



# AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DA FROTA DE TRANSPORTE – MINA DE FÁBRICA NOVA<sup>1</sup>

Thiago Nardy Valadares<sup>2</sup>  
Antônio Carlos de Amorim<sup>3</sup>  
Anderson Luiz da França<sup>4</sup>

## Resumo

O projeto teve como objetivo principal o aumento da produtividade da frota de transporte da mina de Fábrica Nova (VALE, Complexo Mariana), com ênfase em redução de custos e ganhos de movimentação, a partir de ações junto às equipes de operação de mina e despacho, via gerenciamento integral *on line* dos Tempos Fixos dos caminhões CAT785C (fila para carga, manobra e tempo de carga, basculamento e tempo em fila para basculamento). Buscou o desenvolvimento de ferramentas para monitoramento sistematizado da produtividade dos caminhões e máquinas de carga, embasadas na metodologia Seis Sigma, e migração para o sistema de Despacho existente no Complexo. As análises compreenderam avaliações pontuais entre equipamentos de carga e transporte, levando-se em consideração as diversas situações operacionais existentes na mina (pontos de carga e basculamento, litologias etc), a partir de análises estatísticas (variabilidade, capacidade), análises de pareto, tendências, *rankings* e outras. Obteve-se até então (Jul. a Dez. 09) como resultado uma redução média de 15,24% no somatório dos Tempos Fixos, redução esta responsável pelo incremento médio de 6,12% no valor praticado de produtividade da frota em relação ao primeiro semestre de 2009 (21,21 t/h a mais nos ciclos). Como conclusão, ressalta-se que a escolha e aplicação de pacotes adequados de ferramentas estatísticas e de controle para projetos com grande variabilidade de informações e possibilidades de correlações é um dos fatores chave para o atingimento das metas, bem como o contínuo nivelamento e engajamento das equipes envolvidas no processo. Tempos Fixos são dinâmicos. Mais dinâmicos ainda precisam ser o gerenciamento e ações sobre os mesmos.

**Palavras-chave:** Aumento de produtividade; Tempos de ciclo.

## INCREASE OF THE PRODUCTIVITY OF THE TRANSPORT FLEET – FÁBRICA NOVA MINE

### Abstract

The project aimed the increase of the productivity of the transport fleet of Fabrica Nova mine (VALE, Mariana Complex), focussing on cost reduction and movimentation increase, from actions with teams of mine operation and dispatch controllers, from the integral management of the cycle times of trucks CAT785C (time in line for loading, maneuvers for loading, time for loading, dumping and time for dumping). Control tools were developed for productivity monitoring of trucks and loading machines, based on the Six Sigma methodology, and migration for the existing dispatch system at the mine. The analysis involved assessments of truck-shovel system, taking into account the different operational situations existing in the mine (loading and dumping points, lithologies, etc.), from statistical analysis (variability, capability), Pareto analysis, trends, rankings. The results lead to a reduction of 15.24% in the sum of the cycle times. This reduction was responsible for an average increase of 6.12% in the amount charged for fleet productivity in relation to first half of 2009 (+21.21 t / h in the cycles). The choice and implementation of appropriate packages of statistical tools and control for projects with a great variety of information and possibilities of correlations is one of the key factors for achieving the goals and the continuous engagement with teams involved in the process. Cycle times are dynamic. The management and actions need to be more dynamics.

**Key words:** Increase of the productivity; Cycle times.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro de Minas VALE (Mina de Fábrica Nova).

<sup>3</sup> Gerente de área VALE (Mina de Fábrica Nova).

<sup>4</sup> Técnico de Mina e Geologia VALE (Mina de Fábrica Nova).

## 1 INTRODUÇÃO

A Mina de Fábrica Nova integra o Complexo Mariana (VALE), e situa-se às margens da Rod. MG129, distando aproximadamente 34 Km do município de Mariana, MG. A lavra do minério de ferro e estéril é feita via desmonte mecânico (tratores de esteira, escavadeiras) e explosivos, e todo transporte de materiais da mina para a instalação de britagem, depósitos e pilhas é feito por caminhões fora-de-estrada.



**Figura 1.** Perfil operacional da mina de Fábrica Nova (2009) e quantitativo de equipamentos em operação.

O conceito de produtividade passa pela definição de ciclo, que se constitui em um conjunto de operações executadas por um equipamento durante certo período de tempo, retornando em seguida, à sua condição inicial. A produtividade (t/h) dos equipamentos de transporte (caminhões) é função, basicamente, dos chamados tempos fixos (minutos), distância média de transporte (Km), velocidade média (km / h) e carga média executada (t).

São considerados Tempos Fixos:

- tempo médio em fila para carga;
- tempo médio de manobras para carga;
- tempo de carga;
- tempo médio em fila para basculamento; E
- tempo de basculamento.

A produtividade dos equipamentos de transporte pode então ser estimada pela seguinte expressão:



$$PRODUTIVIDADE = \left[ \frac{CARGA\_MÉDIA}{\frac{(DMT \times 2)}{VELOCIDADE\_MÉDIA} + \frac{\sum TEMPOS\_FIXOS}{60}} \right]$$

O dinamismo das operações de mina está atrelado a grandes possibilidades de variações e combinações, o que remete à necessidade de um gerenciamento contínuo para proposição de ações e tomada de decisões.

Os tempos fixos estão inseridos dentro da operação conforme mapa de processo a seguir:

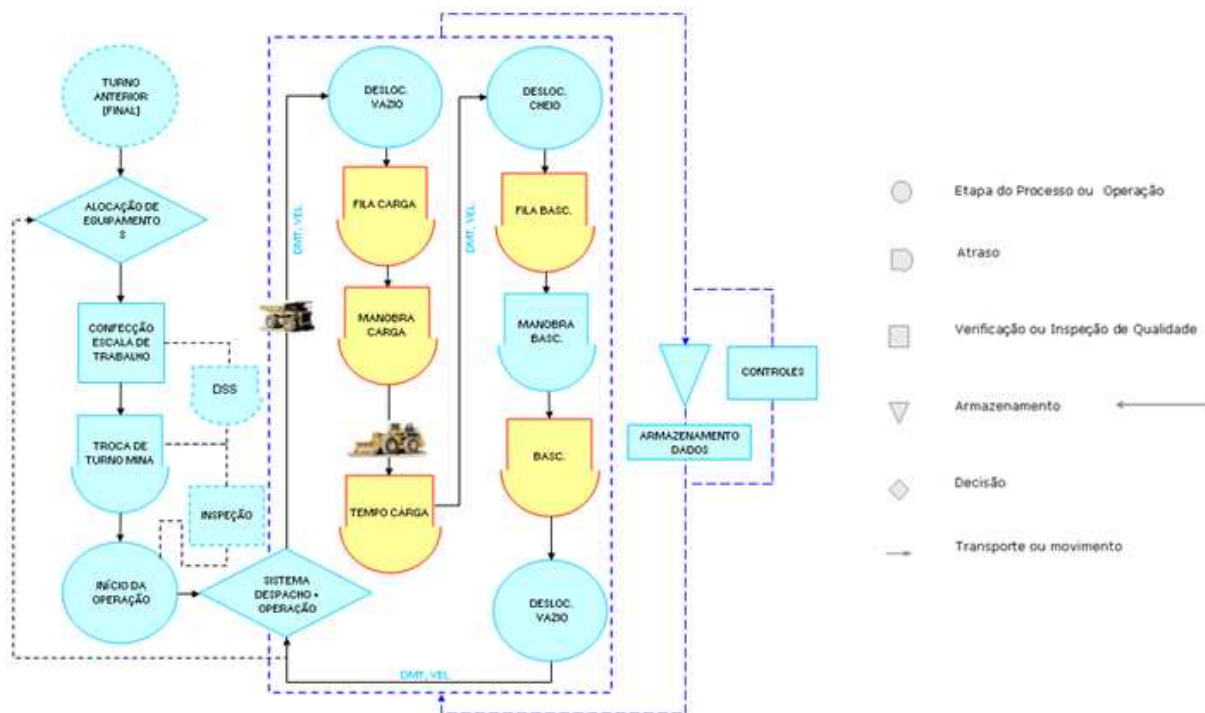


Figura 2. Fluxograma básico das operações de mina, evidenciando os tempos fixos.

O sistema de Despacho do Complexo Mariana (*Modular Mining System*<sup>®</sup>) é integrado, basicamente, por software simulador (princípios de Pesquisa Operacional aplicada), e a interface se dá através de antenas de GPS instaladas em todos os equipamentos em operação nas minas e rádio de comunicação. Este sistema, além da busca pela otimização dinâmica das operações, também é responsável pela coleta e armazenamento de toda a gama de informações necessárias para controles de produção, indicadores de frotas, manutenção e custos. Um dos pacotes disponíveis neste banco de dados torna possível acesso a informações completas quanto aos ciclos dos caminhões e seus desmembramentos, incluindo os tempos fixos. Este foi o ponto de partida do projeto em pauta.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Todo o desenvolvimento do projeto se baseou na utilização da metodologia Seis Sigma, que em suma caracteriza-se por conceitos, pacotes de ferramentas estatísticas e de análises visando a redução de variabilidade no processo estudado.



Se a variabilidade é reduzida em torno de valores considerados ótimos, ocorrerá a otimização progressiva do processo. Neste ínterim, o fluxo DMAIC foi adotado como referencial para seqüenciamento das vertentes do trabalho, passando pela coleta de dados de desempenho dos processos, análises do sistema de medição, cálculos estatísticos (capabilidade), levantamento de potenciais causas básicas, identificação das variáveis óbvias ou não óbvias, ações e manutenção das melhorias obtidas. O banco de dados do Despacho, conforme exposto no item 1, acumula todas as informações *on line* relacionadas aos tempos de ciclo praticados por cada caminhão em operação. A questão inicial foi então como organizar estas informações de forma a permitir análises preliminares e compreensão dos processos. Para tanto, o banco de dados foi aberto e suas informações desmembradas no formato de tabelas dinâmicas.

**Tempos de Ciclo / Tempos Fixos - Complexo Mariana - Mina de Fábrica Nova**

year	(Tudo)
pl	FN
Classe	(Tudo)
Litologia	(Tudo)
FrtEscav	(Tudo)
FrtTrans	(Tudo)
PtoCarga	(Tudo)
PtoBasc	(Tudo)
EgtoCg	(Tudo)
EgtoTr	(Tudo)
crew	(Tudo)



month	Média de DetVz	Média de FICrg	Média de MnbCg	Média de TmpCg	Média de TmpBc	Média de FIBac	Soma Tempos Fixos
1	1,84	2,66	1,51	3,64	1,23	0,77	9,82
2	2,24	2,75	1,38	3,71	1,36	0,82	10,03
3	2,37	2,26	1,32	3,75	1,21	0,61	9,15
4	2,41	1,80	1,25	3,67	1,08	0,70	8,50
5	2,31	2,41	1,35	3,52	1,15	0,51	8,94
6	2,27	2,16	1,35	3,50	1,08	0,48	8,57
7	2,24	2,26	1,27	3,28	1,21	0,46	8,48
<b>Total geral</b>	<b>2,25</b>	<b>2,32</b>	<b>1,35</b>	<b>3,59</b>	<b>1,18</b>	<b>0,62</b>	<b>9,06</b>

**Figura 3.** Exemplo de tabela dinâmica para compilação e análise dos dados de ciclos de equipamentos de carga e transporte.

Esta disposição e organização de dados permitiram correlacionar os tempos fixos para cada classe de material (estéril, minério, movimentações internas), litologias, máquinas de carga e equipamentos de transporte, pontos de carga e basculamento, turmas etc., possibilitando a identificação dos gargalos operacionais através de gráficos dinâmicos de Pareto.



**Figura 4.** Exemplo de análise via gráfico de Pareto indicando os valores médios de tempos fixos no período de Jan. a Jul. de 2009.





Estes exemplos de ferramentas auxiliaram na validação das metas para o projeto. Tomando-se um tempo médio de ciclo de transporte de 25 minutos, praticado no primeiro semestre de 2009 (anterior ao projeto), a meta interna foi estabelecida em se reduzir 12% no valor do somatório dos tempos fixos (de 9,13 para 8,03 minutos), refletindo em aumento de produtividade, movimentação e redução de custos. A memória de cálculo indicou inicialmente a possibilidade de redução de 1,67 caminhões da frota perante o mesmo cenário revisado de movimentação, o que refletiu significativamente a importância do projeto.

Dando seqüência ao desenvolvimento, foram elaborados faróis dinâmicos reportando os parâmetros que compõe o cálculo estimativo de produtividade. Estas informações foram niveladas e sistematicamente disponibilizadas junto ao quadro operacional, de supervisão de mina e despacho, sofrendo atualizações diárias. Um destes faróis consta de listagem de todos os equipamentos em operação e seus respectivos desempenhos em cada variável, sempre as comparando com os *benchmarks* e metas, além das médias e *ranges* entre melhores e piores desempenhos.

FILA NA CARGA		TURMA [-]					MANOBRA NA CARGA		TURMA [-]					TEMPO DE CARGA		TURMA [-]				
Equipamento [-]		A	B	C	D	E	Equipamento [-]		A	B	C	D	E	Equipamento [-]		A	B	C	D	E
CA5105		1,53	1,59	1,10	1,27	1,63	CA5105		0,31	1,00	1,43	1,04	1,19	CA5105		3,06	3,27	3,73	3,79	3,56
CA5106		0,88	2,04	1,47	1,67	1,57	CA5106		0,89	1,14	1,20	0,97	1,07	CA5106		3,03	3,64	3,26	3,25	3,48
CA5901		1,37	1,31	2,53	2,52	2,06	CA5901		1,23	0,35	1,78	1,50	1,20	CA5901		2,88	3,13	2,82	3,09	2,59
CA5902		1,33	1,62	1,79	1,00	2,47	CA5902		1,26	1,46	1,28	1,31	1,48	CA5902		2,82	3,30	3,08	2,86	3,01
CA5903		1,74	3,13	2,48	1,58	2,37	CA5903		1,15	1,42	1,37	1,11	1,35	CA5903		2,91	3,41	3,23	3,32	3,03
CA5904		2,45	2,40	2,87	1,73	2,32	CA5904		1,37	1,17	1,52	1,00	1,15	CA5904		3,33	3,50	3,54	3,55	3,68
CA5905		1,72	1,96	2,29	2,50	1,67	CA5905		0,30	1,36	1,37	1,22	1,12	CA5905		3,16	3,11	3,36	3,10	3,19
CA5906		2,10	1,69	2,59	2,17	2,47	CA5906		1,19	1,37	1,36	1,03	1,25	CA5906		3,15	3,20	3,20	3,48	3,06
CA5907		3,03	2,02	1,75	2,36	2,91	CA5907		1,35	1,17	1,27	1,33	1,02	CA5907		3,66	3,15	2,89	3,03	3,31
CA5908		2,29	2,14	2,14	2,05	2,51	CA5908		1,15	1,16	1,08	1,03	1,20	CA5908		2,66	2,94	3,30	3,09	2,77
CA5909		2,62	1,89	2,45	1,99	2,75	CA5909		1,07	1,22	1,44	1,06	1,31	CA5909		3,55	3,18	3,46	3,44	3,01
CA5911		2,03	2,07	2,27	2,10	1,63	CA5911		1,22	1,29	1,37	1,43	1,03	CA5911		3,12	3,27	3,38	3,19	2,96
CA5912		2,19	2,46	2,22	2,68	2,14	CA5912		1,01	1,49	1,30	1,30	1,41	CA5912		3,28	3,26	3,63	3,52	3,18
CA5913		1,33	2,49	2,79	1,80	1,98	CA5913		1,38	1,23	1,33	1,53	1,12	CA5913		3,48	3,31	3,26	3,25	2,90
CA5914		2,13	2,63	1,64	2,22	1,72	CA5914		1,14	1,36	0,92	1,24	1,28	CA5914		3,03	3,18	2,92	2,81	2,97
CA5915		2,67	2,29	1,78	2,71	2,81	CA5915		1,14	1,19	1,35	1,44	1,15	CA5915		2,88	3,27	3,19	3,01	2,95
CA5916		2,03	2,75	2,32	2,25	1,70	CA5916		1,08	1,63	1,39	1,26	1,03	CA5916		2,90	3,25	3,21	3,60	3,12
CA5917		1,77	2,15	2,45	2,32	1,48	CA5917		1,13	1,39	1,51	1,07	1,17	CA5917		2,82	2,97	2,89	3,08	2,76
CA5918		2,04	2,47	2,31	2,17	1,60	CA5918		0,38	1,42	1,52	1,21	1,05	CA5918		3,10	3,26	3,16	3,35	3,33
CA5919		1,83	2,35	2,54	2,12	1,93	CA5919		1,03	1,09	1,25	1,47	1,45	CA5919		3,19	3,08	3,26	2,92	2,66
CA5920		1,68	3,19	1,96	2,24	2,28	CA5920		0,37	1,73	1,35	1,28	1,15	CA5920		3,56	3,40	3,28	3,85	3,24
CA5921		1,89	2,57	1,61	2,19	1,75	CA5921		1,07	1,36	1,00	1,63	1,19	CA5921		2,91	2,99	2,85	2,96	2,93
CA5922		1,79	2,01	2,10	1,17	1,68	CA5922		1,11	1,15	1,37	0,74	1,03	CA5922		3,17	3,10	2,83	3,02	2,91
CA5923		2,06	2,30	2,23	2,58	1,46	CA5923		1,15	1,25	1,43	1,47	1,16	CA5923		3,10	3,03	3,36	3,20	2,87
CA5924		2,39	2,05	2,05	2,34	1,44	CA5924		1,20	1,28	1,26	1,14	1,31	CA5924		3,60	3,42	3,32	3,44	3,16
CA5925		2,37	2,45	1,67	2,20	2,35	CA5925		1,06	1,17	1,04	1,21	1,13	CA5925		3,10	3,08	3,13	3,38	2,88
CA5926		2,31	2,12	2,73	2,41	2,71	CA5926		1,23	1,10	1,20	1,36	1,30	CA5926		3,06	2,91	3,51	3,25	3,14
CA5927		1,59	2,32	1,39	2,20	1,99	CA5927		1,06	1,44	1,23	1,45	1,08	CA5927		3,03	3,36	3,12	3,17	2,54
CA5928		1,36	2,43	1,73	2,45	2,04	CA5928		1,00	1,22	1,25	1,05	1,15	CA5928		3,16	3,18	3,36	3,27	3,15
CA5929		2,41	1,69	2,75	1,98	1,93	CA5929		1,38	1,26	1,51	1,59	1,07	CA5929		3,04	3,13	3,66	3,56	3,21
CA5930		1,64	1,86	2,06	1,76	2,15	CA5930		0,37	1,19	1,16	1,04	1,09	CA5930		3,49	3,30	3,32	3,19	3,49
CA5931		1,35	1,94	1,92	1,55	2,68	CA5931		0,88	1,20	1,12	1,07	1,14	CA5931		3,28	3,17	3,50	3,38	3,58
GERAL		2,01	2,23	2,18	2,11	2,08	GERAL		1,12	1,27	1,31	1,25	1,18	GERAL		3,15	3,20	3,27	3,26	3,07

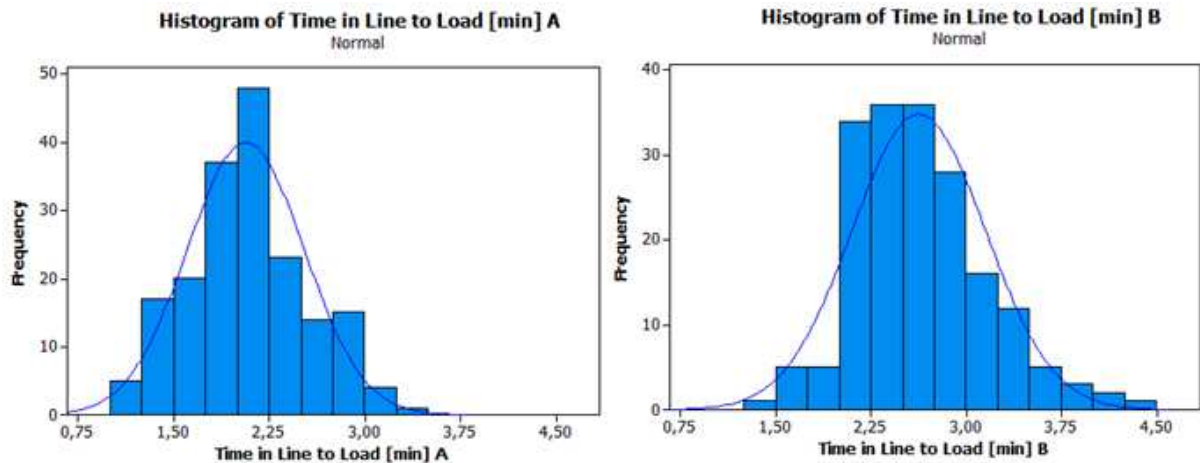
Figura 5. Exemplo de farol comparativo entre os tempos médios em fila na carga praticados em Jul. 09 e demais parâmetros disponibilizados pelo banco de dados do Despacho.

Esquema similar foi adaptado no *software* do Despacho, possibilitando aos técnicos da sala de controle o gerenciamento integral simultâneo dos parâmetros de produtividade da frota (cada máquina em operação reporta a fila praticada em relação a uma meta pré-estabelecida, em tempo integral, durante os turnos de operação).

Além disto, foi disponibilizado nos equipamentos resposta via simulador de previsibilidade de geração de filas, que reporta ao operador informações, na tela do despacho, quanto ao tempo estimado para chegada e número de caminhões destinados à praça de carga, permitindo ações antecipadas e redução das filas.

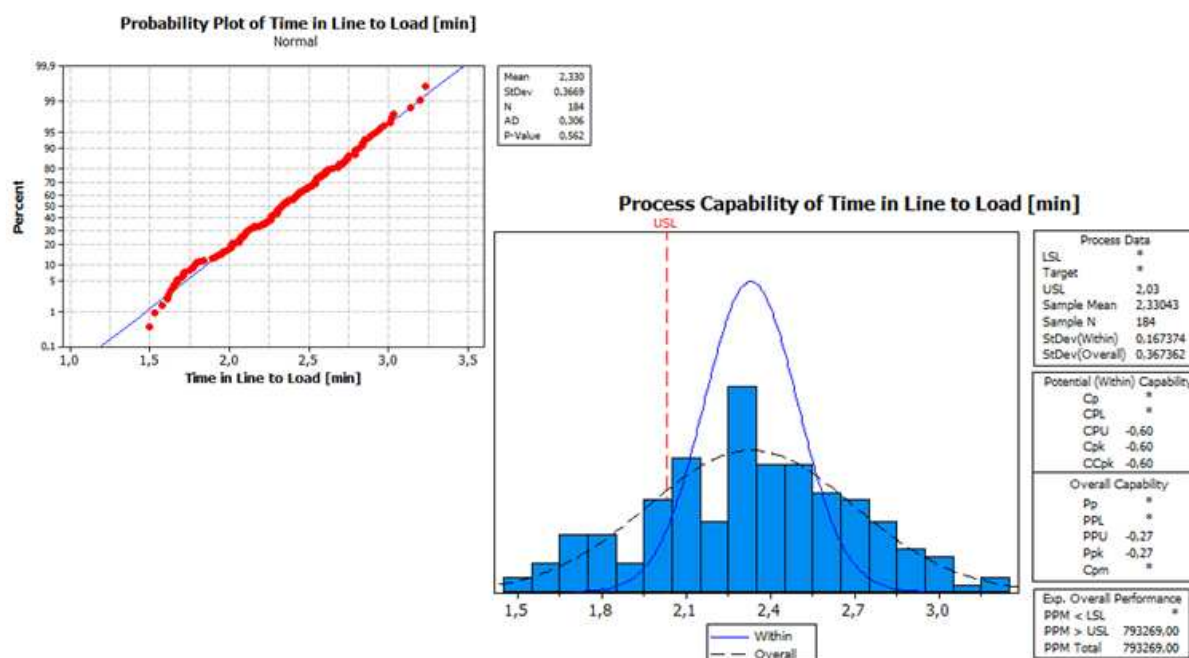


Através do *Software* MINITAB<sup>®</sup>, foram realizadas também inúmeras análises de variabilidade dos tempos fixos entre equipamentos / operadores, testando as diversas condições operacionais verificadas na mina. Via de regra, turmas com os piores desempenhos em produtividade de equipamentos / operadores apresentaram maiores dispersões nos tempos praticados, o que indicou para estes casos necessidade de equalização de conceitos e práticas operacionais entre as equipes de operação de mina e despacho. Estas análises possibilitaram identificar e atuar diretamente nos pontos focais responsáveis pela variabilidade das informações. Os histogramas e curvas normais seguintes ilustram exemplos de análises para os tempos em fila na carga, praticados em Janeiro de 2009:



**Figura 6.** Histogramas de freqüência acumulada para os tempos médios em fila para carga em Janeiro de 2009 (turmas A e B).

Na mesma linha de raciocínio, ainda utilizando a ferramenta MINITAB<sup>®</sup>, foram compostos cálculos de Capabilidade (ou nível Sigma) para cada variável estudada, em períodos bastante regulares (semanalmente). Torna-se interessante um resumo do conceito de Capabilidade, que é uma unidade estatística que reflete a geração de defeitos em um milhão de oportunidades. Trazendo para a questão dos tempos fixos, para cada milhão de ciclos executados por cada caminhão, a Capabilidade pode refletir a probabilidade de não atingimento de um valor de tempo considerado ótimo. O gráfico seguinte reporta um exemplo de análise de Capabilidade para o tempo em fila para carga, primeiro semestre de 2009, sendo indicada previamente uma probabilidade de 79,33% de não atingimento da redução inicial proposta de 12% nos tempos fixos (no caso em questão, do tempo em fila para carga):



**Figura 7.** Teste de Normalidade e cálculo estimativo da Capabilidade para os tempos médios em fila para carga, com dados relativos ao primeiro semestre de 2009.

Antes de se estimar o nível Sigma de um conjunto de dados variáveis de processo, é de suma importância a verificação se os mesmos seguem uma distribuição Normal (teste de Normalidade), análise também feita via MINITAB®.

A criação de perfis de perdas dinâmicos (*Build Ups*, atualizados via banco de dados do Despacho) possibilitou a identificação constante dos gargalos dentro das parcelas de cálculo estimativo de produtividade, de forma a indicar qual variável de maior contribuição nas perdas para ação imediata, aspirando-se reversão de desempenhos insatisfatórios. Nestes perfis, foi possível quantificar as perdas ou ganhos sobre cada categoria de valores praticados na mina por cada equipamento de transporte, filtrando e analisando determinadas condições operacionais.

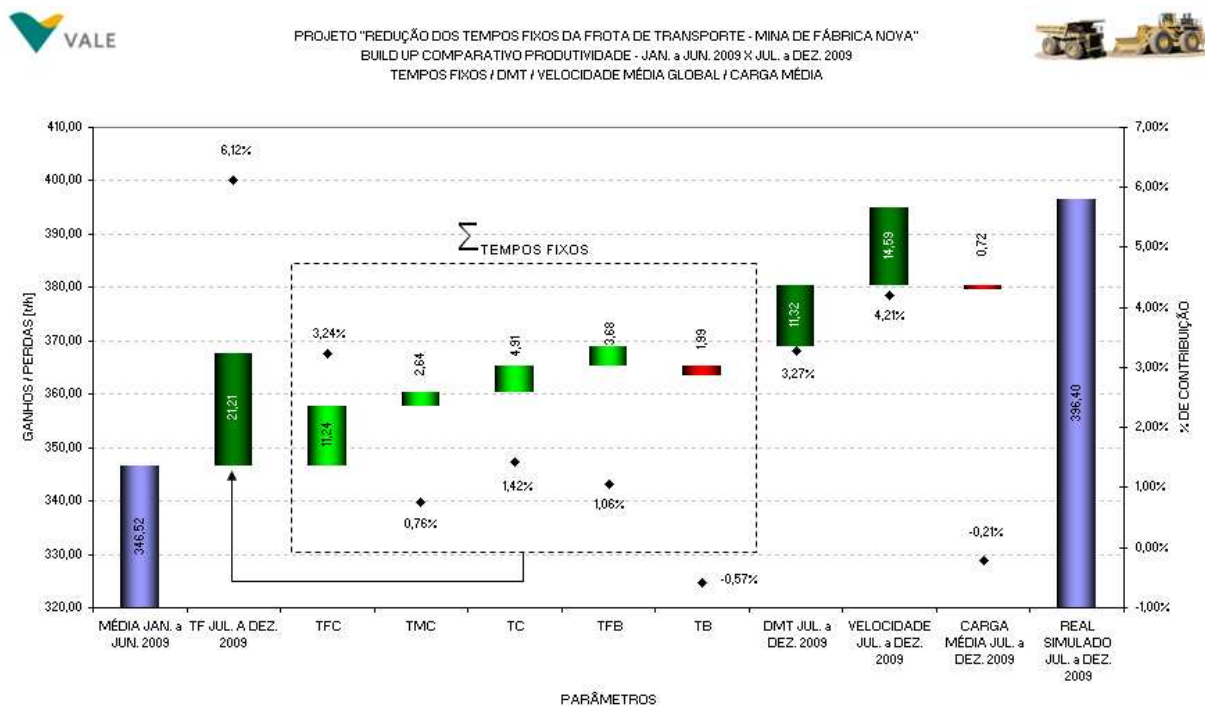
Foram ainda definidas e executadas ações gerais para redução dos tempos fixos e refinamento das ferramentas do Despacho:

- configuração de *splits*: produtividade simulada para cada ponto de basculo, tornando possível se ter uma prévia quanto a capacidade de absorção de caminhões em depósitos de estéril e moega do britador;
- interface entre o sistema de Despacho (*Modular Mining System*®) e *P.I. (Plant Information*®) - sistema de gerenciamento das operações das plantas de tratamento), com o propósito principal de conflitar taxa horária de alimentação da planta de britagem x produtividade da frota dimensionada para ROM;
- parâmetro de alocação dinâmica de caminhões em caso de paradas inesperadas do britador: Bidirecional (retorno prioritário para a máquina de carga original) e não Bidirecional (retorno para aquela mais produtiva);
- relatórios comparativos entre ciclos previstos x ciclos realizados, buscando calibração do software;
- automatização da chegada dos equipamentos na praça de basculamento (definição de *beacons*), visando maior confiabilidade nos apontamentos e maior aderência quanto às filas geradas;

- criação de relatório de redesignações por turma e por equipamento, buscando monitorar ações tomadas na mina em contradição às diretrizes de otimização do Despacho, verificando se estão ou não associadas a perdas operacionais;
- customização dos ciclos: geração de anomalias para operadores fora de rota via relatórios de inconsistências.

Através dos conceitos de Pesquisa Operacional aplicada, foi gerado simulador dentro da ferramenta *MS EXCEL / Solver*® que estima os tempos fixos, velocidade, DMT e carga média ideais em face a cenários de baixo desempenho em disponibilidade física de equipamentos, utilização e produtividade, levando-se em conta restrições para cada operação (limites máximos e mínimos) e estabelecimento de Função Objetivo sobre programas de movimentação mensais.

### 3 RESULTADOS



**Figura 8.** Build Up efeitos da redução dos tempos fixos por categorias (fila na carga, manobra na carga, tempo de carga, fila para basculamento e tempo de basculamento), redução de DMT, velocidade média global de transporte e carga média executada, comparando os valores de produtividade média calculada antes e após projeto.





PROJETO SIX SIGMA "REDUÇÃO DOS TEMPOS FIXOS DA FROTA DE TRANSPORTE - MINA DE FÁBRICA NOVA"  
GRÁFICO META GERAL  
E TEMPOS FIXOS 2009

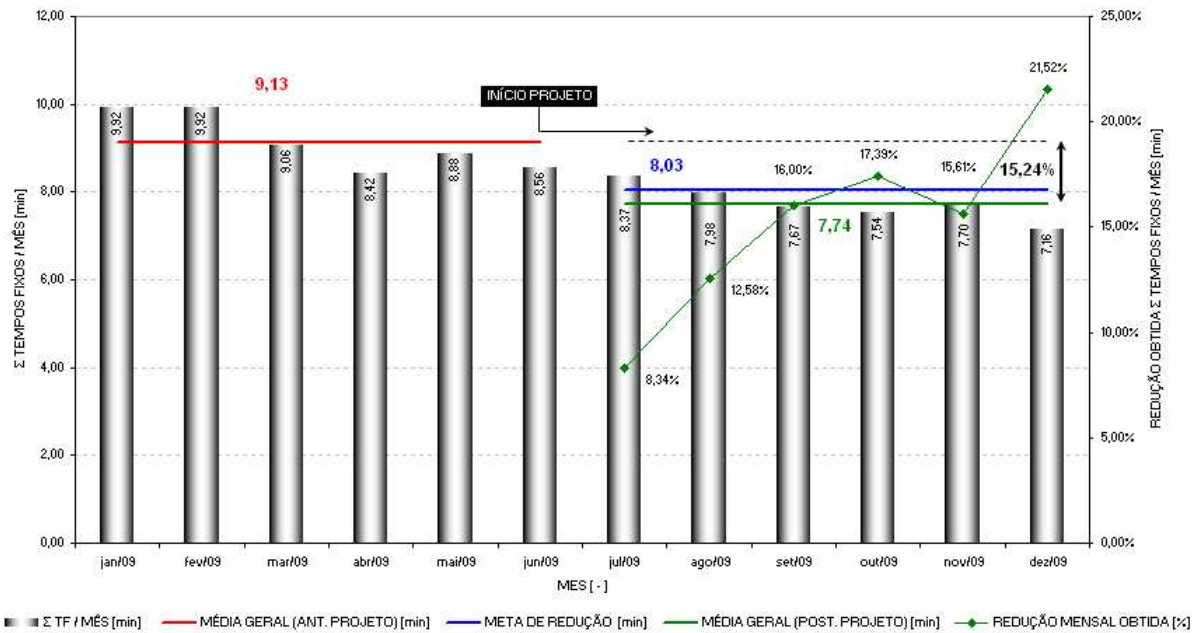


Figura 9. Redução efetiva dos tempos fixos da frota de transporte (Jan. a Jun. x Jul. a Dez. 2009).



PROJETO SIX SIGMA "REDUÇÃO DOS TEMPOS FIXOS DA FROTA DE TRANSPORTE - MINA DE FÁBRICA NOVA"  
GRÁFICO - GANHOS INICIAIS PRODUTIVIDADE  
GAOMS

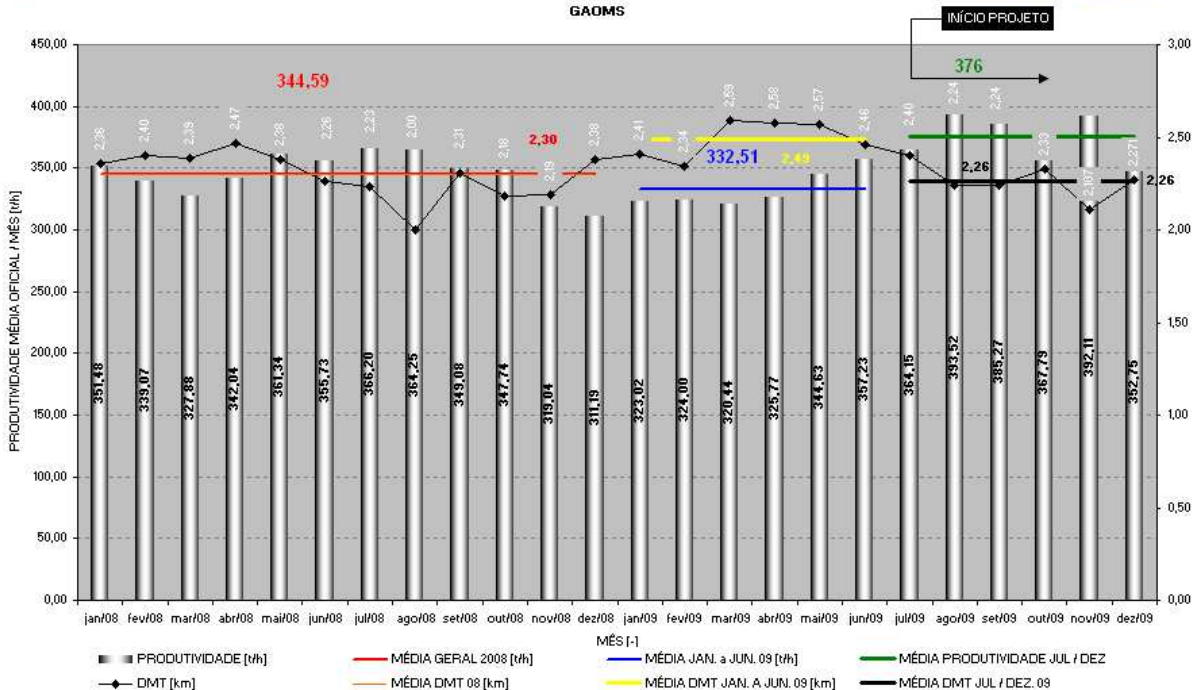


Figura 10. Aumento da produtividade média da frota de transporte em relação ao período anterior ao projeto

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados alcançados reforçaram a forte influência dos tempos fixos na produtividade da frota, chegando a superar os impactos da DMT praticada na mina no período e a velocidade operacional média dos equipamentos, conforme evidencia a Figura 8. Os tempos de carga e fila para carga, juntos e em média, representavam cerca de 65% do total dos tempos fixos, como se vê na Figura 4. Fazendo a mesma análise para situações específicas, como por exemplo, caminhões no britador, os tempos em fila na moega e basculamento chegavam a superar o tempo de carga na mina, constituindo-se, portanto, em uma indicação de ponto focal prioritário de ataque, e justificando diversas das ações de melhorias adotadas, dentre elas alocação de semáforos dentro do *pit* da mina com a finalidade de desvio prévio de caminhões antes da formação de filas (redirecionamento via despacho e supervisão de mina), monitoramento *on line* através de sistema de câmeras móveis, estrategicamente posicionadas, interligadas à sala do despacho, adaptação de pacote específico no software do despacho (Modular Mining System®) para gerenciamento integral da taxa de alimentação da planta versus capacidade da frota alocada, etc. A forma de tratativa das informações geradas, como por exemplo os faróis dinâmicos para as variáveis da produtividade (Figura 5), caracterizou-se como fator fundamental para a obtenção dos resultados. Para tanto, o quadro de operadores foi freqüentemente nivelado em reuniões focadas no assunto, além dos *feedbacks* orientativos através dos supervisores de operação e instrutores de equipamentos.

Uma observação importante quanto ao tipo de análise apresentada na Figura 6 é que nem só a variabilidade das informações deve ser avaliada, mas também em torno de qual valor médio se concentram os dados. Cabe ressaltar que um processo com pouca variabilidade nas informações, mas com eventual baixo desempenho é teoricamente mais fácil de ser regularizado do que aquele com grande variabilidade e baixo desempenho. A discriminação de qual o grupo de equipamentos / operadores que se concentram em cada intervalo dos histogramas é crucial para as ações de reversão. Por exemplo, o histograma relativo à turma A sustentou os melhores resultados obtidos pela equipe no período, já que o quadro de operadores e despachantes tenderam a trabalhar na mesma faixa de tempo de fila para carga, praticando valores inferiores à turma B. O empilhamento dos intervalos dispostos nas extremidades da curva normal da turma tendeu a ser mais efetivo e rápido.

O conhecimento dos tempos fixos permitiu, por exemplo, tomar ações puramente operacionais, junto ao planejamento de mina, quanto a flexibilização de frentes de lavra dentro da cava em situações de baixa disponibilidade física de equipamentos de carga e inversa de transporte, optando-se em lavrar frentes programadas em diretrizes com maiores distâncias entre pontos de carga e basculamento, sempre pesando a questão das filas. Isto veio de encontro a uma maior utilização de ativos, de forma produtiva.

## 5 CONCLUSÃO

A redução dos tempos fixos possibilitou um aumento significativo de produtividade, aliada à gestão da distância média de transporte ótima para cada frente em lavra (criação de acessos operacionais dinâmicos dentro dos planos e flexibilização dos pontos de basculamento), sem provocar cultura de aumento da velocidade a níveis inseguros com o propósito de se obter ganhos nos ciclos dos equipamentos. Outra

variável preservada foi a carga média praticada, que devido ao perfil de transporte (ascendente carregado) da mina de Fábrica Nova é parâmetro forte de controle e deve ser mantido dentro de limites pré-estabelecidos recomendados pela manutenção mecânica e fabricante de pneus.

Uma hipótese para melhor otimização da operação constitui-se em buscar conciliar de maneira mais dinâmica a redução do tempo médio em fila para carga *versus* tempo médio entre cargas, que reflete a ociosidade das escavadeiras e carregadeiras. Nesta linha, pode-se chegar a valores aceitáveis de fila que compensem a utilização física dos ativos, movimentação de mina e custos com consumo de combustível / desgaste de componentes mecânicos dos equipamentos de carga e transporte. Outra linha de raciocínio pode ser estendida a partir dos resultados deste trabalho, que compreende estudos para dimensionamentos de frotas e compatibilidade entre equipamentos de carga e transporte.

A *Modular Mining System*<sup>®</sup>, em recente projeto (intitulado *Benchmark Modular*), realizou comparativo entre minas, internas e externas à VALE (inclusive do exterior), que operam com equipamentos de grande porte, com perfis operacionais e pacotes similares aos do Complexo Mariana. O resultado deste estudo explicitou os ganhos obtidos em Fábrica Nova na questão dos tempos fixos em relação às demais minas.

### **Agradecimentos**

Às equipe de operação de mina de Fábrica Nova (supervisores de operação e infraestrutura, técnicos, instrutores, operadores). Agradecimentos especiais ao William Sacramento, Marcelo Loli e despachantes, que também foram os agentes alavancadores deste projeto desde a sua idealização. Ao Gerente Geral do Complexo Mariana, Armando Maurício Max pelo incentivo na realização do projeto.