



CAPACITAÇÃO MINA, FERROVIA E PORTO PARA REDUÇÃO DOS IMPACTOS DE MANUSEIO DE MINÉRIO DE FERRO NO SISTEMA DE DESCARGA DO PORTO DE PONTA DA MADEIRA¹

Décio Maia²
 Fabio Cavalcante³
 Fernando Antonialli⁴
 Fernando Borges⁵
 Kardilson Rodrigues⁶
 Lúcio Flavio Barboza⁷
 Marco Aurelio Guimaraes⁸
 Nilton Caixeta⁹

Resumo

O trabalho tem como objetivo reduzir os eventos de manuseio que paralisam o sistema de descarga no porto de Ponta da Madeira (PDM), em São Luis/MA, durante o período chuvoso. Tais eventos dificultam a transferência do minério de uma etapa para a outra subsequente, compreendendo desde a chegada dos vagões até a estocagem do minério nos pátios. São três diferentes impactos de manuseio considerados: 1) Água livre: existência de água aparente nos vagões; 2) Redescarga: sobra de minério no vagão; e, 3) Paralisação das rotas de descarga. Aplicou-se metodologia Seis Sigma nas etapas da cadeia produtiva, mina, ferrovia e porto, que direcionou as ações a serem implantadas. Os resultados mostram redução de 43,2% nos impactos de manuseio, comparando Janeiro-Abril de 2012 e 2011. Esta redução está sustentada em ações como: alteração do método de empilhamento e recuperação (mina); adequação do sistema de drenagem dos vagões (ferrovia), cobertura de todos transportadores entre virador e pátio, revitalização dos chutes de transferência, instalação de canhões de ar (porto), entre outras. Ao final do trabalho constatou-se que muitas das falhas de manuseio podem ser minimizadas e/ou eliminadas através de procedimentos operacionais, planos adequados de manutenção e da preparação do sistema durante o período de estiagem.

Palavras-chave: Manuseio; Minério de ferro, Umidade; Redescarga.

ENHANCING MINE, RAILROAD AND PORT TO REDUCE IRON ORE HANDLING IMPACTS IN THE DISCHARGE SYSTEM OF PONTA DA MADEIRA PORT

Abstract

This work aims to reduce the events that cause stoppages in the discharge system at Ponta da Madeira Port, in São Luís/MA during the wet season. Such events make difficult the transfer of ores from one stage to another, comprising the reception of the cars until the stacking in the stockyards. The impacts caused by handling were divided into three specific events: 1) Free water: occurrence of visible water into the cars; Redischarge: residues of ore; 3) routes of discharge. It was applied the Six Sigma methodology in all the integrated system, mine, railway and port, with the purpose to drive the actions to be implemented. The present results show a decrease of 43.2% in the impacts of handling, when compared the same period in 2011 and 2012, January to April. This reduction is sustained by actions like: changes in the method of stacking and reclaiming (mine); adequacy of the drainage system present in the whole cars fleet (railway), covering of the entire system of conveyor belts between the car dumpers and the stockyards, revitalization of the transfer chutes, installation of air cannons (port), among others. At the end of this job, it was found that many handling faults may be minimized and/or eliminated with the right observance of the operational procedures, suitable maintenance plans, besides the preparation of the system during the dry season.

Keywords: Handling; Iron ore; Moisture; Redischarge.

¹ Contribuição técnica ao 6th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking – ICSTI, 42^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 13^o Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 14 a 18 de outubro de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Eng. Eletricista, Gerência de Programação de Produção, Vale

³ Químico Industrial, Gerência de Planejamento de Longo Prazo e Estudos Norte, Vale

⁴ Eng. Mecânico, Gerência de Assistência Técnica Portuária Norte, Vale

⁵ Eng. de Minas, Gerência de Desenvolvimento, Otimização de Processos e Laboratórios, Vale

⁶ Eng. Mecânico, Gerência de Assistência Técnica Ferroviária Norte, Vale

⁷ Administrador, Gerência de Programação de Produção, Vale

⁸ Eng. de Produção, Gerência de Controle de Qualidade, Vale

⁹ Eng. de Minas, Gerência de Desenvolvimento de Processos de Tratamento de Minério, VALE



1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento dos impactos de manuseio no sistema de descarga de PDM, afetando a utilização dos equipamentos e reduzindo a vida útil dos mesmos em níveis não mensuráveis, aliada as crescentes exigências de qualidade pelos clientes finais⁽¹⁾, que segundo Chaves, regida por normas que introduzem o conceito de garantia de qualidade, os fornecedores tem sido pressionados para garantir os padrões químicos e físicos do minério com constância de seus valores ao longo do tempo. Isto faz com que os problemas de manuseio do minério de ferro seja tratado como prioridade, visando reduzir os impactos e garantir a qualidade do minério para o cliente final.

Abaixo vemos a perda real, em mil toneladas, gerada pelos impactos de manuseio, que vem se intensificando com o passar dos anos.

Assim, este trabalho tem como objetivo reduzir os impactos de manuseio no sistema de descarga de PDM, além da busca pela ampliação do conhecimento em relação às causas fundamentais que geram o problema, com foco na capacitação do sistema de descarga.

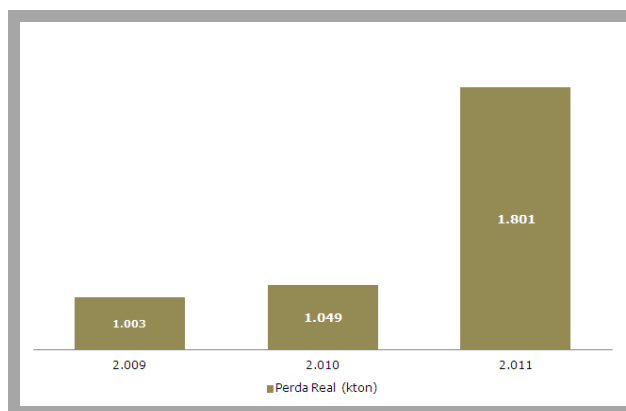


Figura 1 – Perda real devido problemas de manuseio na descarga.

1.1 Definição de Impactos de Manuseio?

São eventos específicos que paralisam o sistema de descarga em PDM, e afetam a utilização do mesmo. Tais eventos causam dificuldades na transferência do minério de uma etapa para a outra subsequente. Estas etapas compreendem desde a chegada dos vagões até a estocagem do minério nos pátios. Os impactos de manuseio são subdivididos em três eventos específicos:

1.1.1 Aguardando drenagem de água livre em vagões

É a ocorrência de água superficial aparente (*free water*) nos vagões carregados, na chegada dos mesmos ao porto. Esta água aparente não pode ser “jogada” dentro do sistema de descarga, pois potencializa as falhas e reduz vida útil dos equipamentos e seus componentes, assim, esta água aparente precisa ser drenada, e o impacto corresponde ao tempo em que os viradores ficam ociosos aguardando a retirada desta água livre dos vagões. A Figura 2 ilustra a falha descrita:



Figura 2 – Vagões com Água Livre.

A ocorrência de água livre pode ser causada por diversos fatores e suas interações, tais como, excesso de partículas finas que dificulta a percolação da água pelo minério, injeção de minério direto da usina (maior umidade), baixo tempo de residência, ineficiência do sistema de drenagem dos vagões, posição dos vagões na composição, a adição de água da chuva, entre outros.

1.1.2 Redescarga devido sobra de minério no vagão (recheio)

É a sobra de minério aderido à parte interna do vagão (fundo e/ou laterais), obrigando a realização de mais giros nos viradores de vagões (VV's) e/ou acomodação/nivelamento do material no vagão. A Figura 3 ilustra a ocorrência recheio nos vagões de minério de ferro.



Figura 3 – Vagões com Recheio

Se após várias tentativas de redescarga, ainda há minério dentro dos vagões, o mesmo precisa ser nivelado dentro do vagão, para eliminar a carga excêntrica, pois esta coloca em risco a segurança durante o transporte, podendo acarretar em descarrilamento e/ou tombamento dos vagões vazios ao longo da ferrovia.

A ocorrência de recheio nos vagões pode ser relacionada a fatores como: alto teor de manganês do minério, injeção de finos no pré-carregamento, chuva durante o carregamento do trem, compactação do minério dentro do vagão, falta de revestimento dos vagões com material antiaderente, entre outras.

1.1.3 Paralisação das rotas de descarga

São paradas no sistema de descarga, ocasionadas pela dificuldade de transferência do minério de uma etapa a outra subsequente, que podem ocorrer desde o alimentador dos viradores de vagões até o empilhamento nos pátios de estocagem. Tais paralizações ocorrem por entupimento dos alimentadores, atuações indevidas de emergência, detectoras de rasgos e desalinhamentos nos transportadores, causadas por vazamento de material com umidade excessiva ou água livre, atuações indevidas de sonda e entupimento dos chutes de transferências nos



transportadores, empilhadeiras e recuperadoras. As Figuras 4 ilustram possíveis causas de paralisações das rotas de descarga.



Figura 4 – Paralisação das rotas por transbordo de material e entupimento de chute.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos através da metodologia Seis Sigma, tendo como base o período chuvoso de 2011 (Jan-Mai), onde todos os impactos de manuseio foram desdobrados, analisados e traçadas ações mitigadoras para corrigir os problemas identificados. Abaixo o desdobramento dos impactos no período chuvoso de 2011.

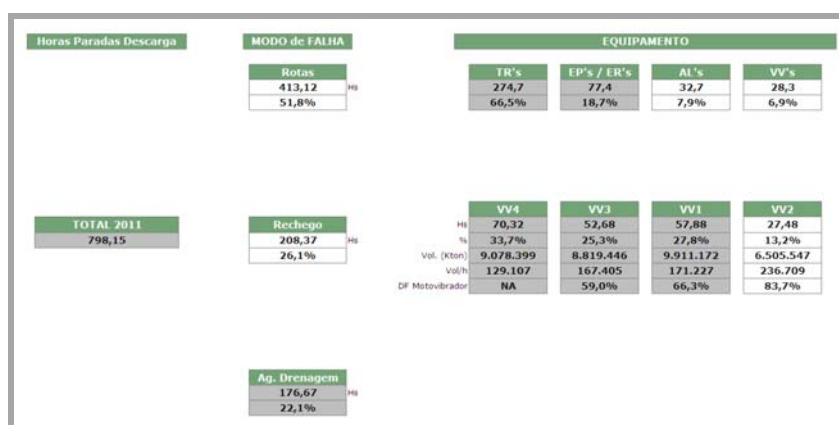


Figura 5 – Desdobramento dos impactos de manuseio em 2011

2.1 Definição dos Focos de Capacitação

Para cada interface do sistema produtivo, mina, ferrovia e porto, foram definidas diversas ações de capacitação e nesta seção vamos relatar as principais.

- **Planejamento de Lavra (Mina):** com objetivo de sazonalizar a lavra em fundo de cava para o período de estiagem e o buscar o minério com menor teor de manganês para o período chuvoso. O quadro abaixo mostra que os planos para 2012 e 2013 podem ter a lavra no fundo de cava sazonalizada para o período de seca, e uma maior dificuldade a partir de 2014, devido à elevada concentração de minério na área de fundo de cava nas Minas de N4WN e N5W. A redução do teor de manganês será mostrada na seção de resultados.

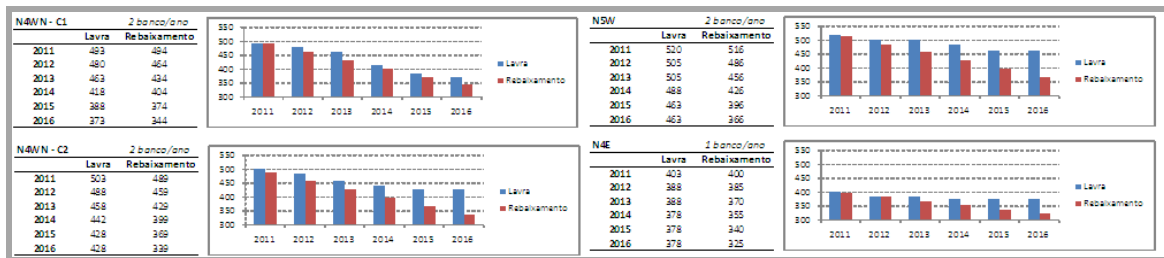


Figura 5 – Plano de rebaixamento de lençol freático.

- **Preparação dos pátios de estocagem (Mina):** foi dividida em três frentes distintas: definição do layout de estocagem nos pátios e tamanho das pilhas, adequação dos métodos de empilhamento e recuperação e melhorias no sistema de drenagem, as quais serão mais detalhadas a seguir:
 - Mapa dos Pátios de Estocagem: foco em melhorar as condições de drenagem nas pilhas, definir a capacidade por pátio e tamanho das pilhas por produto, foi estabelecido e implantado, a partir de Out/2011, o mapa abaixo:

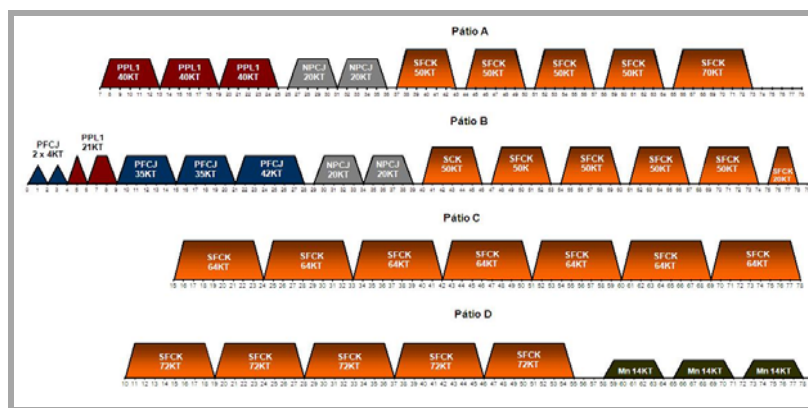


Figura 6 – Mapa de Pátios de Estocagem.

- **Métodos de Estocagem e Recuperação:** a alteração no método de formação das pilhas de Conevron (coneshell) para Chevron, a partir de Jun/2011, visou melhorar a estabilidade das pilhas e reduzir a absorção de água de chuva. Segundo Chaves⁽¹⁾, “trata-se do método básico de empilhamento, satisfatório em termos de homogeneização e mais barato, além de permitir a correção da qualidade da pilha mais facilmente que os demais métodos. A desvantagem é a segregação granulométrica”. Já a alteração no método de recuperação das pilhas de bancadas para blocos, visando o equilíbrio das características físico-químicas do produto dentro do lote expedido, e tendo como foco principal equilíbrio da umidade do material nos vagões. A figura abaixo ilustra as alterações nos métodos de empilhamento e recuperação em Carajás.

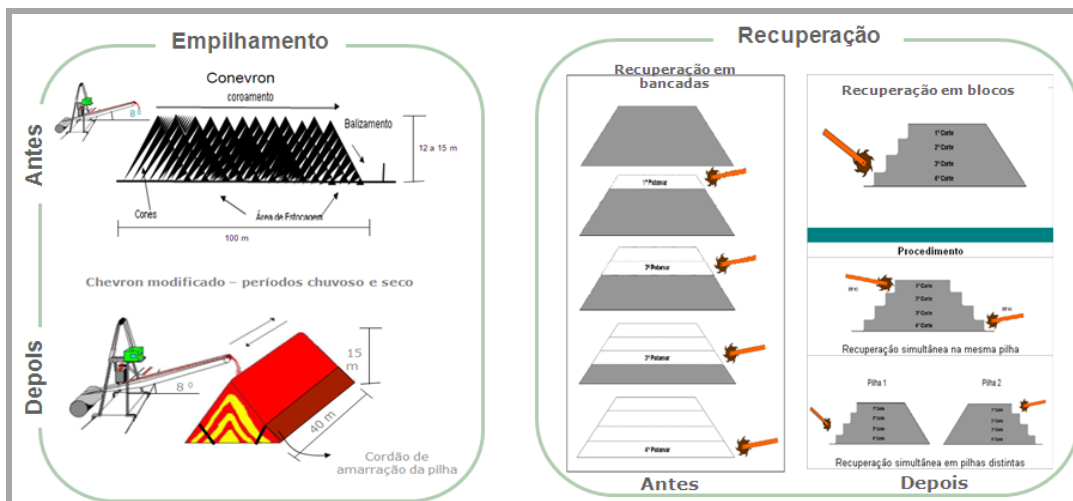


Figura 7 – Métodos de empilhamento e estocagem.

- Sistema de Drenagem dos Pátios (Mina): Foi criado um grupo multidisciplinar de estudos para avaliar as condições do sistema de drenagem interna nos pátios de estocagem na mina de Carajás. Segundo o estudo, “todo o escoamento da água perdida pelas pilhas estava ocorrendo pelo sistema de drenagem superficial”. Para melhor avaliação, algumas camadas da base dos pátios foram removidas para verificar a real condição do sistema de drenagem de fundo. Após a remoção ficou claro que em determinados pontos, a camada drenante não recebia água proveniente da pilha ilustrada, como mostra a Figura 8:

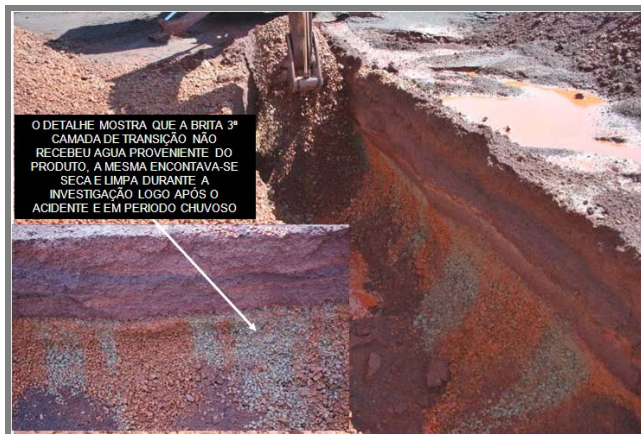


Figura 8 – Avaliação da drenagem interna dos pátios.

Devido ao grau de complexidade e o alto tempo necessário para se reestabelecer um sistema de drenagem de fundo de pátio, focou-se em atuar no rebaixamento de lastro e buscar a maximização da atuação da drenagem superficial, com maquinário dedicado 24h/dia, trabalhando em limpeza de canaletas, afastamento das pilhas dos trilhos das máquinas e afastamento das bases das pilhas, como mostrado abaixo:



Figura 9 – Melhorias na drenagem superficial dos pátios.

As ações de maximização da drenagem superficial dos pátios aliada ao método correto de empilhamento e recuperação das pilhas, e o plano de lavra, auxiliaram no manuseio do minério durante o período chuvoso.

- Melhoria no sistema de drenagem dos vagões (Ferrovia): para isto investiu-se em padronização e intensificação da limpeza preventiva dos drenos. O sistema de drenagem dos vagões da Estrada de Ferro Carajás (EFC), era formado por drenos tubulares instalados no assoalho e nas cabeceiras dos vagões. Este tipo de dreno apresentou desvantagens significativas, tais como, baixa vazão; rápido entupimento do dreno, causado pela colmatação do minério no dreno, e até mesmo partículas com maior granulometria, gerando necessidade de limpeza com menor periodicidade; dificuldade na limpeza, em função da localização e da pequena área de saída do dreno, dificultando a entrada de qualquer dispositivo para limpeza; e o processo de corrosão do tubo, diminuindo o tamanho do mesmo e culminando na queda do dreno;

Além das desvantagens citadas acima, este sistema apresenta problemas de contaminação do lastro da via e vazão menor em comparação com outros sistemas já testados em outras ferrovias. Abaixo vemos o sistema de drenos tubulares.



Figura 10 – Sistema de drenos tubulares em vagões

Visando melhorar o sistema de drenagem dos vagões, foi desenvolvido o dreno de poliuretano. Este composto é amplamente usado em espumas rígidas e flexíveis, em elastômeros duráveis, vedações, gaxetas, etc. A escolha do poliuretano para ser utilizado nos drenos foi devido sua alta resistência mecânica e sua resistência a abrasão, características valiosas para trabalhos sob carga de minério. Este tipo de dreno foi desenvolvido buscando maior vazão, redução da umidade dentro do vagão e retenção do minério para não contaminar o lastro ferroviário.

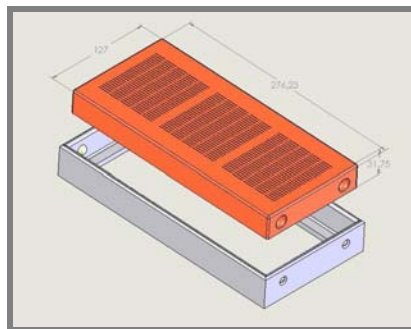


Figura 11 – Dreno de Poliuretano

Após definido o modelo do novo dreno, foi necessário definir a quantidade e a localização para instalação. Para o assoalho do vagão, adotou-se a estratégia de instalar a maior quantidade possível, de modo que a água drenada não influencie na atuação destes componentes e não reduza a vida útil dos mesmos. Assim, passamos a instalar 4 drens no assoalho dos vagões, como mostrado abaixo:

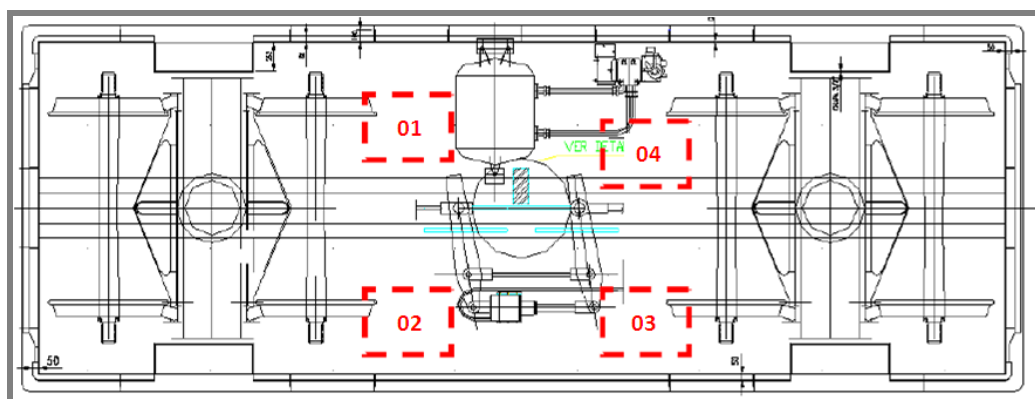


Figura 12 – Locais de Instalação dos drens de poliuretano no assoalho dos vagões.

Para os drens nas cabeceiras dos vagões, que tem como principal função auxiliar os drens de assoalho no escoamento da água do minério, a configuração inicial adotada tinham 02 drens localizados na parte inferior de cada cabeceira do vagão, como mostra a Figura 13. Contudo, estes drens na parte inferior da cabeceira do vagão não apresentaram resultados expressivos, pois a vibração durante o transporte entre mina e porto (895 km), faz com que o minério se compacte não permitindo que a água percole em direção ao dreno, anulando atuação do mesmo.



Figura 13 – Locais de Instalação dos drens de poliuretano na cabeceira dos vagões.



Para maximizar a atuação dos drenos de cabeceiras, foram construídos vagões protótipos com oito e quatro drenos por cabeceira, priorizando a localização dos mesmos na parte superior, e eliminando assim, o problema de compactação do minério no fundo vagão. Estes protótipos foram colocados em teste durante um período pré-determinado, no qual foram avaliadas as ocorrências de água livre e possíveis danos à estrutura do vagão. O protótipo com quatro drenos apresentou resultados muito próximos ao protótipo com oito drenos e com custo de implantação 40% menor. Assim adotou-se como padrão para a EFC, o sistema de drenagem com quatro drenos na parte superior de cada cabeceira e quatro drenos no fundo do vagão, totalizando doze drenos de poliuretano por vagão.



Figura 14 – Vagões protótipos com drenos superiores nas cabeceiras.

- Adição de água no percurso da descarga (Porto): para eliminar a adição de água da chuva entre virador de vagão e pátio de estocagem, duas frentes de trabalhos foram estabelecidas: cobertura dos transportadores entre virador e pátio de estocagem; paralisação da operação durante chuvas intensas e que após o término das chuvas, deve-se rodar o sistema “a vazio” para retirar a água de chuva acumulada, antes de rodar com carga.

Para a cobertura dos transportadores, foi realizada inspeção em campo avaliando a condição da cobertura dos mesmos. Os que estivessem sem cobertura ou com a cobertura danificada foram mapeados para regularização. Uma equipe foi dedicada para fazer a regularização antes do período chuvoso de 2012 e todos 35 pontos identificados com foram 100% cobertos. As fotos abaixo mostram alguns transportadores que tiveram revitalização em suas coberturas.



Figura 15 – Coberturas de transportadores

- Revitalização dos Chutes de Transferência (Porto): foram mapeados os quatro chutes de transferência com maior impacto de entupimento no período chuvoso de 2011, elaborado diagnóstico pelo consultor especialista Gavi⁽²⁾ (Dr. Chute), a partir do qual foram elaborados os projetos de adequação destes chutes, com relação à geometria, tipo de revestimento e guias internas, como mostrado abaixo:

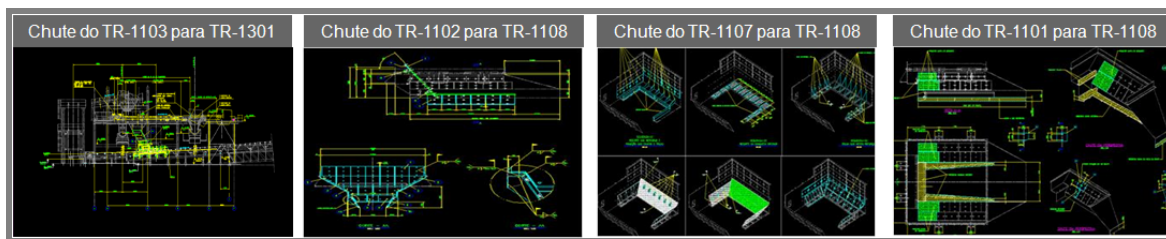


Figura 16 – Projetos de revitalização dos chutes de transferência da descarga.

Após a implantação das melhorias os impactos relacionados a entupimentos nos chutes reduziram expressivamente e serão mostrados na seção de resultados.

- Sistemas de canhões de ar (Porto): instalado para auxiliar pontualmente na transferência de minério de uma etapa para outra. A atuação dos canhões minimiza o acúmulo de material nas paredes dos chutes. A figura abaixo mostra o sistema de canhões de ar instalados:



Figura 17 – Sistema de canhões de ar implantados.

3 RESULTADOS

Os resultados do trabalho mostram uma redução de 43,2% nos impactos de manuseio no sistema de descarga do porto de Ponta da Madeira. A redução obtida foi medida no durante o período chuvoso de 2012. A redução média foi de 68,9h por mês, saindo de 159,6hs para 90,7hs/mês de impactos que paralisaram o sistema de descarga, como pode ser visto no gráfico da Figura 18.

Além, desta redução na paralisação do sistema de descarga, outros benefícios foram identificados, tais como, redução da perda potencial e real (kton), redução do teor de manganês do sinter feed, aumento no percentual da fração granulométrica maior que +6,3mm e redução dos entupimentos de chutes, entre outros.

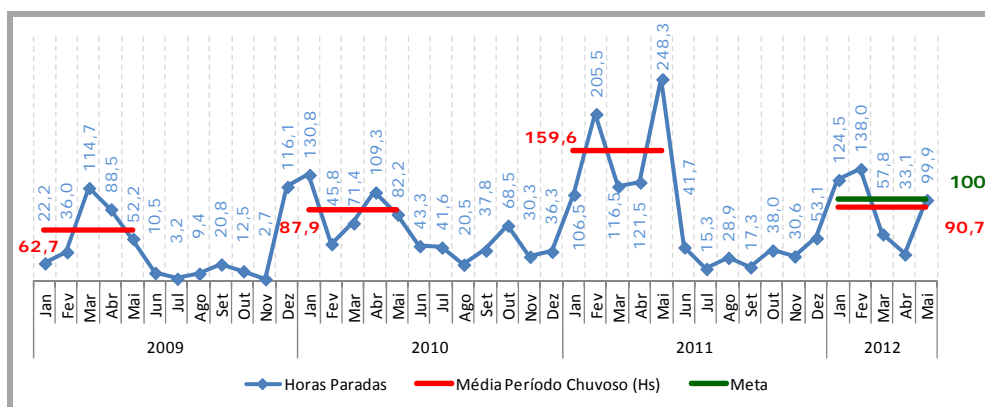


Figura 18 – Histórico de impactos de Manuseio.



Abaixo, vemos o resultado das perdas na descarga no período chuvoso de 2012, onde a perda real de volume devido impactos de manuseio apresentou uma redução de 84%, ou 1,5 milhões de toneladas.

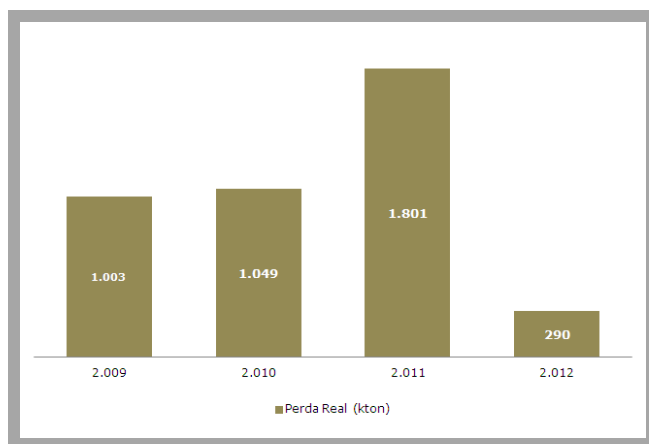


Figura 19 – Evolução de Perdas: Real x Potencial.

A Figura 20 mostra o comportamento do teor de manganês e fração granulométrica maior que +6,3mm, do sinter feed, comparando a variação entre os períodos chuvosos de 2011 e 2012. Os quadros à esquerda mostram a distribuição normal do parâmetro ao longo do período avaliado e o quadro a esquerda mostra o teste estatísticos do valor médio do parâmetro. Para o teor de manganês, temos em 2012 uma redução de 9,1% e para a fração +6,3mm temos um aumento de 7,9%. Ambas as alterações são estatisticamente significantes.

A redução no teor de Manganês e o aumento na fração +6,3mm auxiliam o manuseio, sendo que o primeiro diminui a coesividade e o segundo aumenta a drenabilidade do minério.

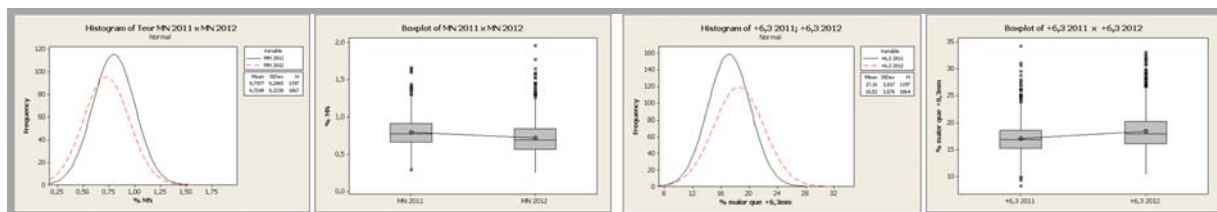


Figura 20 – Variabilidade do teor de Manganês e da fração +6,3mm do Sinter Feed.

A Figura 21 ilustra mostra a redução de 66,2% nos impactos por entupimentos nos chutes de transferência, propiciado entre outras coisas pela redução no teor de manganês, pelas revitalizações de chutes e sistemas de canhões de ar.

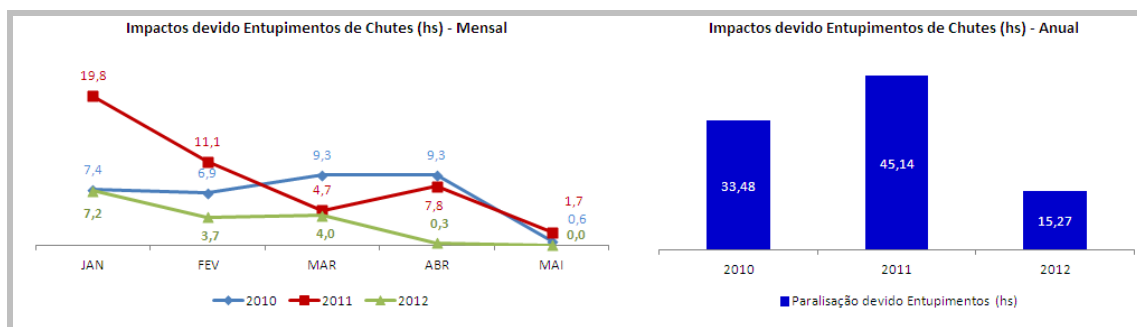


Figura 21 – Histórico de paralisações devido entupimentos de chute.



4 CONCLUSÕES

As ações e resultados apresentados são apenas parte de um conjunto muito maior, planejado e implantando pelo grupo de especialistas das interfaces do sistema de produção Norte da Vale. Os ganhos obtidos comprovam que muitas das falhas de manuseio podem ser minimizadas com o cumprimento de procedimentos operacionais e dos planos de manutenção de equipamentos. Além disto, deve-se também investir em soluções inovadoras, tais como motovibradores mais eficientes, drenos dos vagões auto-limpantes, eliminar queda de minério nas cordoalhas de emergência, identificação de recheio através de scanner, entre outras.

Outro ponto importante constatado é que os problemas de manuseio se intensificam com o aumento do índice pluviométrico na mina, ao longo da ferrovia e no porto de destino, que conseqüentemente acarretam no aumento da umidade do minério, e este aumento por sua vez é o principal fator responsável pela dificuldade de manuseio do minério no sistema de descarga do porto.

Assim, além de investir na capacitação do sistema produtivo, revisando todas as necessidades a cada período de estiagem, é necessário investir em pesquisas para identificar quais interações, entre os diversos parâmetros físicos, químicos e externos, que potencializam as falhas de manuseio, como por exemplo, reagentes desaguadores eficientes, automação dos sistemas operacionais, aumento da eficácia das condições de drenagem dos pátios e vagões, entre inúmeras outras.

REFERÊNCIAS

- 1 CHAVES A.P. e colaboradores, 2012. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios: Manuseio de Sólidos Granulados, 2^a edição.
- 2 GAVI J.P., 2011. Manual de Inspeção e Manutenção de Correias Transportadoras e seus Periféricos.