



MANUSEIO DE MINÉRIO NO PERÍODO CHUVOSO A BUSCA DE SOLUÇÕES PARA REDUZIR AS HORAS PERDIDAS NA DESCARGA DEVIDO A PROBLEMAS DE MANUSEIO CAUSADOS PELA COESIVIDADE DO MINÉRIO¹

Fabio Fonseca²
 Ana Belem³
 Anderson Candido⁴
 Altieres Frade⁵
 Carlos Fraga⁶
 Claudia Dare⁷
 Eliezer Brandão⁸
 Fabiana Fortes⁵
 Fatima Rodrigues⁵
 Itamar Santos⁹
 Jose Cota¹⁰
 Jose Perdigão¹¹
 Josias Ramos¹²
 Lilian Cristina Diniz⁷
 Marcio Alcantara¹³
 Renata Menneccuci¹⁴

Resumo

O trabalho tem como objetivo reduzir as horas perdidas na descarga no porto de Mangaratiba (TIG) e Itaguaí (CPBS) no Rio de Janeiro causado pela dificuldade de manusear o minério de ferro por sua coesividade no período chuvoso. Tais ocorrências impactam diretamente na produção da empresa. Os principais eventos relacionados ao manuseio são: drenagem dos vagões que chegam aos portos com água livre; espalhamento do resto de minério no vagão depois da descarga; 3) múltiplos giros do vagão no virador para descarga; 4) interrupção da operação de descarga devido a entupimentos em chutes de transferência. O problema foi abordado dentro do método Seis Sigma, abrangendo em toda a cadeia produtiva (mina, usina, expedição ferroviária e porto). Como resultado do trabalho, houve redução de 45% no período chuvoso de 2011/2012 quando comparado com o mesmo período de 2010/2011. Essa redução é atribuída a ações sustentáveis em toda a cadeia produtiva. Foram realizadas correção da inclinação do piso do pátio de estocagem de produtos minerais, *blend* ideal dos produtos beneficiados a seco e a úmido, instalação de drenos ecológicos e revestimento de polipropileno nos vagões, instalação de jato de ar no sistema de descarga e reforço no silo dos viradores.

Palavras-chave: Manuseio; Minério de ferro; Coesividade; Descarga de trens.

IRON ORE HANDLING DURING RAINY SEASON: THE SEARCH A FOR SOLUTION TO REDUCE THE HOURS LOST IN THE OFFLOADING DUE TO HANDLING PROBLEMS CAUSED BY THE ORE COHESIVENESS

Abstract

The project aims to reduce the hours lost in unloading at ports Mangaratiba (TIG) and Itaguaí (CPBS) in Rio de Janeiro caused by the difficulty of handling iron ore because of its cohesiveness in the rainy season. These events directly impact the company's production. The main events relating to the handling are: 1) drainage of wagons arriving at ports with standing water, 2) scattering the rest of the iron ore on the wagon after discharge, 3) multiple turns in the car dumper for discharge, 4) interrupting the operation due to blockage of transfer chutes. The problem was addressed with the Six Sigma method, covering the entire production chain (mine, plant, expedition, railroad and port). As a result of the work, there was a 45% reduction in the rainy season of 2011/2012 compared with the same period of 2010/2011. This reduction is attributed to sustainable actions across the supply chain. These actions consisted of: correcting the floor inclination of the storage yard of mineral products, an ideal blend of wet and dry processed products, installation of drain cleaner and polypropylene coating in wagons, installation of air jets in the exhaust system and strengthening of the silo turners.

Keywords: Handling; Iron Ore, Cohesiveness; Discharge of trains.

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 Analista de Programação de Produção- VALE

³ Gerente de Melhoria Contínua - VALE

⁴ Analista Portuario - VALE

⁵ Engenheiro de Processo - VALE

⁶ Técnico Portuario - VALE

⁷ Consultora - INDG

⁸ Especialista Ferroviario - MRS

⁹ Engenheiro Mecânico - VALE

¹⁰ Técnico de Qualidade - VALE

¹¹ Especialista Ferroviário - MRS

¹² Supervisor de Operações de Mina- VALE

¹³ Engenheiro de Programação e Controle de Qualidade - VALE

¹⁴ Geóloga de Planejamento de Mina de Curto Prazo- VALE



1 INTRODUÇÃO

O manuseio de minério foi definido

[...] como sendo a transferência do minério de uma operação para outra de forma subsequente, com ou sem acréscimo de água. Dessa forma, o minério é estocado em pilhas e/ou silos, misturado, homogeneizado, transferido de uma seção para outra em forma de sólidos ou de polpa. O processo, portanto, ocorre nas instalações de tratamento, nos minerodutos, nas ferrovias e nas instalações portuárias.⁽¹⁾

No período chuvoso 2010/2011, problemas no manuseio do minério nos portos TIG e CPBS geraram perdas elevadas em todo sistema produtivo. Essas perdas poderiam afetar diretamente o cliente final. Havia um potencial de não cumprimento do volume acordado em contrato, não atendimento da qualidade do minério e do prazo de entrega. Os tipos de problemas de manuseio ocorridos são classificados como:

- “REDESCARGA”: é o termo utilizado para descrever a necessidade de realizar mais de um giro para descarregar o vagão, como observado na figura 1 a seguir.



Figura 1 – Vagões em redescarga

- “RECHEGO”: é o termo aplicado para o espalhamento do resto de minério no vagão depois da descarga. Nesse caso, o resto de carga precisa ser espalhado uniformemente para evitar a ocorrência de descarrilamento ferroviário. O processo é visualizado na figura 2.



Figura 2 – Vagões em recheço

- “VARETAGEM”: é o termo usado para o ato de desobstruir os drenos de cabeceira do vagão antes da descarga, permitindo o escoamento da água livre sobre a carga nos vagões, conforme mostrado na figura 3. Essa água, quando não é drenada, acumula no fosso dos viradores de vagão, podendo gerar paradas do sistema de descarga e contribuindo para a redução da vida útil dos ativos que lá se encontram.



Figura 3 – Vagão com água livre sem “varetado”

- **ROTA:** Classificação dada aos eventos que ocorrem desde o alimentador dos viradores de vagão até o empilhamento. São problemas de rota: a necessidade de limpeza, chute cheio e chave de emergência, todos atribuídos à coesividade do minério e configuração dos chutes de transferência. A figura 4 apresenta o minério aderido às paredes de um chute de transferência.



Figura 4 – Chute entupido

As perdas ocasionadas por problemas durante o manuseio foram responsáveis por 25% da perda de volume no período analisado, conforme apresentado na figura 5. Essa perda motivou a proposta da meta de reduzir as horas perdidas na descarga por problemas de manuseio em 39% no período chuvoso 2011/2012 e 47% no período chuvoso 2012/2013. Isso corresponde a reduzir de 474 h/mês para 289 h/mês e para 250 h/mês, respectivamente.

O alcance dessas metas é importante para a empresa para alavancar o volume de transporte, melhorando, conseqüentemente, o nível de serviço e reduzindo os gastos com manutenções corretivas nos equipamentos de descarga dos portos.

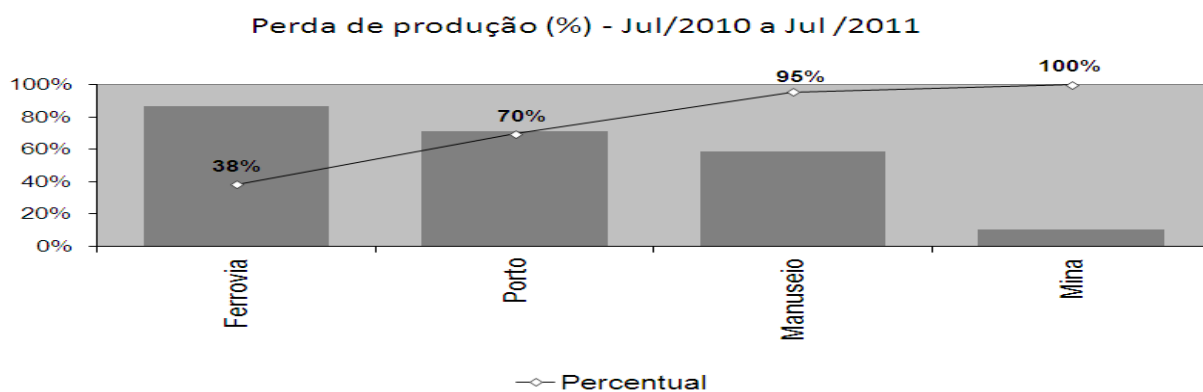


Figura 5 – Pareto de perda de volume

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi conduzido dentro do programa Seis Sigma. Um grande diferencial do programa apontado por Aguiar⁽²⁾ é a importância dada à transformação do método de solução de problemas em cultura da empresa. O processo de melhoria Seis Sigma prevê a identificação do problema, mensuração do problema,



identificação das causas fundamentais, proposição de ações para eliminar as causas fundamentais e manutenção do desempenho após as melhorias implementadas.

Seguindo essa lógica, foi feita uma estratificação do problema de manuseio por porto, virador, terminal de origem do trem e tipo de produto carregado. Uma vez identificadas as causas fundamentais do problema de manuseio, foram traçadas as ações para reduzir os impactos.

2.1 Horas Reais

Tempo de descarga perdido por problemas de manuseio, que foram detectadas no modelo de apontamento da OEE, no período analisado. São as horas que impactam diretamente na taxa de descarga.

2.1.2 Horas potenciais

Horas perdidas apontadas, porém, sem identificação como impacto direto ou não na descarga, ou seja, existiam as ocorrências de *varetagem* e *recheio*, entretanto não existiam códigos para tais eventos em caso de perda de utilização no sistema de descarga. O virador não estaria necessariamente ocioso no momento da *varetagem* ou *recheio*. Para identificação dessas horas potenciais foram levantadas todas as horas de *varetagem* e *recheio* por meio de informações fornecidas pela MRS Logística, ferrovia responsável pelo transporte no Sistema.

Nos casos de rotas, também não foi possível identificar se o problema ocorreu exclusivamente por manuseio, devido à falta de códigos para tais eventos (chute cheio, aguardando limpeza ou chave de emergência).

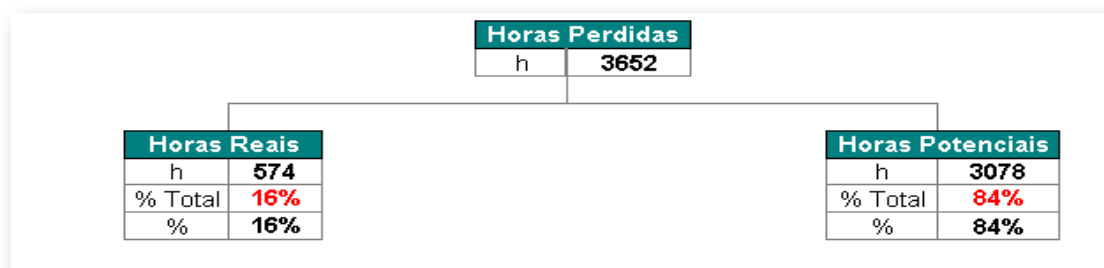


Figura 6 - Horas reais e horas potenciais perdidas na descarga por problemas de manuseio

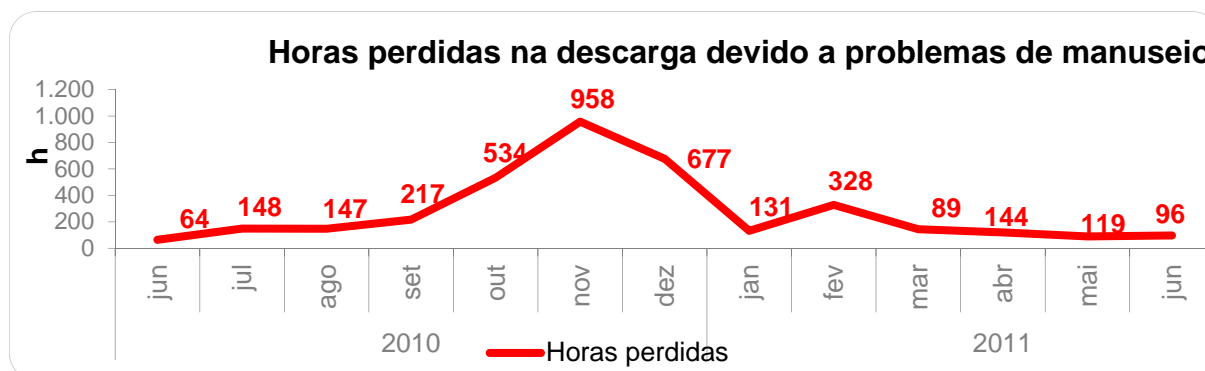


Figura 7 - Horas reais e horas potenciais perdidas na descarga por problemas de manuseio.



2.2 Identificação dos Focos de Atuação

A partir da estratificação do problema, ficou constatado que entre os 7 terminais de carregamento da empresa, o terminal denominado TOD foi o maior responsável pelas horas perdidas por problema de manuseio. Foi feito o mapeamento do processo desde a mina que antecede o TOD até o porto para identificar as causas potenciais para ocorrência das perdas por manuseio. A figura 8 nos permite visualizar toda a estratificação feita apontando o porto com maior incidência, tipo de problema de manuseio, tipo de produto e terminal de origem.

Sendo assim, partindo da coleta de dados, foi feita uma modelagem estatística com as variáveis que potencializam o problema.

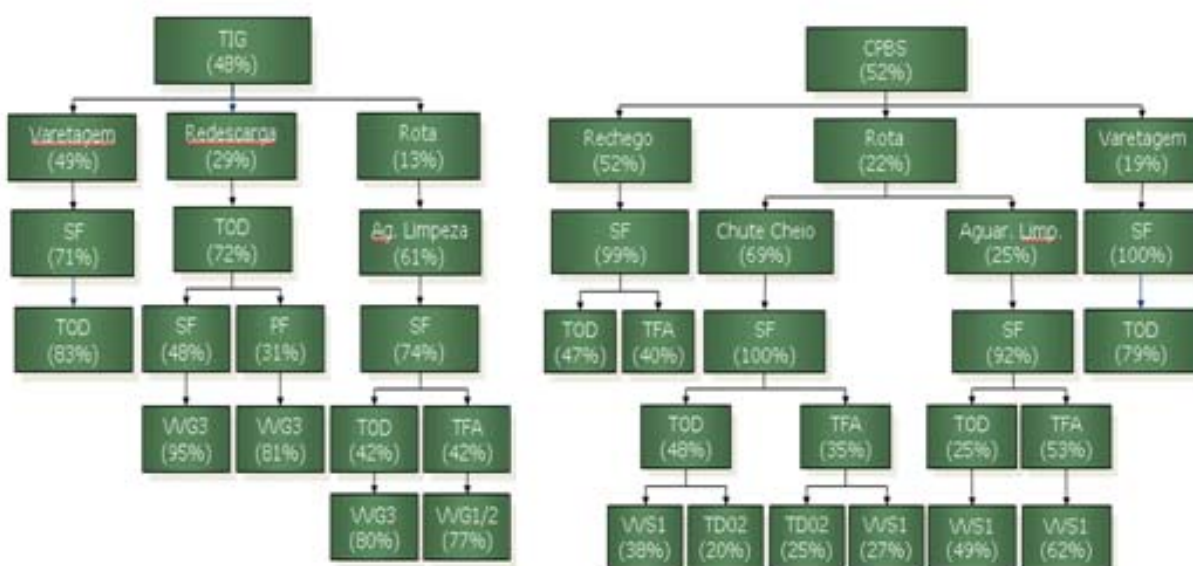


Figura 8 – Estratificação das horas perdidas por manuseio.

2.2.1 Identificação dos fatores causais

Identificou-se que o percentual de minério argilo manganésífero na composição da carga do trem, o elevado percentual na fração -0,15 mm do *Sinter Feed* e a umidade do minério são os responsáveis pela sua coesividade. Esta foi agravada no período chuvoso.

Segundo Chaves,⁽³⁾ quanto maior o teor de substâncias graxo e argiloso, mais difícil é o escoamento. A presença de argila ou de finos implica maior umidade e afeta a coesividade do material.

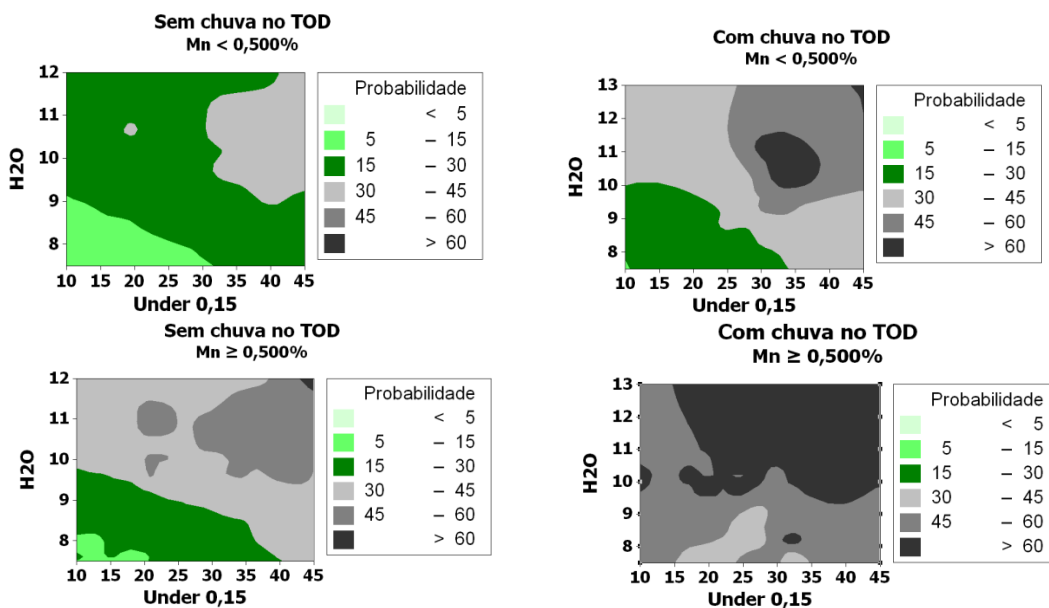


Figura 9 – Análise de Regressão Logística

A figura 9 demonstra as probabilidades de ocorrência de *redescarga* em função do percentual na fração abaixo de 0,15mm (*undersize*) e da umidade nas situações de elevado teor de manganês (Mn > 0,5%) com chuva e baixo teor de manganês (Mn < 0,5%) sem chuva. No período de chuva e baixo teor de Mn, a probabilidade de ocorrência do evento é menor que 30%, considerando a umidade menor que 9% e *undersize* abaixo de 30%. Sem chuva, a probabilidade está entre 30 e 45% para valores mais elevados destas duas variáveis. A probabilidade de ocorrer *redescarga* pode chegar a 60% no período de chuva se o minério tiver teor de Mn maior que 0,5%, *undersize* em torno de 15% e umidade acima de 10%.

2.3 Definição dos Focos

Foram propostas ações para cada etapa do sistema produtivo (mina, usina, expedição, ferrovia e porto) para minimizar os problemas no manuseio. As principais ações implantadas são apresentadas a seguir.

2.3.1 Mina

Determinação do percentual ideal de manganês no planejamento da lavra: as análises de regressão logística levaram à conclusão de que existe interferência imediata do teor de manganês no problema de manuseio. Identificou-se que, dentre as litologias da Mina Capão Xavier, os Itabiritos Friáveis Argilo Manganésíferos elevam o percentual de manganês nos trens (figura 10). O percentual adequado dessa litologia do *blend* para alimentação da usina é de 3,5%. Assim, o teor de Mn não ultrapassa os 0,5% desejável. Esse valor passou a ser uma premissa nos orçamentos futuros (2012 a 2017).

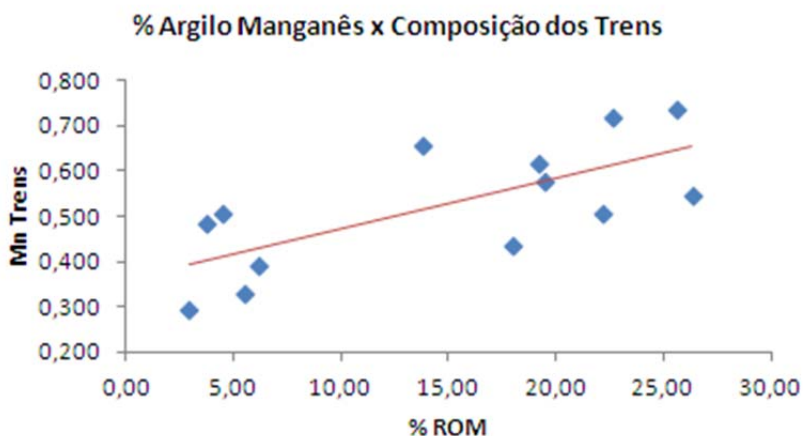


Figura 10 – Análise do percentual de argilo manganês na composição dos trens e o teor de Mn na carga dos trens.

2.3.2 Usina

Produção e estocagem de Hematitinha (minério granulado na fração -19,0 mm a + 6,3 mm): A Hematitinha será produzida no período de estiagem e estocada para forrar o fundo dos vagões (12 toneladas por vagão) no período chuvoso. O forro de minério granulado evita a aderência do *sinter feed* coesivo ao vagão, melhorando o desempenho na descarga. No período de chuva, a produção de hematitinha é suspensa. A abertura da tela das peneiras de classificação é alterada para aumentar o percentual da fração acima de 6,3 mm no *sinter feed* e, conseqüentemente, diminuir a fração abaixo de 0,15mm.



(a) Produção de Hematitinha



(b) Forro de Hematitinha do vagão

Figura 11 – Produção e forro de hematitinha.

2.3.3 Expedição ferroviária

Melhoria na drenagem do pátio de estocagem de minério. Uma empresa terceirizada foi contratada para garantir a melhor drenagem do pátio, distribuição do material e formação das pilhas. O contrato contempla a disponibilização de dez pás carregadeiras, dois tratores e quatro caminhões operando 24 horas durante sete



dias na semana. A disponibilidade desses ativos garante a formação adequada do topo das pilhas de minério, evitando as “cascas de ovo”, como é conhecida a aparência das pilhas tipo *strata*. Essa formação propicia o empoçamento no período chuvoso.



Figura 12: Rebaixamento do pátio da mutuca.

2.3.4 Ferrovia

Instalação de drenos poliuretano e canaleta nos vagões: o modelo de dreno utilizado pela MRS Logística era o dreno tubular que ficava instalado no assoalho dos vagões. Esses tipos não se mostraram eficientes devido aos constantes entupimentos e dificuldade de limpeza.

Constatou-se a eficiência dos drenos de poliuretano instalados no assoalho dos vagões, conhecidos como drenos ecológicos. Os drenos ecológicos estão instalados em 80% da frota da MRS Logística, sendo seis por vagão. Também foram instaladas canaletas abaixo dos drenos, possibilitando o escoamento da água para fora do lastro da via permanente na ferrovia.

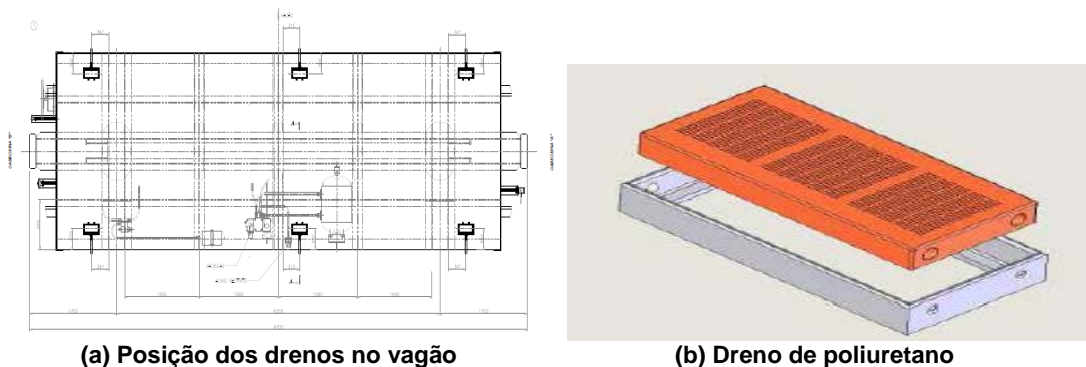


Figura 13: Drenos de poliuretano no vagão.

2.3.5 Porto

Reforço estrutural dos silos do VVG1/2 e VVG3: verificou-se a necessidade de reestruturar os silos dos viradores de vagão para aumentar a resistência a impactos de blocos de minério. O projeto anterior absorvia apenas impactos de até 300 t/m². O projeto prevê o aumento de capacidade para até 1.200 t/m².



Figura 14: Silo do VVG3.

3 RESULTADOS

Os resultados para o primeiro ciclo das ações foram satisfatórios. Houve uma redução de 78% quando comparado o período chuvoso 2010/2011 com 2011/2012. O objetivo era reduzir de 474 horas por mês para 289 horas por mês. Essa meta foi superada, atingindo 266 horas por mês, conforme mostrado na figura 15.

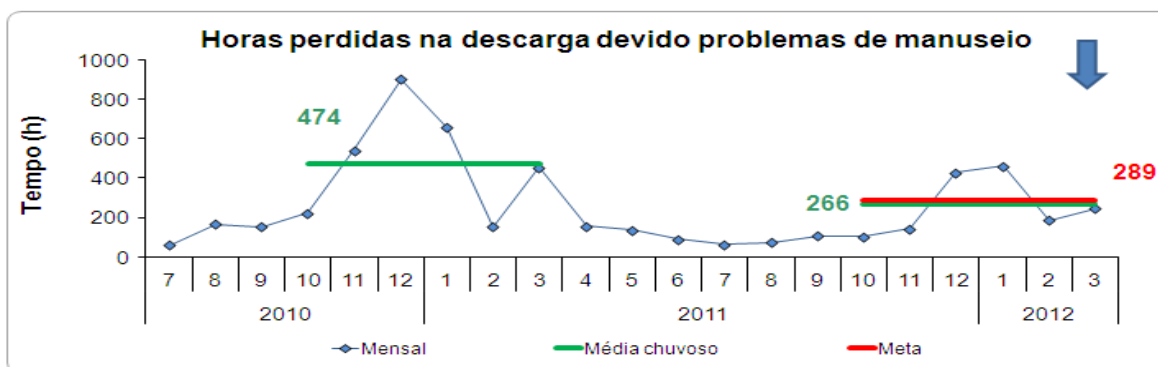


Figura 15: Histórico de impactos de Manuseio.

A figura 16 demonstra a variabilidade dos indicadores críticos para a coesividade do minério. Com exceção do percentual de *undersize*, todas as variáveis tiveram decréscimo, corroborando com a hipótese de que estas influenciam na ocorrência do problema.

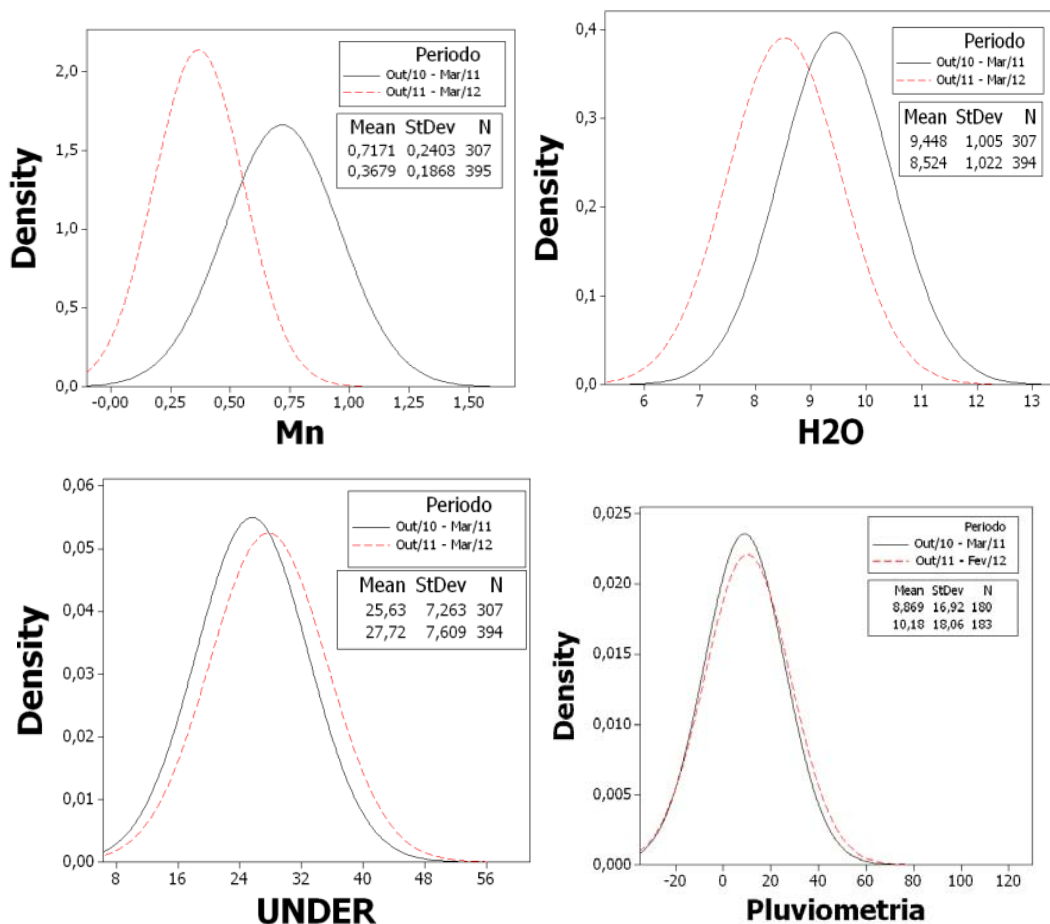


Figura 16 – Variabilidade do teor de Mn, *undersize*, umidade do *sinter feed* e umidade.

4 CONCLUSÕES

O método do programa Seis Sigma foi preponderante para alcance dos resultados obtidos nesse trabalho. Foi identificada a raiz do problema e posteriormente foram propostas e implantadas as ações. Ficou evidente que muitas vezes não são necessários grandes investimentos para resolver questões complexas como o problema em análise. Os resultados devem ser mantidos com a adoção de procedimentos operacionais e manutenções periódicas dos ativos. Os ganhos obtidos no primeiro ciclo do trabalho foram satisfatórios. Para manter a redução dos impactos, outras ações de alto e baixo investimentos continuam sendo estudadas e implantadas na busca da melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

- 1 VALADÃO, G. E. S., ARAUJO, A. C. Introdução ao Tratamento de Minérios. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2007.
- 2 AGUIAR, Silvio. Integração das ferramentas da qualidade do PDCA e ao programa Seis Sigma. Nova Lima, MG: Editora, INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.
- 3 CHAVES A.P.. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios: Manuseio de Sólidos Granulados, 2^a edição. São Paulo, SP: Editora: Oficina de Textos, 2012.