

Desenvolvimento de uma metodologia para redução do consumo específico de diesel em caminhões fora de estrada em uma empresa do setor de mineração

Carlos Roberto Campos Júnior
camposengminas@gmail.com
UFOP

Taiana Moreira Zenha
taianazenha@yahoo.com.br
UFOP

Thayla Aparecida Rigo Recla
trecla@hotmail.com
UFOP

Washington Luis Vieira da Silva
wlvsilva@hotmail.com
UFOP

Resumo: Este estudo tem por objetivo desenvolver uma metodologia para monitoramento e controle do consumo específico de diesel em caminhões fora de estrada, através de pesquisa extensiva acerca dos conceitos de operação de mina, manutenção e de caminhões. Para tanto, utilizou-se uma metodologia de natureza qualitativa e quantitativa, baseando-se em uma pesquisa bibliográfica e aplicada a uma empresa de mineração. Os resultados encontrados revelam que uma sistematização da gestão do desempenho de processo, através de monitoramento e controle e envolvendo correção imediata de desvios, proporciona a redução da média do consumo específico de diesel em frotas de caminhões fora de estrada, além de minimizar seu desvio padrão, levando a uma significativa redução de custos para o setor estudado. Portanto, sugere-se a padronização da metodologia proposta, além de sua adoção definitiva na rotina de acompanhamento dos caminhões fora de estrada.

Palavras Chave: Caminhões - Fora de Estrada - Consumo Específico - Diesel -

1. INTRODUÇÃO

A mineração constitui uma atividade dispendiosa e de considerável incerteza de retorno financeiro, além de envolver alto potencial de riscos. Contudo, se conduzida de maneira adequada, a indústria da mineração pode gerar ganhos consideráveis, tanto financeiramente quanto no quesito sócio ambiental.

Segundo Barbosa (2010), as empresas tendem a departamentalizar suas atividades básicas em produção, finanças, vendas, marketing e manutenção. Ainda de acordo com Barbosa (2010), o setor de transporte, na mineração, pode contribuir em até 40% dos custos totais da produção, dependendo do método de lavra adotado. Sendo assim, a implantação de uma melhoria neste âmbito implica em significativo impacto no custo final de produção, bem como nos lucros rendidos.

Monma (2009) ressalta que a alta competitividade entre os produtores de minério no mercado atual leva a melhorias no processo produtivo (como reduções de custos, aumento da produção, melhorias na qualidade e priorização da segurança), dentro de uma nova abordagem, em respeito à crescente valorização mundial da proteção ambiental. Neste contexto, uma redução no consumo de combustíveis fósseis (a exemplo do diesel), mantendo-se ou elevando-se a produção, gera não apenas ganhos financeiros para a empresa (com a redução de custos), mas também ambientais, na medida em que se reduzem as emissões de resíduos e gases poluentes (provenientes da queima do combustível).

Sendo a operação de mina notavelmente complexa e composta por diversas atividades dinâmicas, cada uma com inúmeras variáveis, verifica-se a necessidade de uma padronização das mesmas. Assim, a metodologia selecionada para este trabalho, visando a melhoria contínua e a manutenção dos resultados obtidos, é o Método PDCA, associado ao TOP 10.

O foco do trabalho, redução do consumo de diesel, constitui um dos principais gargalos referentes ao custo produtivo na atual cadeia de produção mineral. Especificamente, a abordagem aqui descrita é relativa à frota de transporte de materiais de lavra de mina, composta por caminhões fora de estrada e responsável por cerca de setenta por cento (70%) do total do diesel consumido segundo relatórios do sistema de gestão de combustíveis.

A frota em questão é composta, atualmente, por cento e vinte e um (121) equipamentos, e é subdividida em cinco frotas, duas das quais serão objeto deste estudo – a frota 40 e a 53.

Neste contexto, verifica-se a necessidade de criação e implantação de técnicas de monitoramento e controle que proporcionem a diminuição de perdas através de uma detecção rápida de problemas, seguida da tomada de medidas corretivas. Relativamente ao consumo de diesel por parte da frota de transporte, a perda é caracterizada pelo consumo específico de diesel anormal, muito acima do considerado aceitável tanto pelo fabricante dos equipamentos quanto pelo histórico de dados.

A principal proposta deste trabalho é, portanto, desenvolver uma metodologia de monitoramento e controle do consumo específico de diesel das frotas de transporte que leve a uma redução no mesmo, minimizando, por conseguinte, o custo de produção (através da redução dos gastos com combustível), e a emissão de gases poluentes (provenientes da queima do combustível).

Para tanto, realizou-se um estudo teórico acerca dos caminhões fora de estrada, dos métodos e operações de lavra, dos tipos de manutenção e do ciclo PDCA, seguido de uma listagem das variáveis e indicadores, cujo embasamento teórico serviram de suporte para os resultados obtidos com a aplicação do estudo.

2. BASE TEÓRICA DO ESTUDO

2.1. CAMINHÕES FORA DE ESTRADA

Segundo Rapucci (2009), deve-se realizar uma análise qualitativa e quantitativa quando da concepção de um projeto de mineração no que se refere à escolha dos equipamentos de transporte. As opções mais comumente adotadas são caminhões fora de estrada, correias transportadoras, ou uma combinação de ambos. Em minas de grandes extensões, a adoção de caminhões fora de estrada é usual, devido à facilidade de realocação ante as diversas frentes de lavra em avanço. Além disso, grandes projetos, como Carajás, operam caminhões com capacidade de até 400 toneladas, otimizando o custo unitário de transporte do material.

Fonseca (2009) ressalta o elevado custo aquisição e manutenção dos caminhões fora de estrada, o que torna pistas com condições mínimas de estrutura um elemento imprescindível para a operação segura e eficiente de tais equipamentos, evitando gastos exorbitantes com manutenção e reposição de ativos. Alguns dos principais aspectos a serem considerados para tanto são pistas com boa fundação, drenagem superficial eficiente e dimensões adequadas. Além disso, são importantes alguns cuidados durante a operação do equipamento, que deve ser realizada por operadores bem treinados, sob regras de trabalho apropriadas para o site e adotando procedimentos de comunicação. Tais cuidados podem auxiliar na preservação dos veículos, que se tornam menos susceptíveis a falhas prematuras ou danos a componentes.

Ainda segundo Fonseca (2009), caminhões fora de estrada são utilizados em minas a céu aberto e subterrâneas, para transporte de material sólido a pequenas e médias distâncias. Geralmente possuem pesagem a bordo, isto é, o peso real é fornecido ao operador na medida em que o caminhão é carregado.

Além da evidente vantagem da flexibilidade em sua utilização, os caminhões fora de estrada proporcionam ainda possibilidade de ciclos rápidos e vida útil média a longa.

Em contrapartida, a desvantagem é a manutenção onerosa, que torna extremamente importante o investimento mais amplo em um programa de manutenção preventiva eficiente, de modo a reduzir o número de paradas corretivas e perdas de produtividade.

2.2. OPERAÇÃO DE MINA

Para Hartman (1987), o ciclo de operação de mina compreende desde a etapa de extração dos recursos mineiras da crosta até sua disponibilização para beneficiamento mineral. Cada uma das etapas é considerada uma das “Operações Unitárias” de lavra. Ainda de acordo com Hartman (1987), os passos que contribuem diretamente para a extração mineral são chamados de operações de produção, compreendendo o ciclo de produção. Já os passos auxiliares que dão suporte ao ciclo de produção são chamados operações auxiliares.

O ciclo de produção emprega as operações unitárias que são normalmente agrupadas em duas funções: fragmentação de rocha (englobando perfuração e desmonte) e manuseio de materiais (carregamento/escavação e transporte).

2.3. MANUTENÇÃO

Dentre diversas visões e definições, formalmente, segundo a ABNT (2004), a manutenção é a combinação de ações técnicas, administrativas e de supervisão, com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, ou seja, fazer o que for preciso para assegurar que um equipamento ou máquina opere dentro de condições mínimas de requerimentos e especificações.

Os objetivos da manutenção, de acordo com Tavares (2005), são a redução de custos, evitar paradas com perda de produção, diminuir tempos de imobilização, reduzir tempos de

intervenção através de boa preparação para o trabalho, reduzir falhas e defeitos, melhorar a qualidade da produção, aumentar a segurança e aumentar o tempo de vida das máquinas. Sendo assim, a manutenção pode ser descrita como a tarefa de manter um equipamento em funcionamento, corretiva ou preventivamente, com os menores custos possíveis para a empresa.

A manutenção é, ainda, dividida em diversos tipos, a serem tratados a seguir.

2.3.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é a intervenção no equipamento após a detecção de um problema.

Pinto (1999) lembra que a manutenção corretiva ocorre em dois momentos: quando o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado, apontado por monitoramento; ou no momento em que ocorre a falha do equipamento.

Segundo Barbosa (2010) é um tipo de manutenção bastante onerosa, já que é efetuada após a ocorrência da falha, levando à paralisação da produção.

A manutenção corretiva não é a mais adequada para empresas, já que prejudica o processo produtivo, tanto pela inesperada da produção quanto pela convivência com o baixo desempenho do ativo até a detecção da falha ou quebra. Além disso, outro inconveniente é a possível falta de componentes para reposição imediata, mantendo o ativo paralisado até que a correção possa ser efetuada.

2.3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva passa a preocupar-se não apenas com a correção de falhas, mas também com a prevenção de avarias.

Para Tavares (2009), a manutenção preventiva tem por objetivo evitar a falha, através de inspeções sistemáticas, ajustes, conversação e eliminação de defeitos. Já segundo Moura (1999), consiste em uma manutenção programada, visando prevenir falhas ou detectá-las em seu estágio inicial.

Desta forma, fica nítida a preocupação da manutenção preventiva em evitar falhas, de maneira a se prevenir perdas por parada de produção ou reposição de ativos e/ou peças.

De acordo com Viana (2002), é um serviço realizado em intervalos predeterminados de tempo, ou segundo critérios prescritos.

2.3.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA

Segundo Viana (2002), a manutenção preditiva é composta por atividades da preventiva, visando acompanhar máquinas ou peças através de monitoramento, sendo por medições ou controle estatístico, numa tentativa de prever a proximidade de ocorrência da falha.

Sendo assim, este tipo de manutenção busca determinar o momento mais adequado de intervenção nos equipamentos.

De acordo com Marçal (2004), a manutenção preditiva indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados referentes a seu desgaste.

Ainda, Barbosa (2010) afirma ser este tipo de manutenção preferencialmente aplicada a equipamentos com elevado valor dentro da produção, de maneira que se incrementem a vida útil e os rendimentos destes.

2.4. GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Para Barbosa (2010), a manutenção é uma das funções mais importantes dentro do processo produtivo, uma vez que é responsável por manter funcionando o processo de melhoria contínua a infra-estrutura produtiva da organização. Para o autor, uma boa manutenção auxilia a entrega dos produtos ou serviços com a qualidade, tempo e quantidade solicitados.

Desta forma, uma boa organização da manutenção é de suma importância para as operações de produção. A programação adequada das tarefas de manutenção, aliada à confiabilidade dos ativos proporcionada pela mesma, permite que se programe toda a produção, alinhada à capacidade e disponibilidade dos ativos.

2.5. FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO

A manutenção apóia-se em diversas ferramentas, duas das quais são brevemente abordadas neste trabalho: o fluxograma e o ciclo PDCA.

O fluxograma é uma simples ilustração das etapas de um processo, mostrando a sequência da realização de uma tarefa ou procedimento. A figura 1 apresenta um exemplo de fluxograma.

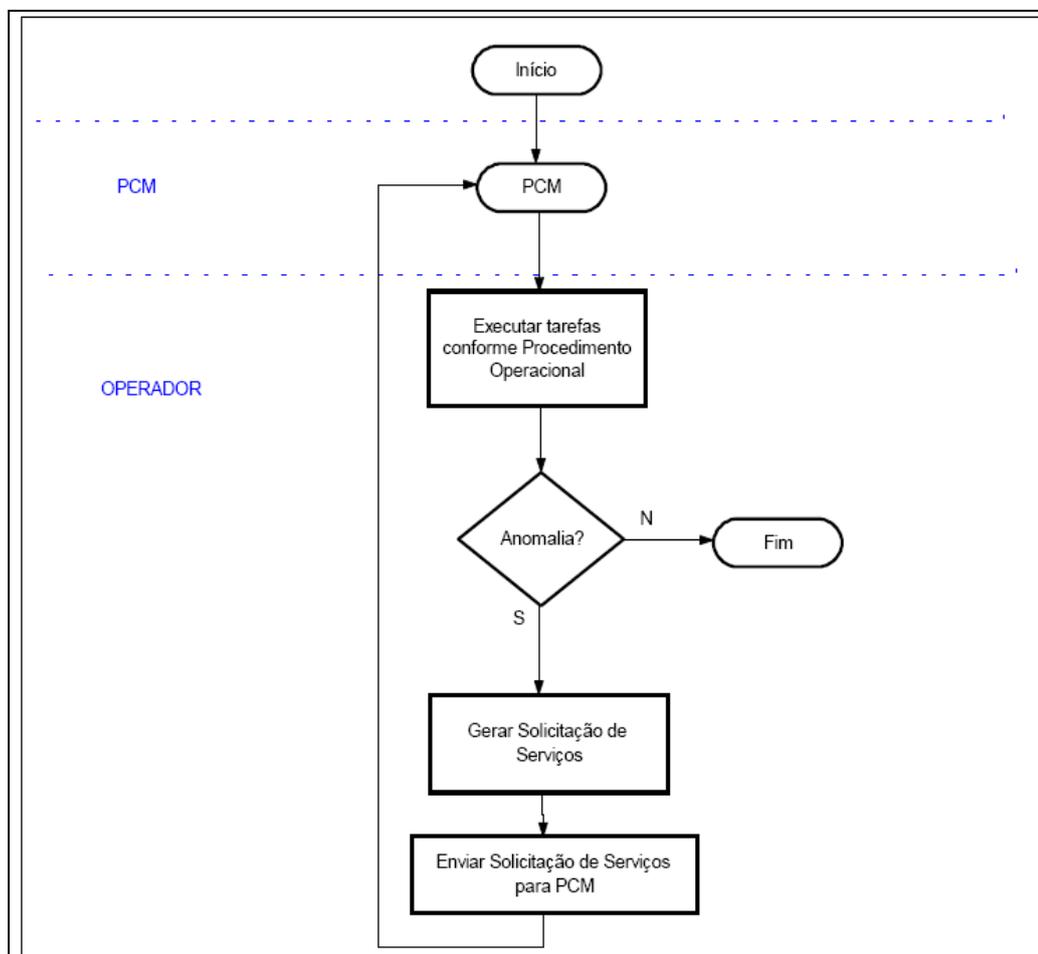


Figura 1: Exemplo de Fluxograma de Processo.

Fonte: Barbosa (2010).

Nota-se, na observação da figura 1, que a tarefa descrita pode ser dividida em fases, e há diversas possibilidades de representação, envolvendo tomadas de decisão, recomeço da atividade, entre outros.

Por sua vez, o ciclo PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua dividida em quatro fases, visando tanto a melhoria quanto a padronização. Cada fase é representada por uma letra da sigla, a saber: P, de *Plan* (planejar, estabelecer os objetivos e processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos e políticas pré-determinados); D, de *Do* (executar, implementar as ações necessárias); C, de *Check* (checar, monitorar e medir os processos e produtos em relação às políticas, aos objetivos e aos requisitos estabelecidos e relatar os resultados); e A, de *Act* (agir, executar ações para promover a melhoria contínua dos processos). O ciclo é retomado (girado) a cada vez que se implementa uma nova melhoria no processo.

3. METODOLOGIA

O trabalho apresentado tem como objetivo apresentar uma metodologia de monitoramento e controle do consumo específico de diesel através da seleção dos equipamentos com os maiores consumos de cada frota de caminhões do setor de transportes de uma mina de uma empresa do setor de mineração, reduzindo os custos operacionais e buscando a sustentabilidade das operações.

A metodologia de pesquisa adotada para tanto é classificada como quantitativa e qualitativa, na medida em que realizou-se tanto levantamento de dados quanto o seu tratamento estatístico.

Quanto ao tipo de pesquisa, pode-se dizer que o presente trabalho é bibliográfico, pois baseia-se em conhecimentos teóricos provenientes de inúmeras fontes, como: livros, monografias, teses, dissertações, artigos e internet. Além disso, adota-se ainda o estudo de caso, já que se aplica a um caso prático.

É importante, ainda, ressaltar a utilização da técnica “TOP 10” no desenvolvimento da metodologia proposta. O processo de construção e execução do método é simples. Realiza-se o levantamento do banco de dados de abastecimento e consumo dos equipamentos e cada frota passa por uma análise estatística de desempenho. Em seguida, compara-se o consumo mensal da frota com o valor orçado para a mesma. A partir dos resultados, mapeia-se os dez equipamentos com pior consumo específico, que são aqueles que mais impactam negativamente na média do consumo.

A partir desta seleção, traça-se um plano de ação alinhado com todas as áreas envolvidas, e as causas identificadas para os desvios nos equipamentos problemáticos são tratadas. Tais equipamentos são monitorados para averiguação da efetividade das ações definidas. Caso seu desempenho tenha melhorado, o fluxo é reiniciado no próximo mês. Caso contrário, os equipamentos reincidentes são tratados como críticos e recebem intervenção mais intensa, até que seu consumo seja equiparado ao restante da frota.

Na fase de coleta de dados, o método adotado foi a medição direta, onde a medição é realizada por meio de instrumentos, calibrados e adequados à quantificação em questão. Neste caso específico, os dados de interesse são aferidos de forma automatizada, através do registro de um indicador medido em Litros por Horas Aptas (l/h) (onde as horas aptas são aquelas em que o equipamento não possui qualquer impedimento para atuar na produção).

Tais dados foram compilados e trabalhados no programa Microsoft Excel, mesmo ambiente em que se geraram as planilhas com as análises dos dados e os gráficos e tabelas para visualização, interpretação e apresentação dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia de monitoramento e controle TOP 10 foi desenvolvida e implantada em duas das cinco frotas de caminhões fora de estrada presentes na empresa. A escolha das frotas (40 e 53) deve-se à representatividade destas frotas em relação à frota total (juntas, elas respondem por 80,92% do total de equipamentos e 85,62% do diesel total consumido pelo Transporte).

A organização do trabalho foi realizada sob a forma do Ciclo PDCA, para garantir a melhoria contínua e padronização do processo. Durante a fase do Planejamento (*Plan*), cuidou-se de identificar o problema, observar suas causas, analisar a ocorrência do mesmo e elaborar um plano de ação para sua eliminação.

Na identificação do problema, foram detectados vários equipamentos com consumo específico de diesel acima do recomendado pelo fabricante.

A fase de observação permitiu verificar a relevância de cada frota para o consumo total de diesel da frota de Transporte e a frequência de ocorrência de desvios, possibilitando a seleção das frotas a serem priorizadas como alvos.

Em seguida, passa-se à análise do processo. Nesta etapa foram criados painéis de monitoramento e controle mensais, anuais, e um farol de criticidade dos equipamentos. O consumo específico de diesel é monitorado semanalmente, sendo que na primeira semana de cada mês os dez equipamentos com maior consumo específico do mês anterior são mapeados, através do banco de dados (que registra os litros abastecidos e as horas aptas de cada equipamento).

O passo seguinte é um levantamento das minas onde cada equipamento operou no mês em que foi levantado o banco de dados, de forma a se construir o perfil de consumo específico de diesel de cada mina. Verificou-se, então, que duas minas possuem um consumo bem mais crítico do que a outra, o que influencia na quantidade de equipamentos mapeados no Top 10 por cada mina.

Uma comparação entre os equipamentos mapeados em cada Top 10 é, então, feita com a média da frota dos mesmos. Esta comparação é realizada tanto em relação a consumo realizado no mês em questão quanto ao acumulado no ano até o mês corrente.

Finalmente, compara-se o desempenho do equipamento no mês anterior ao mês do levantamento e o próprio mês; comparação esta que consiste no principal indicador da eficácia da ferramenta, pois permite observar se o desempenho dos equipamentos identificados como críticos melhorou ou piorou.

A partir dos resultados, pode-se realizar comparações referentes tanto ao meio quanto tempo (entre o equipamento e sua própria frota, o equipamento e sua própria frota na mina específica em que opera, o equipamento e ele mesmo em relação ao mês anterior, e o equipamento e o consumo orçado para a sua frota), permitindo o traçado de perfis de locais específicos e gráficos sequenciais que mostram a evolução dos caminhões.

É interessante destacar que antes da implantação deste trabalho os equipamentos apresentavam uma tendência de aumento do consumo específico de diesel. Após a aplicação das ações tratativas propostas pelo mesmo, houve uma gradual estabilização seguida de redução do mesmo.

A etapa de Análise do Ciclo PDCA é finalizada com a construção de um último painel, que define a criticidade de cada equipamento presente no Top 10. O painel consiste em um

quadro-farol, onde são representados os equipamentos críticos mês a mês; aumentando seu grau de criticidade de acordo sua reincidência. O quadro permite ainda verificar se o desvio é proveniente de causa comum, se é um problema crítico, ou ainda uma causa especial, um desvio de rotina ou acidente.

O plano de ação elaborado neste trabalho consiste em uma série de medidas destinadas a disparar gatilhos para a tomada de decisões imediata visando a identificação e tratativa das causas geradoras de desvios no consumo dos equipamentos mapeados rotineiramente. Antes da adoção permanente da metodologia, novas ações serão certamente definidas com o desenvolvimento do processo. As principais ações são:

- Criação de um fórum semanal entre a Engenharia de Operação de Mina, a Execução de Manutenção de Equipamentos de Mina, a Engenharia de Manutenção de Equipamentos de Mina e a administração dos postos de abastecimento, para acompanhar o comportamento das frotas e definir novas ações;
- Inspeção preditiva de campo voltada para vazamentos de diesel;
- Troca de componentes relevantes mais frequentemente;
- Inspeções de rotina nos postos de abastecimento (fixos e móveis);
- Instalação de ponto de rede no posto móvel, para agilizar a alimentação do banco de dados no que se refere ao abastecimento dos equipamentos;
- Conscientização dos colaboradores quanto à maneira apropriada de se operar os equipamentos (de modo a se evitem desvios de consumo de diesel), além de registro da mesma em procedimentos operacionais e manuais.

É importante, contudo, ressaltar que até então apenas a fase de Planejar foi concluída, estando a fase Executar em andamento.

Os resultados obtidos são divididos em duas etapas: a redução na variabilidade do consumo específico de diesel e a redução da média do consumo específico das frotas.

Na primeira fase, verificou-se a estabilização do processo tanto para a frota 40 quanto para a 53, que mostraram uma redução na variabilidade do consumo específico de diesel após a implementação das ações aqui propostas. Observou-se, ainda, uma pequena redução na média do consumo específico de diesel nesta fase.

Na segunda etapa, o objetivo é levar o consumo das frotas a níveis inferiores aos informados como aceitável para cada fabricante. Dentro da proposta de melhoria contínua, o passo seguinte a este será reduzir ainda mais o consumo específico dos equipamentos.

Neste contexto, a confirmação da efetividade dos trabalhos aqui registrados pode ser observada na comparação do consumo pelos equipamentos inicialmente mapeados. As tabelas 1 e 2 mostram a diferença entre o consumo específico dos equipamentos mapeados em maio e o seu desempenho em setembro, e o percentual de redução do consumo específico de diesel.

Tabela 1: Consumo específico do primeiro TOP 10 mapeado na frota 40.

Equipamento	Maio (l/h)	Setembro (l/h)	Redução (%)
4026	171,9	152,5	11,29%
4036	168,55	148,66	11,80%
4020	167,71	151,32	9,77%
4079	163,13	128,95	20,95%
4046	161,95	148,52	8,29%
4048	160,57	143,19	10,82%
4053	157,76	131,36	16,73%
4063	157,35	148,88	5,38%
4069	156,63	138,1	11,83%
4064	156,56	140,04	10,55%

Fonte: Pesquisa Direta (2012)

Tabela 2: Consumo específico do primeiro TOP 10 mapeado na frota 53

Equipamento	Maio (l/h)	Setembro (l/h)	Redução (%)
5303	156,76	137,05	12,57%
5321	152,28	135,51	11,01%
5325	152,2	135,84	10,75%
5320	152,13	142,22	6,51%
5319	150,27	130,56	13,12%
5308	149,19	139,15	6,73%
5316	146,26	138,98	4,98%
5324	145,6	136,46	6,28%
5318	144,39	129,29	10,46%
5323	139,5	131,57	5,68%

Fonte: Pesquisa Direta (2012)

Observa-se a partir das tabelas 1 e 2 que houveram reduções significativas do consumo de óleo diesel no mês de setembro para as duas frotas analisadas. Diante dos resultados obtidos nas tabelas, verifica-se a contribuição da metodologia para a redução do consumo de diesel, finalidade objetivo geral do estudo.

Embora os resultados até então alcançados não sejam os desejados, pode-se ver que a metodologia, ainda em processo de amadurecimento, conduz para o caminho correto até o alcance dos valores de consumo específicos almejados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na elaboração, desenvolvimento e aplicação deste trabalho, buscou-se uma metodologia sistemática para monitoramento e controle dos principais desvios que dizem

respeito ao consumo específico de diesel nas duas maiores frotas de caminhões fora de estrada, tanto em número de equipamento quanto em volume de diesel consumido.

A partir de pesquisa bibliográfica e de campo (tanto quantitativa como qualitativa), além da análise de dados coletados, um conjunto de ações foi implementado na rotina de acompanhamento de desempenho das frotas.

A aplicação do método Top 10 auxilia na previsibilidade do processo, facilitando a prevenção de perdas, e proporcionando continuidade ao processo. A atuação imediata nos desvios identificados por meio da metodologia proposta é de grande importância para a redução das perdas.

O acompanhamento da rotina realizado até agora, ainda que de forma recente, aponta para resultados bastante satisfatórios, com potencial redução do consumo de diesel da frota de transporte, e, conseqüentemente, dos custos desta operação unitária.

Visando a melhoria geral das Operações das Minas da empresa estudada, recomenda-se que a metodologia seja estendida às demais frotas da empresa, tanto em equipamentos de Transporte, como também Carregamento, Perfuração, Terraplanagem e operações auxiliares. Contudo, devido ao tamanho das frotas, talvez a metodologia Top 10 não seja adequada, fazendo-se mais adequados trabalhos Top 5, Top 3, entre outros.

Após a implementação e consolidação do sistema, faz-se necessária a criação de ferramentas para facilitar o acompanhamento dos equipamentos e tornar mais eficaz e rápida a tomada de decisões na tratativa de desvios.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade.* Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBOSA, LUCAS BICALHO. *Gestão da Manutenção: Diagnóstico do Planejamento da Manutenção para Laboratórios de uma Unidade de uma Instituição de Ensino Superior.* 2010. Universidade Federal de Ouro Preto.

CAMPOS JÚNIOR, CARLOS ROBERTO. *Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia 'TOP 10' Para Redução do Consumo Específico de Diesel em Caminhões Fora de Estrada.* 2012. (Especialização em Sistemas Mínero-Metalúrgicos). Universidade Federal de Ouro Preto.

FONSECA, A. G. *Proposta de Sistema de Detecção de Irregularidades Em Estradas Para Caminhões Fora de Estrada Via Acelerômetro.* 2009. Universidade Federal de Ouro Preto.

HARTMAN, H. L. *Introductory Mining Engineering.* 1987. The University of Alabama.

MARÇAL, R. F. *Gestão da Manutenção. Ponta Grossa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP). Notas de aula, 2004.*

MONMA, E. *Elaboração do Plano de Fogo Visando a Melhoria do Carregamento.* 2009. Universidade Federal de Ouro Preto.

PINTO, A; NASCIF, J. *Manutenção: função estratégica.* Rio de Janeiro: Qualitymark Ed.1999.

RAPUCCI, G. A. P. *Estudo de Otimização de Pilha Pulmão na Praça de Britador.* Universidade Federal do Pará. Marabá, 2008.

TAVARES, L. A. *Administração Moderna de Manutenção.* Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

VIANA, HEBERT RICARDO GARCIA. *PCM: planejamento e controle de manutenção.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.