

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ELIMINAÇÃO DE QUEDA DE MATERIAL E ENTUPIMENTO EM CHUTE ATRAVÉS DO PROJETO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA REVERSÍVEL

Rafael Cerqueira Lima, rafael.lima@kpjengenharia.com¹

Layda Faustina Anselmo Alas, layda.alas@gmail.com¹

Jorge Nei Brito, britto@ufsj.edu.br²

¹ KPJ Soluções em Engenharia, Rua José Lourenço, 393, 04/304 – São Pedro, Juiz de Fora/MG – 36036-230

² UFSJ, Rua Padre Sacramento, 137/102 – Villa Marchetti, São João del-Rei/MG – 36307-232

Resumo: Os atuais desafios da Indústria do Aço e Minérios tem forçado as empresas a otimizarem seus processos de produção objetivando a máxima qualidade e o menor custo. Nesse sentido faz-se necessário que seus equipamentos operem com a máxima eficiência e maior disponibilidade possível. Um processo só é considerado eficiente quando há baixos índices de Paradas Não-Programadas, seja as de natureza eletromecânica ou as operacionais. Mesmo um processo que foi bem concebido e obteve ótimos resultados de desempenho em um determinado período, pode, com o decorrer do tempo, não ser mais eficiente.

A modificação das matérias-primas é um fator crítico. As empresas têm de modificar suas instalações para que possam processar novos materiais. As alterações de matérias-primas são tão dinâmicas na indústria que em muitos casos as empresas não conseguem se adequar ao novo material. As consequências são diversas, impactando significativamente nos índices das Paradas Não-Programadas de equipamentos.

O presente trabalho descreverá a análise e melhorias realizadas em um Pátio de Estocagem e Distribuição de Materiais, no qual havia diversas paradas devido a entupimentos de chute. Essas paradas causam diversos transtornos operacionais e desgaste prematuro de diversos componentes de um transportador de correia. O material proveniente dos entupimentos se acumula sob os transportadores de correia, fazendo com que roletes de retorno travem e a correia se desgaste acentuadamente. Além dos transtornos operacionais, há também o aumento dos custos com a manutenção, devido à troca prematura de componentes, e com a limpeza industrial de maneira geral.

O minério de ferro granulado utilizado atualmente neste processo, possui teor de finos maior do que os minérios manuseados na concepção do projeto original, o que demanda melhorias dos equipamentos da planta industrial. A umidade desse minério também tem impacto significativo nos entupimentos. Essa nova matéria prima foi escolhida devido ao seu menor custo e disponibilidade. Para manuseá-la foi necessário adequar alguns pontos do processo.

Um desses pontos é o tema deste trabalho, no qual foi eliminado um Dampers e seus respectivos chutes para a instalação de um Transportador de Correia Reversível. Os resultados deste trabalho mostram os ganhos obtidos com a reengenharia da geometria dos chutes para eliminação de queda de materiais na descarga e eliminação de entupimentos. Também apresenta-se o projeto do Transportador de Correia Reversível.

Palavras-chave: Entupimento, Queda de Material, Transportador de Correia, Chute

1. INTRODUÇÃO

Com os preços das *commodities* atingindo historicamente seus valores mais baixos, as empresas do setor de mineração e siderurgia encontram dificuldades para se reerguer. Somando-se ao fato da indústria enfrentar uma série de desafios não resolvidos, como por exemplo, margens reduzidas, queda de demandas e falta de financiamentos (Deloitte, 2015).

O atual cenário da economia e baixo custo de *commodities* faz com que empresas do segmento de Mineração e Aço busquem a redução de custos e otimização da produção com a máxima disponibilidade de seus equipamentos. O Manuseio de Matérias-Primas de menor qualidade e custo é um dos grandes desafios enfrentados por estes segmentos.

O número de Paradas não Programadas, bem como sua duração impacta negativamente no custo de produção de qualquer processo. Outro ponto afetado é o desempenho do processo que está diretamente relacionado à maneira como ele foi projetado, construído e operado.

Este artigo abordará um Processo de Estocagem e Distribuição de Matérias-Primas no qual o número de Paradas não Programadas devido a Entupimento de Chute e Derramamento de Materiais é relativamente elevado. Tendo-se como uma das Principais causas a Baixa Disponibilidade de um Transportador de Correia e seus Chutes. Este equipamento apresentou diversos Entupimentos de material e diversas paradas para limpeza.

A substituição do chute com a consequente eliminação de Entupimentos e Derramamento de materiais é o resultado final deste trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os Transportadores de Correia são equipamentos que possuem uma posição de destaque no transporte de Materiais a Granel devido as suas vantagens, tais como, baixo custo de manuseio, confiabilidade, versatilidade e uma ilimitada gama de capacidade de transporte. Além de permitir a integração entre processos fazendo com que o fluxo de materiais entre eles seja constante (Cema, 2004).

O Transportador de Correia abordado neste trabalho possui capacidade de transporte de 640t/h para Minério Granulado e 140t/h para *Small Coque*, Comprimento Horizontal de 100,09m, Elevação 5,20m, Largura da Correia de 30" e Velocidade de 1,27m/s. Na descarga deste equipamento há um *dumper* acionado manualmente para abastecimento de Minério Granulado ou para *Small Coque*. A Figura 1 apresenta a vista da cabeça do transportador.

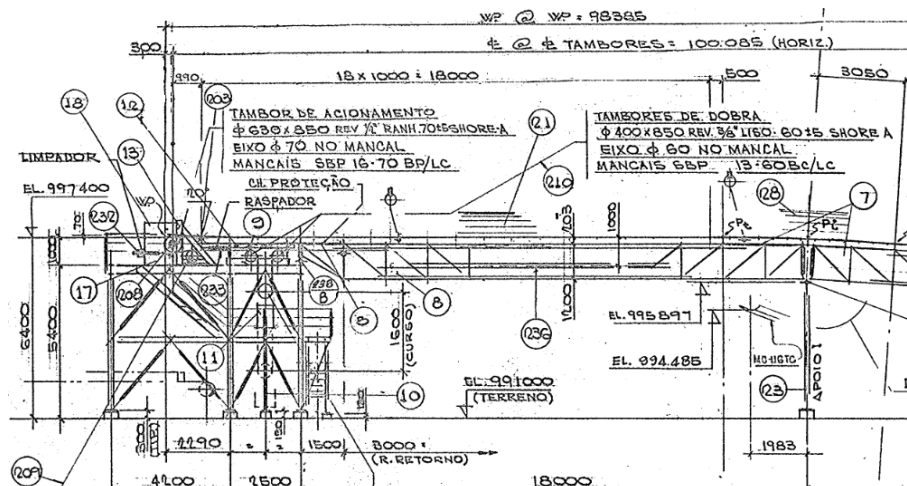


Figura 1. Vista Geral da Cabeça do Transportador de Correia 'X'. Fonte: Autor

Na Figura 2 é apresentado esquema da descarga do Transportador de Correia 'X'.

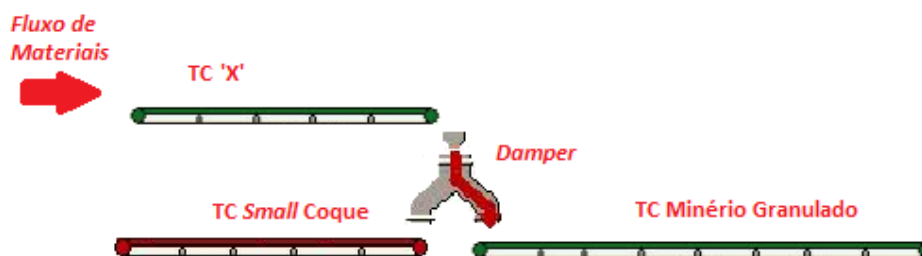


Figura 2. Descarga do Transportador de Correia 'X'. Fonte: Autor

Este equipamento começou a apresentar grande índice de paradas não programadas após alteração da Matéria-Prima por outra com características físicas diferentes. Neste caso, o Minério de Ferro Granulado teve sua granulometria diminuída, aumento no percentual de finos, aumento da umidade, ou seja, trata-se de um minério com características físicas bem diferente da utilizada no projeto.

A aquisição de Minério de Ferro de menor qualidade tem sido a realidade de diversas siderúrgicas no país. Sendo que a maioria dessas empresas não fez as melhorias necessárias em seus sistemas de manuseio para que os novos minérios fossem utilizados.

A falta dessa preparação acarreta em aumento dos entupimentos, aumento da queda de materiais, aumento de paradas para limpeza de área, redução de vida útil de correias transportadoras e roletes. Contudo, há aumento do custo de produção, tanto pelo quesito operacional como pelo de manutenção de equipamentos.

A Figura 3 apresenta graficamente todas as falhas e paradas durante 12 meses do Transportador de Correia 'X' após a utilização do Minério Granulado atual.

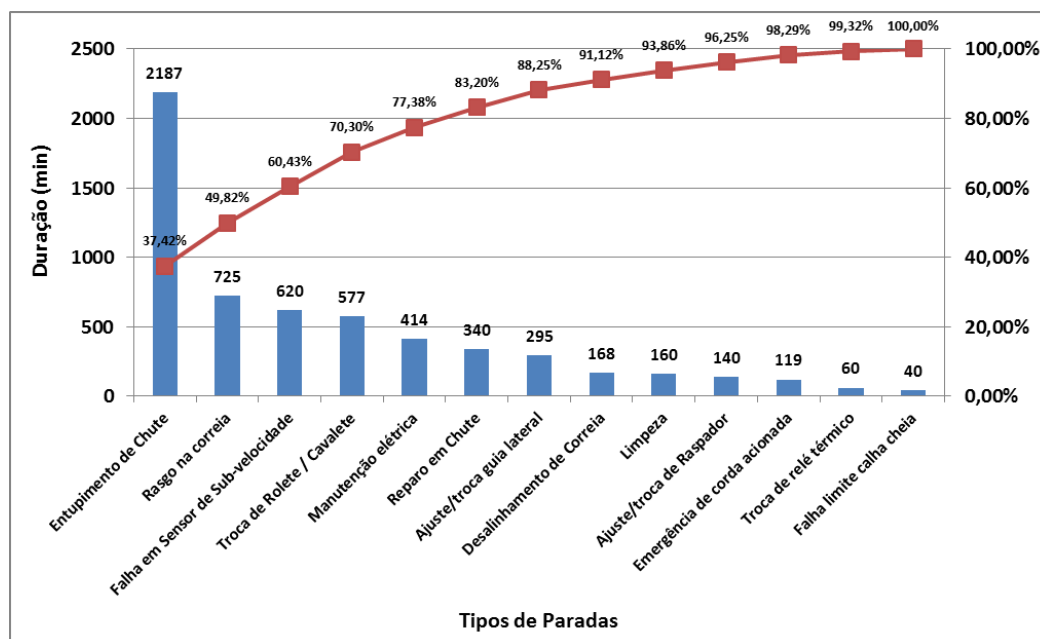


Figura 3. Paradas não Programadas do Transportador de Correia 'X'. Fonte: Autor

No Transportador de Correia 'X' a principal causa de Paradas não Programadas está relacionada a Entupimento de Chute (37,42%). Algumas outras paradas, tais como 'Rasgo em Correia' e 'Falha em Sensor de Sub-velocidade' também são impactadas pelo Entupimento e Queda de Materiais, porém a base de dados não permite estratificar estas paradas. Ficando assim impossível definir as que tiveram impacto direto por Entupimento e Queda de Material.

A Figura 4 apresentará as Falhas ocorridas no Transportador de Correia de Minério Granulado em função de Entupimentos e Queda de Materiais.

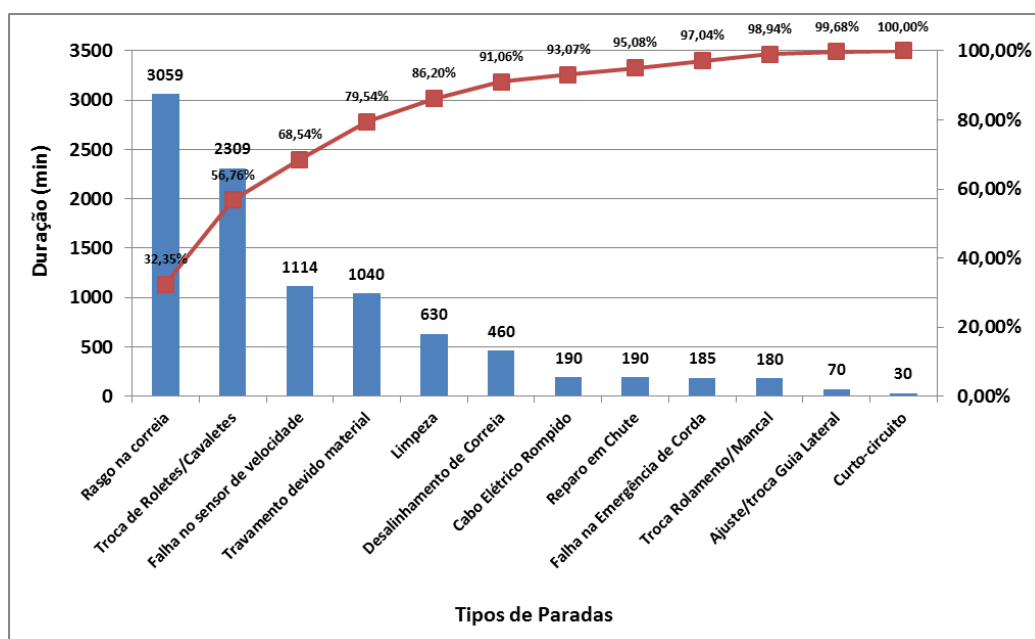


Figura 4. Paradas não Programadas do Transportador de Correia de Minério Granulado. Fonte: Autor

No Transportador de Correia de Minério Granulado todos os Rasgos da Correia e Trocas de Roletes estavam relacionados ao grande acúmulo de material sob a correia. Este material também se acumulava no Tambor Traseiro

danificando o Sensor de Sub-velocidade. Nestes casos, esse sensor não atuava quando havia travamento da correia fazendo com que a mesma se rompesse devido ao atrito entre correia/tambor motriz. Essas comprovações foram feitas através de Análises de Falha.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram as condições da área em função do volume de Material proveniente de Queda e Entupimento de Chute.



Figura 5. Vista da Descarga do Transportador de Correia 'X' com material proveniente de Entupimento. Fonte: Autor



Figura 6. Acúmulo de Material na Descarga do Transportador de Correia 'X'. Fonte: Autor



Figura 7. Acúmulo de Material ao Longo do Transportador de Minério Granulado. Fonte: Autor

Devido ao grande acúmulo de material proveniente de Queda e Entupimento havia grande necessidade de se ter um efetivo de Limpeza Industrial para remover estes materiais. Nesta empresa não havia controle sobre qual efetivo era mobilizado para limpar o Transportador de Correia 'X' e de Minério Granulado não sendo possível, assim, contabilizar os ganhos com a redução de Mão-de-obra de Limpeza Industrial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se eliminar os transtornos causados pelo Entupimento e Queda de Material foi elaborada uma solução técnica que eliminaria o *Damper* e a Calha de Descarga (Rampa) e os substituiria por um Transportador de Correia Reversível.

Esta solução foi a única viável em função da inclinação da rampa que era de 56°. A literatura técnica referencia inclinação de Chutes para o Minério de Ferro Granulado maior que 68° (Faço, 1996).

Materiais a Granel apresentam Bloqueios devido a Arcos Mecânicos ou Entupimentos devido a Arcos Coesivos. Estes problemas geralmente são causados por Forças Coesivas entre Partículas de Pó ou Grãos, Bloqueio Interpartículas e Forças Externas (Hambley, 1987).

Em chutes de Transportadores de Correia é mais comum a geração de bloqueios coesivos devido às forças de adesão entre as partículas. Nesta situação, o material a granel abastecido por gravidade não vence as forças de cisalhamento necessárias para que haja fluxo contínuo.

O comportamento de materiais a granel em silos ou chutes faz com que a relação de cargas nas saídas não aumente em função do enchimento desses (Schulze, 2008). Dessa forma, quando há a formação do Arco Coesivo o Chute vai sendo preenchido até que o Sensor de Calha Cheia atue e desarme o Transportador de Correia que abastece o chute. Como é inerente aos Materiais a Granel a formação desses arcos, é fundamental que o chute tenha uma inclinação que diminua ao máximo essas incidências.

O Arranjo das Instalações, tanto do Transportador de Correia 'X' como o de Minério Granulado não permitiria a utilização de uma Calha com inclinação superior a 68° sem grandes modificações nas estruturas. Esta situação foi fundamental para a escolha do Transportador de Correia Reversível.

Com esta modificação, não haveria mais a necessidade de utilização do *Damper* Manual e todo o processo poderia se tornar automatizado e controlado via Supervisório em Sala de Controle de Operação. Essa modificação permitiu que os chutes tivessem sua inclinação máxima de 90°, reduzindo assim a formação de Arcos Coesivos com consequente Entupimento.

O *layout* das instalações permitiria o projeto de um Transportador de Correia de distância máxima entre centros de Tambores de 3.500mm e largura de correia de 36". Com base nessas premissas e, também, da necessidade do processo que era de 800t/h de Minério de Ferro Granulado e 150t/h de *Small* Coque definiu-se a Capacidade de Transporte Volumétrica Máxima do Transportador de Correia Reversível.

A Equação 1 calcula a Capacidade Volumétrica de um Transportador em Função do Ângulo dos Roletes, do Enchimento da Correia e Largura da mesma (C tabela); bem como, fator de correção para Inclinação da Correia (K); Velocidade (V) e Peso Específico do Material (γ), (Faço, 1996).

$$Q = C_{tabela} \times V \times K \times \gamma \quad (1)$$

Para o cálculo de Capacidade foram adotadas as premissas apresentados na Tab. 1 e a fórmula da Eq. 1. Com base nesses valores chegaram-se as Capacidades de Transporte de 900 t/h para o Minério Granulado e 195 t/h para o *Small* Coque.

Tabela 1. Informações Técnicas do Transportador de Correia Reversível

Informação de Projeto	Valor
Velocidade da Correia	1,23 m/s
Inclinação da Correia	0°
Largura da Correia	36 pol
Ângulo de Inclinação dos Roletes	20°
Peso Específico do Minério Granulado	2,4 t/m ³
Peso Específico do <i>Small</i> Coque	0,5 t/m ³

Tendo esses parâmetros juntamente com o comprimento horizontal da correia de 3.900mm foi possível calcular a potência necessária para o transporte desses materiais. O fato do Minério de Ferro possuir maior capacidade de transporte devido ao seu peso específico fez com que o mesmo fosse escolhido para o cálculo da Potência do Acionamento do Transportador de Correia Reversível que é apresentado nas Eq. 2 e 3.

$$T_e = L \times K_t (K_x + K_y \times W_b + 0,015 \times W_b) + W_m (L \times K_y + H) + T_p + T_{am} + T_{ac} \quad (2)$$

$$N_e = \frac{T_e \times V}{75} \quad (3)$$

A Equação 2 leva em consideração todas as resistências presentes em um Transportador de Correia. Já a Equação 3 faz a conversão da Tensão da Correia em Potência dada em CV, (Cema, 2004).

Após a Potência do Transportador de Correia Reversível ter sido calculada foi possível à especificação dos demais componentes deste equipamento através da utilização de Catálogos de Fabricantes. Na Tabela 2 são apresentados os dados do novo Transportador.

Tabela 2. Dados Complementares do Transportador de Correia Reversível

Componente	Especificação
Esticador	Por Parafuso com Curso de 400 mm
Redutor	2SB-200 (PHB) – 15 HP com redução de 1:25
Motor Elétrico	Pot. 10 CV, 1160 rpm, Carcaça 160L
Acoplamento de Alta	Falk Steelflex 1050T10
Acoplamento de Baixa	Falk Ecotork TTC-22
Tambor Motriz	Diâmetro 400 mm
Tambor de Retorno	Diâmetro 400 mm

Através da Figura 8 é possível visualizar o *layout* do Transportador de Correia Reversível:

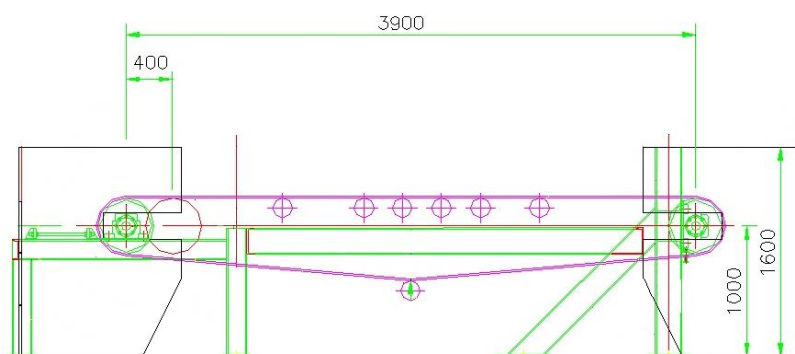


Figura 8. Arranjo Geral do Transportador Reversível. Fonte: Autor

Com a eliminação do *dumper* fez-se necessário projetar dois novos Chutes, sendo um deles para abastecimento do Transportador de Correia de Minério Granulado e o outro de *Small Coque*. Em ambos os casos buscou-se ajustar o sentido do fluxo dos materiais para que não houvesse abastecimento perpendicular. O novo fluxo acompanhou o sentido das Correias de Minério Granulado e de *Small Coque*, portanto com essa prática evitou-se o desalinhamento das correias e a queda de material. A seguir são apresentados os detalhes dos novos chutes (Fig. 9).

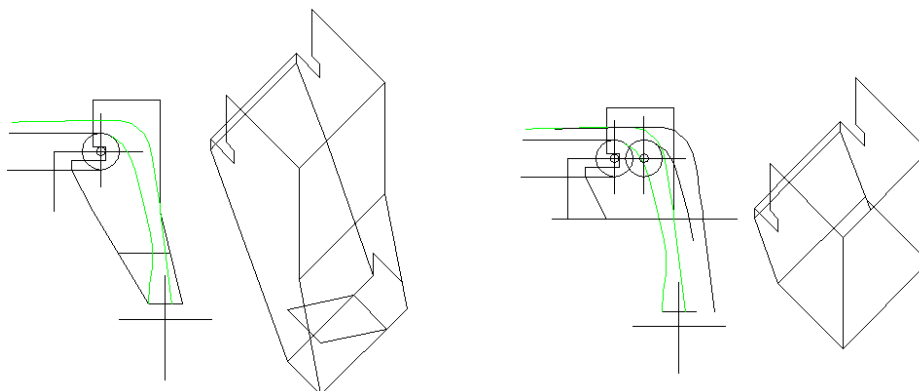


Figura 9. Detalhes dos Chutes. (a) Descarga de Minério de Ferro Granulado. (b) Descarga de *Small Coque*. Fonte: Autor

Durante toda a fase de projeto buscou-se reaproveitar alguns componentes e estruturas que a empresa no qual foi montado este transportador possuía. Dessa forma, tornou-se possível reduzir ao máximo o custo final do projeto.

Nas Figuras 10, 11 e 12 tem-se a visualização dos detalhes do equipamento já instalado.



Figura 10. Vista do Chute de Alimentação do Transportador de Correia Reversível. Fonte: Autor



Figura 11. Chute de Descarga do Transportador de Correia Reversível. (a) Vista do Chute de Descarga e Acionamento. (b) Vista Interna do Chute de Descarga. Fonte: Autor



Figura 12. Vista das Instalações do Transportador de Correia Reversível. Fonte: Autor

Após a instalação do Transportador de Correia Reversível houve a operação assistida desse equipamento durante 3 meses, sendo medido o tempo de Paradas não-Programadas e verificado a existência de entupimentos. A Figura 13 apresenta os resultados obtidos, onde é possível constatar que nesse período não houve quaisquer entupimentos.

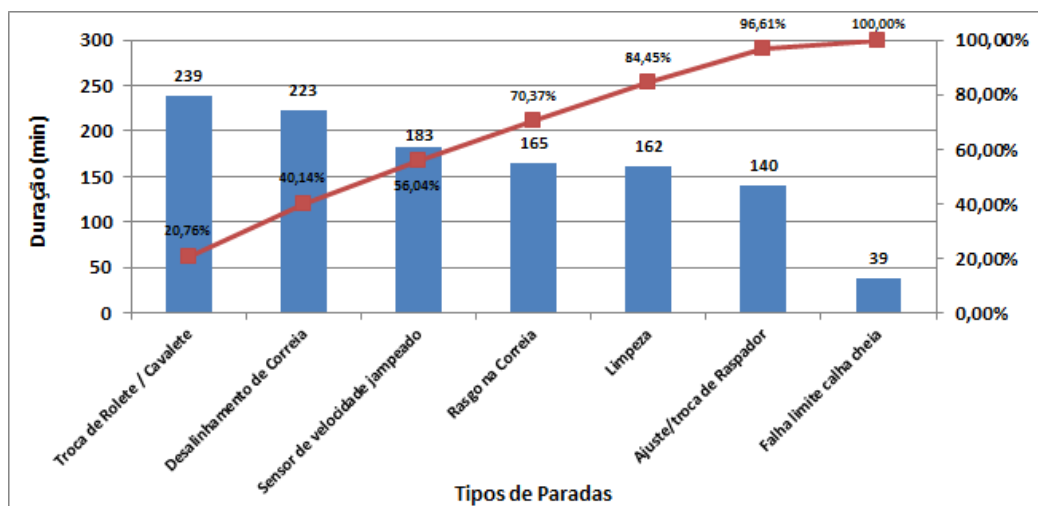


Figura 13. Paradas não Programadas do Transportador de Correia 'X' após a implantação do Transportador Reversível. Fonte: Autor

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se afirmar que a Substituição do *Damper* Manual e da Calha de Descarga (Rampa) pelo Transportador de Correia Reversível eliminou o problema de Entupimento de Chute e de Queda de Material entre os Transportadores de Correia 'X' e o Transportador de Correia de Minério Granulado.

Observou-se também que a utilização de novas matérias-primas exige uma readequação de toda rota de Transportadores de Correia, principalmente nos chutes. Materiais com maior percentual de finos e de umidade tendem a ocasionar mais entupimentos em chutes. Quando uma Análise Preliminar de Modificação não é realizada é difícil mitigar todos os efeitos colaterais de uma mudança no processo ou de um equipamento.

A empresa na qual foi instalado este Transportador de Correia Reversível possui diversos pontos de Entupimento de Materiais em diferentes chutes ao longo de seu processo. Este ponto foi um dos que mais causavam paradas de produção e impactava diretamente nas paradas de outros equipamentos, neste caso, o Transportador de Correia de Minério Granulado.

Nesse projeto adotaram-se algumas premissas da literatura, porém trata-se de uma solução única para este caso. Demais chutes que apresentam entupimentos deverão ter uma nova análise e um novo projeto deverá ser realizado para que tanto a Queda de Materiais como os Entupimentos sejam eliminados e obtenha-se melhor Disponibilidade do Equipamento.

5. REFERÊNCIAS

- CEMA – Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2004, “Belt Conveyors for Bulk Materials”, Vol. 1, Flórida, Estados Unidos da América, pp. 2, 95-104.
- Deloitte Touche Tohmatsu, 2015, “Tracking the Trends 2016 – The Top 10 Issues Mining Companies will Face in the Coming Year”, Canadá, pp. 2. [acesso em 05 abr. 2016]. Disponível em: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-er-tracking-the-trends-2016.pdf>
- FAÇO – Fábrica de Aço Paulista, 1996, “Manual de Transportadores de Correia”, São Paulo, pp. 7, 12-14.
- Hambley, D. F., 1987 Design of ore pass systems for underground mines. CIM Bulletin, 80, pp. 25-30.
- Schulze, D. 2008, Powders and Bulk Solids - Behaviors, Characterization, Storage and Flow. Ed. Springer, Wolfsburg, Alemanha; 4-5, 253 p.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MATERIAL FALLING AND BLOCKAGE ELIMINATION IN A CHUTE THROUGH THE DESIGN OF A REVERSIBLE CONVEYOR BELT

Rafael Cerqueira Lima, rafael.lima@kpjengenharia.com¹

Layda Faustina Anselmo Alas, layda.alas@gmail.com¹

Jorge Nei Brito, brito@ufs.edu.br²

¹ KPJ Soluções em Engenharia, Rua José Lourenço, 393, 04/304 – São Pedro, Juiz de Fora/MG – 36036-230

² UFSJ, Rua Padre Sacramento, 137/102 – Villa Marchetti, São João del-Rei/MG – 36307-232

Abstract. *The current challenges of the Steel and Minerals Industry has forced the companies to optimize their production processes aiming at the highest quality and the lowest cost. In this way it is necessary that their equipment operates at maximum efficiency and highest availability. A process is only considered effective when there are low levels of Non-Scheduled Stops, although it is the electromechanical nature or operational. Even a process that was well designed and achieved excellent performance results in a certain period cannot be more efficient.*

The raw materials changing is a critical factor. Companies have to modify their facilities so that they can process new materials. Raw materials changes are so dynamic in the industry that in many cases the companies fail to adapt to the new material. The consequences are different and they impact the Non-Scheduled Stops Index of the equipment.

This article describes the analysis and improvements done in a stockyard and materials distribution, in which there were several stops due to chute blockages. These stops causing enormous operational disturbances and cause premature wear of various components of a belt conveyor. The material from blockages accumulates under the conveyor belt, locking return idlers and wearing untimely the belt. In addition to the operational disorders, there is also the rising cost of maintenance due to premature removal of components and the industrial cleaning.

The lump ore currently used in this process has fines content greater than ores handled in the design of the original project, which requires improvement of the equipment in the industrial site. The ore humidity also has significant impact on the blockages. This new material was chosen because of its lower cost and easy availability. To handle it was necessary to adjust some parts of the process.

One of these points is the theme of this article, which it was eliminated a Damper and their chutes for the installation of a Reversible Conveyor Belt. These results show the gains from the re-engineering of the geometry of the chutes for eliminating the falling materials at the disposal and elimination of blockages. It also presents the Project of the Reversible Conveyor Belt.

Keywords: *Blockages, Falling Materials, Conveyor Belt, Chute.*