ISSN: 2594-6153

Efeito da Intensidade de Vibração no Perfil de Compactação de Minério do tipo Pellet Feed

João Batista Cyrino Florence[1], Gabriel Alcalá Tabata[1], Luis Henrique Fernandes de Albuquerque[1], Leonardo Henriques dos Santos[1], Vitor da Silva Rosa[1], Deovaldo de Moraes Júnior[1], Felipe Bertelli[1,2]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil
[2]Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) - Santos-SP, Brasil

E-mail: joaobatistaflorence@gmail.com

Resumo: A compactação causada por vibração em vagões de minério de ferro do tipo gôndola dificulta a drenagem de água da chuva, ocasionando um transporte de água indesejada e gerando custos às empresas que o transporta. O intuito desse estudo é comparar dois tipos de vibrações distintas: um agitador eletromagnético de peneiras e uma bancada experimental previamente desenvolvida para estudos de percolação e drenagem de água. Foi constatado que o agitador eletromagnético proporciona uma vibração continua, com uma maior oscilação e frequência quando comparado a bancada experimental, levando a uma compactação mais intensa. Os percentuais máximos de compactação atingidos pelos sistemas foram distintos, dando indícios que o perfil em um vagão em campo tende a estar entre o mecanismo mais severo e a bancada experimental.
Palavras-chave: Compactação; Minério de Ferro; Vibração Induzida; Acelerômetro; Percolação.

Effect of Vibration Intensity on Pellet Feed Ore Compaction Profile

Abstract: Compaction caused by vibration in gondola-type iron ore wagons hinders the drainage of rainwater, resulting in the transport of unwanted water and generating costs for the companies involved. The purpose of this study is to compare two distinct types of vibrations: an electromagnetic sieve shaker and an experimental bench previously developed for studies on percolation and water drainage. It was found that the electromagnetic shaker provides continuous vibration, with greater oscillation and frequency compared to the experimental bench, leading to more intense compaction. The maximum compaction percentages achieved by the systems were different, indicating that the profile in a field wagon tends to fall between the more severe mechanism and the experimental bench.
Keywords: Compaction; Iron Ore, Induced Vibration; Accelerometer; Percolation.

Introdução

A compactação de sólidos a granel por vibração é uma problemática que pode ocasionar perdas dos mais diversos setores ou mesmo modificar o centro de massa de reservatórios em escala industrial. No transporte ferroviário de minério de ferro, a vibração induzida provocada nos vagões durante o percurso tem diversas origens, tais como trilhos irregulares (defeitos e/ou imperfeições), curvas, junções de trilhos (soldas), movimento dos truques (onde estão alocados o conjunto de rodeiros), ou simplesmente a dinâmica de aceleração e frenagem.

Neste tipo de transporte, são utilizados vagões a céu aberto de tipo gôndola, sujeitos às intempéries climáticas. A compactação impossibilita que a água proveniente de chuva percole por falta de poros (espaços vazios entre os particulados) [1,2], o que dificulta sua efetiva

ISSN: 2594-6153

drenagem e causando um acúmulo indesejado na superfície do vagão e gerando custos adicionais no transporte [3,4]. No descarregamento nos viradores de vagão, a compactação somada à saturação de água causa aderência de minério às paredes internas do vagão, dificultando sua remoção.

A literatura disponível sobre percolação e drenagem de água em minérios de ferro, bem como sobre a dinâmica de compactação para aplicações práticas como o transporte ferroviário, é bastante limitada. Para suprir essa lacuna, o desenvolvimento de bancadas experimentais pode ser uma solução eficaz, permitindo pesquisas mais aprofundadas sobre esses fenômenos.

Neste contexto, com o objetivo de melhorar uma bancada experimental existente no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília [5], os autores analisaram os efeitos de compactação gerados por um mecanismo de impactos localizado na parte inferior da mesa, comparando-os com os produzidos por um agitador de peneiras. O estudo teve como propósito observar e comparar a evolução da compactação do minério tipo pellet feed ao longo do tempo.

Objetivos

O presente estudo tem como objetivo comparar a compactação do minério de ferro do tipo *pellet feed* por vibração induzida, utilizando dois aparatos com condições diferentes: um agitador eletromagnético de peneiras e uma bancada experimental, simulando uma vibração contínua e uma pulsante, respectivamente.

Material e Métodos

Foram utilizados um agitador eletromagnético de peneiras modelo SP-1100-SPLABOR, uma bancada experimental [2], uma torre de acrílico de seção transversal quadrada de 80mm de aresta e altura de 500mm, ilustrados na Figura 1. O minério de ferro estudado foi do tipo *pellet feed* (Figura 2). Além disso, foi empregado um acelerômetro modelo SNS-ABS05 ±8g, também ilustrado na Figura 1, e uma placa de captação de dados modelo ADS500 para a captação e leitura dos resultados.

A torre preenchida com minério de ferro 100% úmido a uma altura 160mm, foi acoplada no agitador eletromagnético, o qual foi ligado em potência máxima; ao decorrer de uma hora, realizaram-se medições da altura com um paquímetro com intervalos de 6 minutos, interrompendo momentaneamente a vibração. Posteriormente, foi repetido todo processo na bancada experimental.

ISSN: 2594-6153

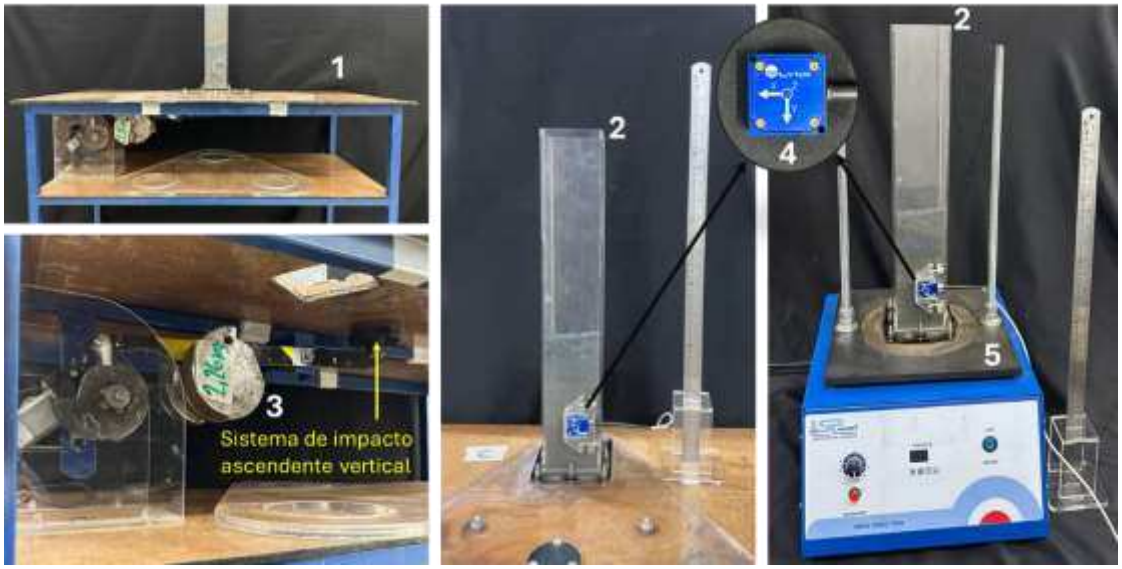


Figura 1. (1) Bancada experimental; (2) torre de minério em acrílico; (3) mecanismo de impacto vertical; (4) sensor de vibração; (5) agitador eletromagnético.



Figura 2. Minério de ferro do tipo *pellet feed*.

Resultados

Apresentam-se na Figura 3 as acelerações coletadas com o sensor acelerômetro acoplado à torre de acrílico e as características de vibrações para cada aparato.

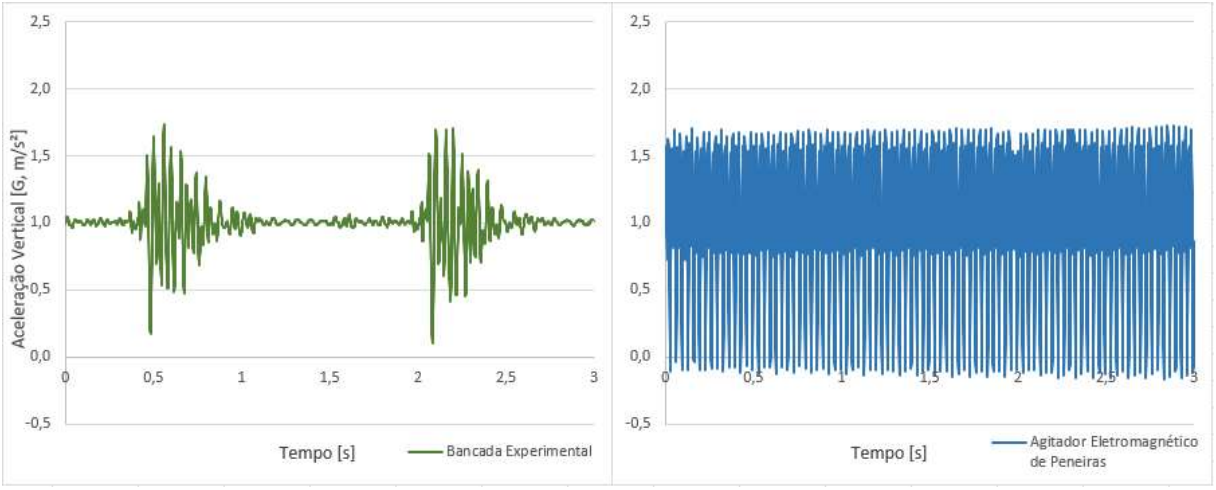


Figura 3. Variação das acelerações em G com o tempo para cada dispositivo.

ISSN: 2594-6153

Indica-se na Figura 4 a comparação de compactação entre ambos os dispositivos, evidenciada pela redução na altura da coluna de minério de ferro.

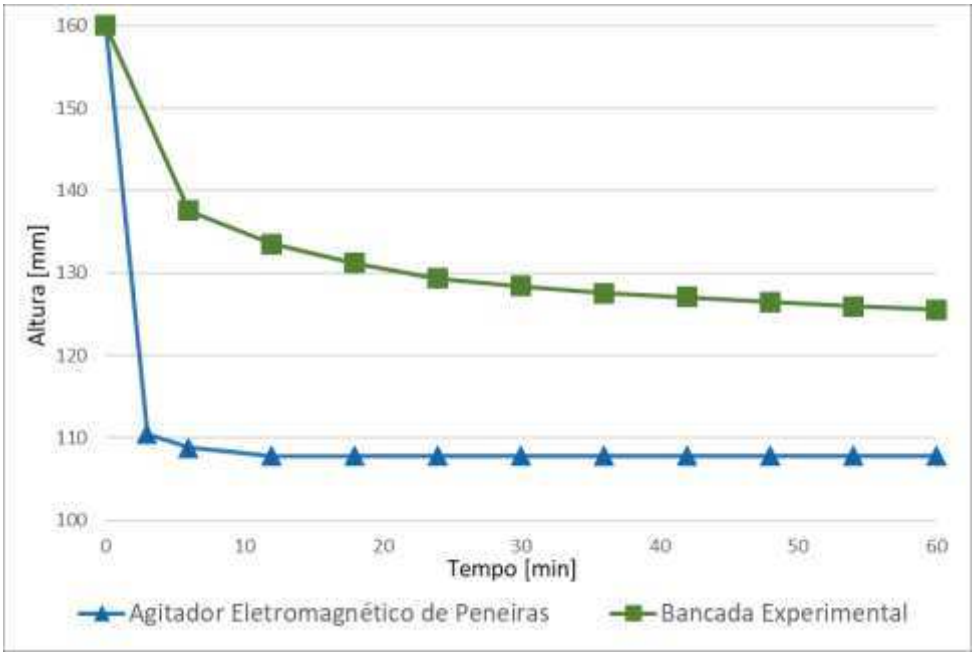


Figura 4. Comparação de compactação do minério de ferro úmido.

Discussão

Pode-se observar na Figura 3 que a vibração no agitador eletromagnético é mais intensa e com frequência maior do que na bancada experimental. É uma vibração contínua, enquanto na bancada experimental o comportamento é pulsante.

Concomitantemente, analisando a Figura 4, observa-se que a compactação é mais abrupta no agitador eletromagnético, caracterizando-se por uma queda acentuada logo nos primeiros minutos, acompanhada por uma posterior estabilização. Em contrapartida, na bancada experimental a atenuação é significativamente mais suave e ocorre gradualmente, tendo um declive maior nos 6 minutos iniciais.

Nota-se que a diferença de amplitude entre ambos os casos de vibração, é relativamente pequena, mesmo considerando que o agitador alcança uma variação em torno de 2,1g e a bancada experimental de aproximadamente 1,7g de aceleração. Contudo, percebe-se que a frequência de oscilação é consideravelmente superior no caso do agitador eletromagnético em relação a bancada, indicando uma indução de vibração muito mais intensa.

ISSN: 2594-6153

Por ser mais severa, a vibração no agitador causa uma acomodação entre as partículas expressivamente maior e mais rápida, eliminando mais ativamente os espaços vazios entre elas, logo, proporcionando uma compactação mais elevada.

Conclusões

Os estudos demonstram que o perfil de compactação do minério de ferro apresentou curvas bem distintas, com uma compactação máxima de aproximadamente 18% para a vibração a partir da bancada experimental e aproximadamente 31% no agitador eletromagnético de peneiras, o que era de se esperar. As oscilações medidas em ambos os mecanismos se assemelharam em intensidade, mas foram muito distintas em relação à frequência. O agitador eletromagnético é o caso mais extremo, possivelmente muito acima do permitido de ser encontrado em condições práticas de via férrea, mas serviu como referência para entendimento do limite de compactação imposto pelo mecanismo de vibração da bancada experimental. Com essas informações, pretende-se comparar com dados a serem coletados em campo em pesquisas futuras, a fim de validar experimentalmente o perfil de compactação prático em campo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à VALE S.A. pelo apoio financeiro ao projeto e pelas bolsas de mestrado para desenvolvimento de pesquisas relacionadas a drenagem de vagões, em parceria com a Universidade Santa Cecília.

Referências

1. Massarsch, K. R., 2002. **Effects of Vibratory Compaction**. TransVib 2002 - International Conference on Vibratory Pile Driving and Deep Soil Compaction. Louvain-la-Neuve. Keynote Lecture, pp. 33 - 42.
2. Trindade, T. P. et al. **Compactação dos solos**. In: Simpósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal, 6., 2003, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: SIF/UFV, 2003. p. 297-325.
3. Bignoto, V. et al. **Caracterização e Compactação de Mistura de Solo com Resíduo de Minério de Ferro**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 1 jan. 2020.
4. Nascimento, L. M. et al. **Simulação Física a Frio em Escala Laboratorial da Densificação de uma Mistura de Carvões via Vibração Mecânica**. 46º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 17º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 4º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, ABM Week, 2016, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
5. Bogsan, M. A. V. et al. **Desenvolvimento de uma Bancada Experimental para Estudos de Percolação e Drenagem de Água em Minérios**. In: POMBO, J. (Ed.). Proceedings of the Fifth International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance. Civil-Comp Press, Edinburgh, Reino Unido, Online volume: CCC 1, Paper 25.4, 2022. DOI: 10.4203/ccc.1.25.4. Andrade MM. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo: Atlas, 2005. Q180/A658i/. 2007.