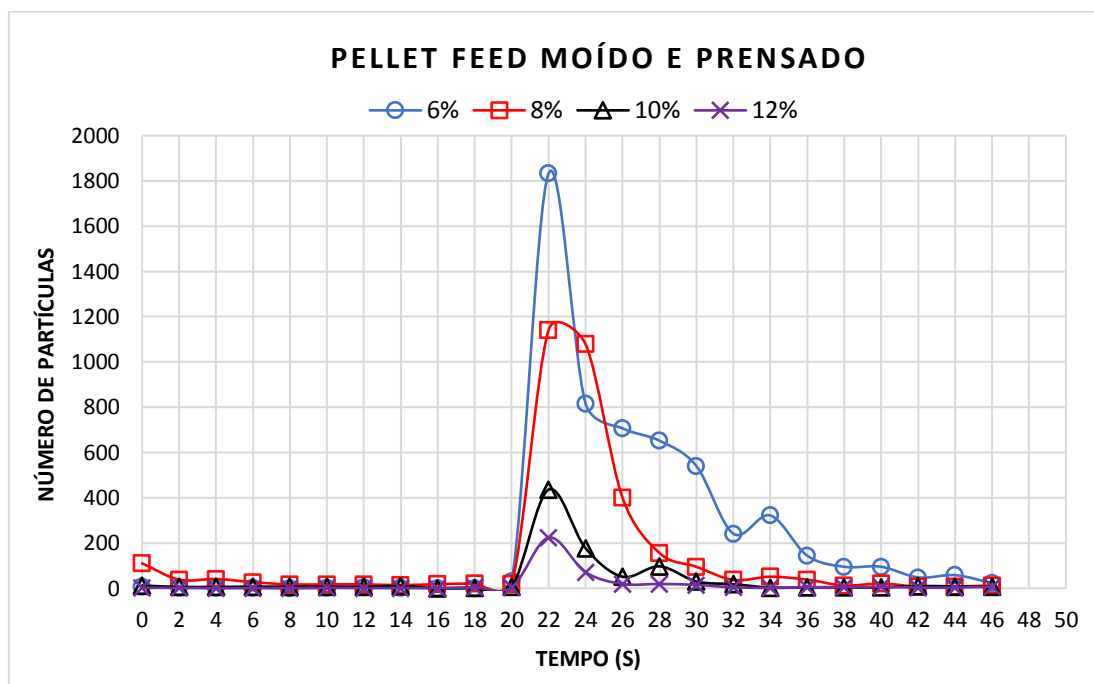


Figura 4. Número de partículas geradas na torre de poeira - Pellet Feed Moído e Prensado (PFM).

A Figura 5 apresenta a distribuição de tamanho para frações menores que 1mm do carvão térmico. Observa-se que a quantidade de partículas menores que $10\mu\text{m}$ é bem elevada, sendo superior ao PFN. Esse resultado é esperado uma vez que minérios de carvão são mais finos que minérios de ferro. Dessa forma, também é esperado que a quantidade de particulados gerados para o carvão térmico seja

bastante elevado. Infelizmente, não há resultados disponíveis para frações de carvão coqueificável menores que 1mm no trabalho realizado por Matai *et al* (2016). Portanto, somente os resultados do contador de partículas obtidos através da torre de poeira serão apresentados e discutidos nesse trabalho.

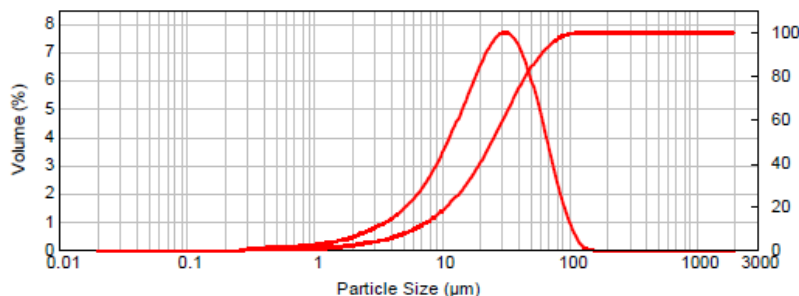


Figura 5. Distribuição de tamanho de partículas – Carvão Térmico (CT).

As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, o número de partículas geradas para o CT e CC, para as umidades de 3%, 6% e 9%. Em ambos os gráficos é possível verificar que há uma redução significativa no número de partículas geradas, conforme a umidade do material aumenta. Mostrando assim que a água também age como um bom supressor para o carvão, uma vez que a redução no número de partículas geradas foi muito mais acentuada nos minérios de carvão que nos minérios de ferro.

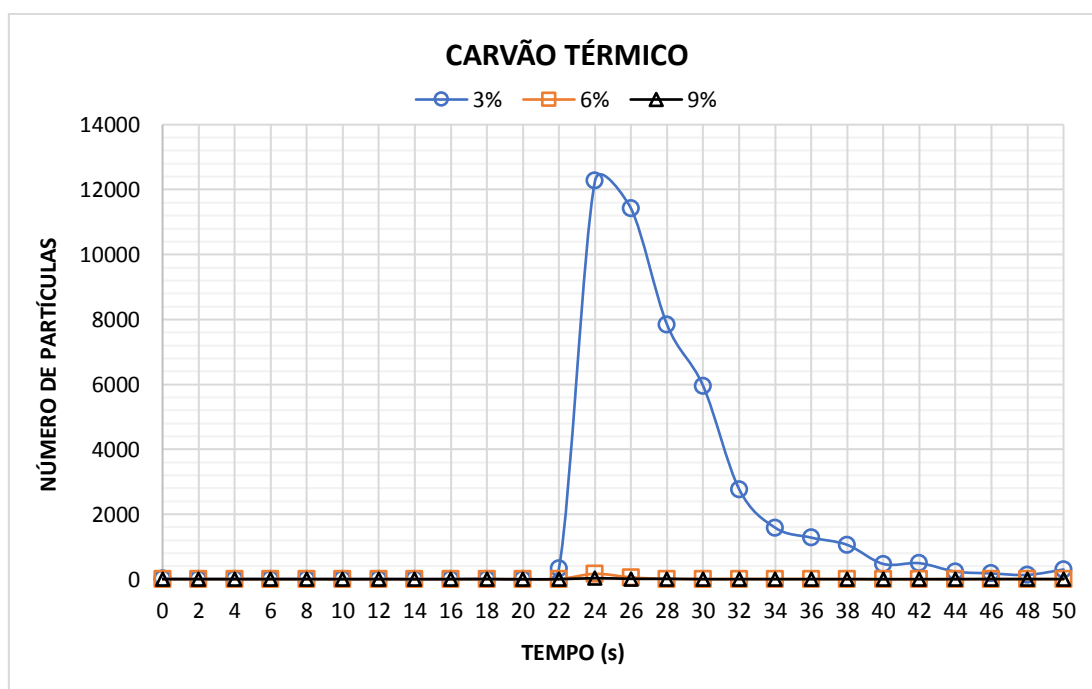


Figura 6. Número de partículas geradas na torre de poeira - Carvão Térmico (CT).

A Figura 5 mostra que o pico máximo do carvão térmico foi de 12000 partículas na umidade de 3%. Para as umidades 6% e 9%, o número de partículas foi, respectivamente, de 165 e 35, as quais são consideravelmente menores que o pico máximo. Na Figura 6, o pico máximo também é encontrado na umidade de 3% (aprox. 20000 partículas), enquanto que para as umidades de 6% e 9%, os valores são de 170 e 25, respectivamente. A diferença entre o número de partículas no pico máximo para os dois minérios de carvão pode ser um indício que o carvão

coqueificável possui uma quantidade de partículas de fração menores que $10\mu\text{m}$ maior que o carvão térmico, uma vez que o mesmo apresentou um número maior de partículas.

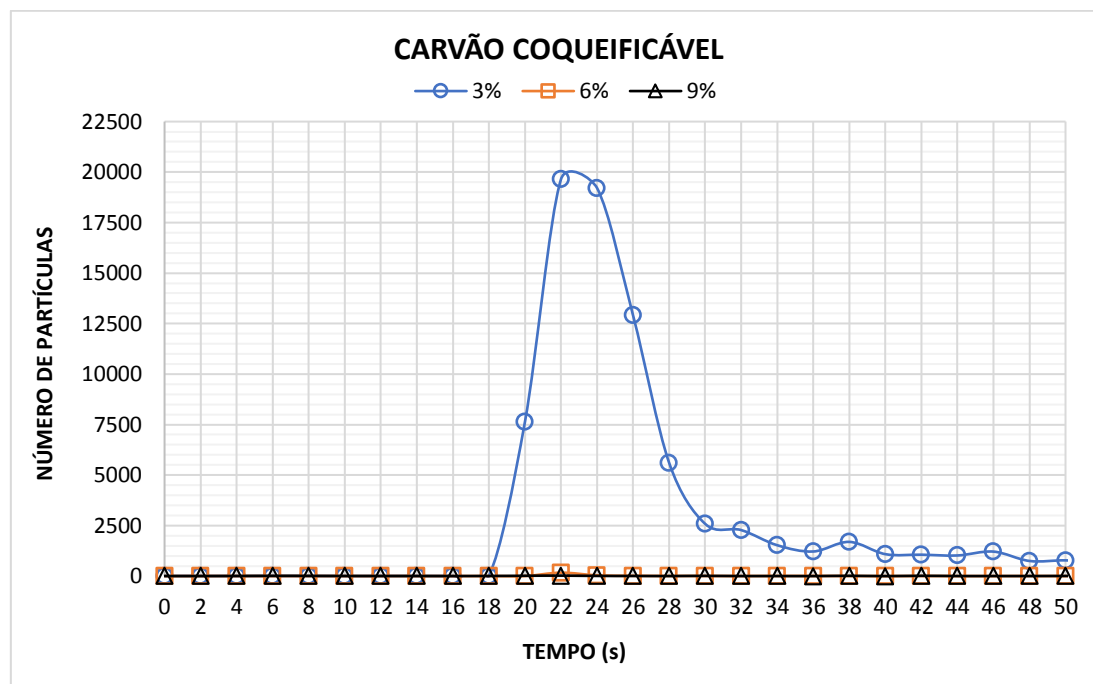


Figura 7. Número de partículas geradas na torre de poeira - Carvão Coqueificável (CC).

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho tinha por objetivo o desenvolvimento de uma bancada para caracterização de emissão de poeira durante o manuseio de minérios, através da técnica de torre de poeira. A bancada foi desenvolvida tomando como base a torre de poeira utilizada pela Michigan Technological University (MTU), a qual possui uma altura de queda do material de aproximadamente 2,4m, sendo este valor usualmente encontrado em componentes de transferência no transporte de minérios de ferro, embora algumas modificações tenham sido feitas para atender as necessidades do atual projeto, tais como a adição de um sistema de elevação para facilitar elevação do material ao topo da torre e uma válvula rotativa e moega para aumentar a autonomia do ensaio. Para a medição da quantidade de partículas geradas durante a descarga de material na torre de poeira, foi utilizado um contador de partículas calibrado para medir partículas na faixa de $0,5\text{--}10\mu\text{m}$. No entanto, nesse trabalho somente os resultados de partículas com diâmetros de $10\mu\text{m}$ foram apresentados.

Foram utilizados os resultados de distribuição de tamanho de partículas para frações menores que 1mm , obtidos por Matai *et al.* (2016) para melhor avaliar os resultados obtidos pelo coletor de partículas utilizado na bancada de avaliação de geração de poeira. Os resultados mostram que o pellet feed moído e prensado (PFM) apresenta uma quantidade de partículas de frações menores que $10\mu\text{m}$ significativamente maior que o pellet feed natural (PFN). Para os minérios de carvão, somente a distribuição de tamanho de partículas do carvão térmico está disponível e apresenta uma quantidade de partículas inferiores a $10\mu\text{m}$ considerável, sendo até maior que para o PFM.

Os resultados obtidos nos ensaios na torre de poeira mostraram que a umidade afeta significativamente na quantidade de partículas emitidas. Para os minérios de ferro, notou-se que a quantidade de partículas geradas para o PFM foi muito superior ao emitido pelo PFN. Esse resultado era esperado, uma vez que a quantidade de partículas menores que 10µm é muito superior para o PFM. Para os minérios de carvão, observou-se que o efeito na redução de partículas geradas foi muito maior, tendo valores para as umidades de 6% e 9% sendo praticamente desprezíveis quando comparados com os minérios de carvão a 3%. Outra informação importante é o número de partículas geradas pelo carvão coqueificável foi superior ao carvão térmico, o qual pode ser um indício que o carvão coqueificável possui uma quantidade de partículas de fração menores que 10µm maior que o carvão térmico.

Desta forma, verificou-se a partir dos resultados iniciais obtidos, que a instalação laboratorial desenvolvida é bem adequada para a avaliação da emissão de poeira de materiais granulares, bem como a caracterização de agentes supressores.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Tecnológico Vale pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Allen JRL. Physical processes of sedimentation. An introduction. George Allen and Unwin, Ltd, London, 326p, 1970.

Copeland CR, Eisele TC, Kawatra SK. Suppression of airborne particulates in iron ore processing facilities. International Journal of Mineral Processing 2009; vol. 93, 232-238.

Copeland CR, Kawatra SK. Dust suppression in iron ore processing plants. Minerals & Metallurgical Processing 2005; 22 (4), 177–191.

Copeland CR, Kawatra SK. Design of a dust tower for suppression of airborne particulates for iron making. Minerals Engineering 2011; vol. 24, 1459–1466.

Cristovici MA. Investigation to control mine dust using surfactants and a new approach for eliminating their negative effect on flotation. Minerals & Metallurgical Processing 1991; vol. 8, 38–42.

Environmental Protection Agency (EPA) [homepage on the internet]. Available from: <www.epa.gov>. Acesso em 02-2017. Search PM10 and PM2.5.

Matai PHLS, Vilanova I, Crescenzo, A. Caracterização de granéis de minério de ferro e carvão - Relatório Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, 2016.