



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



AFRÂNIO LUIZ MOREIRA DE OLIVEIRA

**ABORDAGEM PRÁTICA DE INDICADORES OPERACIONAIS DE
MINA**

**OURO PRETO - MG
2018**

AFRÂNIO LUIZ MOREIRA DE OLIVEIRA

afranio_lmo@live.com

**ABORDAGEM PRÁTICA DE INDICADORES OPERACIONAIS DE
MINA.**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Minas.

Professor orientador: MSc. Flávia Gomes Pinto

Coorientador: MSc. Walter Schmidt Felsch Júnior

OURO PRETO – MG

2018

O482a Oliveira, Afrânio Luiz Moreira de.
Abordagem prática de indicadores operacionais de mina [manuscrito] /
Afrânio Luiz Moreira de Oliveira. - 2018.

56f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientadora: Profª. MScª. Flávia Gomes Pinto.
Coorientador: Prof. MSc. Walter Schmidt Felsch Júnior.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Departamento de Engenharia de Minas.

1. Lavra à céu aberto. 2. Minérios de ferro. 3. Transporte. I. Pinto, Flávia
Gomes. II. Felsch Júnior, Walter Schmidt. III. Universidade Federal de Ouro
Preto. IV. Título.

CDU: 622.6

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 18 dias do mês de dezembro de 2018, às 10h00min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado “**ABORDAGEM PRÁTICA DE INDICADORES OPERACIONAIS DE MINA**”, pelo aluno **Afrânio Luiz Moreira de Oliveira**, sendo a comissão avaliadora formada por **Prof.ª M.Sc. Flávia Gomes Pinto. (orientadora), Prof. Dr. Hernani Mota de Lima, Eng.ª de Minas Rutiane Oliveira Toledo e M.Sc. Walter Schmidt Felsch Júnior.**

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela *aprovação* do candidato, com a nota *9,0*, concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

O aluno fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após a entrega dos exemplares definitivos (Cd e cópia impressa) da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pelo discente.

Ouro Preto, 18 de dezembro de 2018.

Prof.ª M. Sc. Flávia Gomes Pinto
Presidente da Comissão Avaliadora e Professora Orientadora

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima
Membro da Comissão Avaliadora

Eng.ª de Minas Rutiane Oliveira Toledo
Membro da Comissão Avaliadora

M. Sc. Walter Schmidt Felsch Júnior
Membro da Comissão Avaliadora

Afrânio Luiz Moreira de Oliveira

Prof. M.Sc. José Fernando Miranda
Professor responsável pela Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso

DEDICATÓRIA

A Deus dedico mais esta etapa vencida,
meus pais, pelo apoio.

A minha irmã e meu sobrinho, pelo
carinho.

À República Pureza, por me acolher.

AGRADECIMENTO

A Deus, por me guiar e iluminar, na execução e conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, irmã, sobrinho e demais familiares pelo constante suporte e apoio nos momentos de dificuldades. Sem vocês não estaria hoje aqui, obrigado!

A Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, ao Departamento de Engenharia de Minas – DEMIN, pelo ensino gratuito e de qualidade que possibilitaram a realização deste estudo

A minha orientadora Flávia Gomes Pinto, pelo incentivo e orientação neste trabalho.

Ao meu Coorientador, Walter Schmidt Felsch Júnior por oferecer minha primeira oportunidade profissional, pelos puxões de orelha, pelo incentivo e pelas experiências compartilhadas. Muito obrigado!

Aos professores do DEMIN por suas importantes contribuições para o aprimoramento do trabalho.

A Eterna e Grandiosa República Pureza, que me ensinou valores que irão me conduzir na estrada da vida, local onde vivi os melhores momentos de minha vida e com as melhores pessoas. “Desci do céu...”

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

Com o intuito de suprir a demanda do mercado competitivo e o forte desenvolvimento tecnológico, as empresas do ramo de extração mineral buscam alternativas para a implantação de sistemas operacionais visando otimizar sua produção, bem como reduzir seus custos. O presente trabalho de conclusão de curso tem como principal objetivo o estudo do impacto de KPI's na lavra de minério de ferro em uma mineradora do Quadrilátero Ferrífero, analisando o desempenho dos operadores dos equipamentos de transporte e carga. Foram adotados KPI's para os colaboradores dos equipamentos de mina e técnicos do despacho eletrônico, e assim, por meio de treinamentos, análises mensais e possíveis remanejamentos de equipes, houve melhora de desempenho. Os resultados obtidos pelas equipes ao término do estudo, foram então comparados, e observaram-se os ganhos operacionais através dos indicadores chave de desempenho e aumento de produtividade.

Palavras-chave: KPI's, Despacho eletrônico, Produtividade.

ABSTRACT

In order to meet competitive market demand and strong technological development, companies in the mineral extraction industry are looking for alternatives to the deployment of operating systems to optimize production and reduce costs. In this way, the main objective of this work is the study of the impact of KPI's on iron ore mining in Iron Quadrangle, analyzing the performance of the transport and load equipment operators. KPI's were adopted for employees of mine equipment and electronic dispatch technicians, and thus, through training, monthly analyzes and possible team relocations, there was an improvement in performance. The results obtained by the teams at the end of the study were then compared, and the operational gains were observed through the key performance indicators and productivity increase.

Key-Words: KPI's, Dispatch System, Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hardware de processamento de informações dos equipamentos de carga e transporte	7
Figura 2 - Imagem do computador de bordo localizado nos equipamentos de carga e transporte da mina.	8
Figura 3 - Funcionalidades do computador de bordo que permitem interações com os operadores.....	8
Figura 4 - Identificação do Situação problema, onde a meta não foi alcançada.	14
Figura 5 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Utilização da Otimização no Mês de Março de 2017.	15
Figura 6 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Filas no Mês de Março de 2017.	15
Figura 7 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Integridade de Dados no Mês de Março de 2017.....	16
Figura 8 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Ociosidade no Mês de Março de 2017	16
Figura 9 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio no Mês de Março de 2017.....	17
Figura 10 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de “Litragem” Média de Abastecimento no Mês de Março de 2017.	17
Figura 11 - Notas de Utilização da Otimização do Despacho.....	21
Figura 12 - Notas de Filas	21
Figura 13 - Notas de Ociosidade	22
Figura 14 - Notas de Km cheio / Km Vazio	22
Figura 15 - Notas de Integridade de Dados	23
Figura 16 - Notas de “Litragem” Média de Abastecimento	23
Figura 17 - Exemplificação de Resultados das Equipes.....	24
Figura 18 - Exemplificação das Notas das Equipes	24

Figura 19 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Utilização.	25
Figura 20 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Filas....	26
Figura 21 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Integridade de Dados.	26
Figura 22 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Ociosidade.	27
Figura 23 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio.	27
Figura 24 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de “Litragem” Média de Abastecimento.	28
Figura 25 - Avaliação Anual do Sistema de Despacho Eletrônico.....	29
Figura 26 - Resultados obtidos no Ano de 2017 do Índice Utilização.....	30
Figura 27 - Resultados obtidos no Ano de 2017 do Índice Filas.....	30
Figura 28 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador Integridade de Dados.	31
Figura 29 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador Ociosidade.	31
Figura 30 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador Quilômetro Cheio/ Quilômetro Vazio.....	32
Figura 31 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador "Litragem".	32
Figura 32 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Utilização por equipes.....	33
Figura 33 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Filas por equipes.	34
Figura 34 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Integridade de Dados por equipes.	35
Figura 35 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Ociosidade por equipes.	35
Figura 36 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio por equipes.....	36
Figura 37 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice “Litragem” Média de Abastecimento por equipes.....	37

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação de Cálculo de UO.....	18
Equação 2 - Equação para Filas.....	19
Equação 3 - Equação de Ociosidade.....	19
Equação 4 - Cálculo de KM ch/vz.....	19
Equação 5 - Equação de ID.	19
Equação 6 - Equação de LMA.....	20

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Principais finalidades das ferramentas de qualidade.....	11
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos.....	1
1.1.1	Objetivo Geral	1
1.1.2	Objetivo Específico	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Estrutura do Trabalho	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Despacho Eletrônico.....	4
2.1.1	Alocação Dinâmica.....	6
2.1.2	Alocação Estática	6
2.1.3	Sistema de GPS	6
2.1.4	Rede de Telecomunicações	7
2.1.5	Computador de Bordo	7
2.1.6	Banco de Dados	9
2.2	Indicadores - Chave de Desempenho	9
2.2.1	Determinação de KPI's.....	10
2.3	Ferramentas de Qualidade	10
2.4	Avaliação de Desempenho	12
3	METODOLOGIA.....	14
3.1	Identificação do Problema	14
3.2	Implantação de KPI's	18
3.2.1	Utilização da Otimização (UO).....	18
3.2.2	Filas	18
3.2.3	Ociosidade	19
3.2.4	Quilômetro cheio / Quilômetro Vazio (KM ch/vz)	19
3.2.5	Integridade de Dados (ID).....	19
3.2.6	“Litragem” Média de Abastecimento (LMA)	20
3.3	Avaliação de Desempenho	20
3.3.1	Avaliação do indicador Utilização da Otimização do Sistema de Despacho	21
3.3.2	Avaliação do indicador Filas	21
3.3.3	Avaliação do indicador Ociosidade.....	22
3.3.4	Avaliação do indicador Quilômetro cheio / Quilômetro Vazio (KM ch/vz).....	22

3.3.5	Avaliação do indicador Integridade de Dados.....	22
3.3.6	Avaliação do indicador “Litragem” Média de Abastecimento.....	23
3.3.7	Avaliação Por Equipes.....	23
3.4	Resultado por equipes dos KPI’s no mês de Março	25
4	RESULTADOS	29
4.1	RESULTADOS GERAIS.....	29
4.2	RESULTADOS POR EQUIPES	33
5	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	39

1 INTRODUÇÃO

O controle efetivo da produção e a confiabilidade dos dados gerados são fatores de grande importância em um mercado tão competitivo e com forte desenvolvimento tecnológico. Contribuindo para uma produção mais eficiente por permitir o monitoramento das informações geradas e possibilitar o seu controle de forma a garantir um gerenciamento mais eficaz dos ativos das empresas.

O presente trabalho será alinhado com o programa de gerenciamento de produção de uma empresa de minério de ferro do quadrilátero ferrífero, no intuito de melhorar a performance das operações de carregamento e transporte via implantação de uma metodologia de gerenciamento do desempenho operacional dos equipamentos de lavra. Para isso, foram avaliados indicadores operacionais pré-determinados pela equipe de Planejamento de Mina, com objetivo de identificar possíveis desvios e tratá-los de maneira apropriada. As análises foram implementadas em periodicidade mensal ao longo de um ano e teve como meta inicial reduzir a ocorrência de filas no carregamento dos caminhões e a ociosidade das escavadeiras, que afetam diretamente o indicador de “Produtividade”.

Segundo Rezende (2016), esta metodologia apresenta vantagens para o cotidiano de uma empresa mineradora. Elas permitem monitorar as variáveis que interferem em ganhos e perdas de produção, além de ser uma forma de potencializar a produtividade dos equipamentos e reduzir os custos operacionais das empresas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a aplicação de uma metodologia de análise de dados para acompanhamento dos índices operacionais: Filas no Carregamento e Ociosidade das Escavadeiras, objetivando o gerenciamento operacional de sistemas de carregamento numa empresa de mineração.

1.1.2 Objetivo Específico

- I. Melhoria de Indicadores Chave de Desempenho em uma mineradora do quadrilátero ferrífero;
- II. Determinar o conceito e a classificação de Indicadores Chave de Desempenho (KPI), bem como destacar a importância de sua elaboração e acompanhamento

e identificar suas possíveis deficiências e prováveis causas e ações para otimização;

- III. Apresentar a evolução dos KPI's em uma empresa de mineração no Quadrilátero Ferrífero.
- IV. Adotar os Indicadores Chave de Desempenho no estudo de caso afim de analisar o comportamento dos dados coletados em determinado período;

1.2 Justificativa

Atualmente o setor de mineração se encontra em um cenário desafiador: a demanda internacional passa por um período de instabilidade, custos elevados e margens apertadas. A busca por uma gestão efetiva que utilize fontes de vantagens competitivas, visando o aumento de produtividade por meio de um modelo operacional estável facilitado pela tecnologia, torna-se decisiva na hora de avaliar um projeto mineiro.

Nos dias atuais a otimização faz parte de qualquer atividade humana, segundo Alvarenga (2007) o homem sempre almeja encontrar a melhor forma para realizar algum trabalho e alcançar objetivos de forma econômica e, como consequência, o campo da otimização vem sendo cada vez mais estudado.

O Engenheiro de Minas deve conhecer os processos em que atua em qualquer organização, sabendo intervir quando necessário de forma eficiente e eficaz com foco nos resultados almejados. De acordo com Alvarenga (1997) as operações de carregamento e transporte são as mais críticas e complexas dentro dos processos de lavra, pois apresentam dentro dos processos de operação de lavra, aproximadamente 60% dos custos operacionais, sendo esses, segundo Quevedo (2009) com grande efeito no desempenho econômico de uma mina, uma vez que envolve um alto custo operacional.

Este trabalho propõe a utilização uma metodologia de elaboração e acompanhamento de KPI's para operações de carga e descarga, e como forma de medir o desempenho da equipe de despacho eletrônico em uma mina a céu aberto localizada no quadrilátero ferrífero.

A relevância deste estudo consiste em apresentar os benefícios da elaboração de Indicadores Chave de Desempenho (KPI's) e de seu devido monitoramento com o auxílio de um sistema de despacho eletrônico, como forma de obter e garantir um melhor controle da frota aumentando sua produtividade e reduzindo custos.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, já incluindo esta introdução, onde é apresentado um breve contexto dos rumos da mineração, salientando a importância de um sistema de despacho eletrônico. O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos assuntos que foram abordados no trabalho. No capítulo 3 é apresentada a forma com que foi realizado o desenvolvimento deste no trabalho. O Capítulo 4 apresenta os resultados que foram obtidos durante o decorrer do trabalho. O último capítulo, apresenta as conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A procura pelo aumento de competitividade, concomitantemente à adoção de novas tecnologias e conhecimentos, são fatores cada vez mais comuns em empresas e organizações de todas as áreas. Quando se trata de extração mineral, o aumento de produtividade associado com a diminuição de custos só é possível quando são implementados novos conhecimentos e técnicas aos métodos de trabalho. O sistema de despacho eletrônico automatizado faz-se necessário, uma vez que ele auxilia os operadores de equipamentos de carga e transporte de material da mina a obterem boa performance, assim, ressalta-se que o trabalho em conjunto entre ambas partes influencia diretamente na produtividade da mina. Este capítulo apresenta um referencial sobre a finalidade dos processos de alocação de equipamentos através do despacho eletrônico e a importância de a mina dispor deste sistema, que será responsável pelo gerenciamento e aperfeiçoamento das operações de mina através do roteamento de seus equipamentos.

2.1 Despacho Eletrônico

Responsável por gerenciar e otimizar a operação de mina realizando o roteamento dos veículos de transporte de minérios, o sistema de despacho eletrônico é um *software* de nome , que analisa suas restrições em tempo real, como a quantidade de material a ser retirado das frentes de lavra, e a quantidade de equipamentos necessários para operação de mina, bem como suas possíveis rotas. Para seu devido funcionamento é necessário a instalação de computadores de bordo nos equipamentos, que por meio de rede sem fio terão seus dados transmitidos para a central de controle que fornecerá em tempo real uma interface clara e intuitiva.

Vários métodos têm sido desenvolvidos para implementar o despacho eletrônico de equipamentos de transporte e, de acordo com Pinto (2008) existem três tipos básicos de sistema de despacho:

- I. Sistemas de despacho manual: utilizado desde o início dos anos 60, trata-se de uma prática padrão de alocação de caminhões, no qual o técnico de despacho, que fica localizado em um ponto estratégico da mina (onde possa ter uma visão abrangente da mina), toma decisões com base na situação por ele presenciada e também com base em sua experiência e envia as instruções por rádios transmissores aos equipamentos de carga e transporte;

- II. Sistemas de despacho semiautomáticos: neste sistema, o computador (que grava o status e localização dos equipamentos) é programado para auxiliar o técnico de despacho no processo de tomada de decisão referente a alocação dos caminhões. O computador não tem contato direto com o equipamento, sendo necessário o técnico de despacho para tomar decisões e comunicar todas as instruções;
- III. Sistemas de despacho automáticos: mais abordados na literatura atual, estes sistemas permitem ao computador tomar decisões referentes ao despacho dos caminhões e enviá-las para os mesmos, sem a intervenção de um técnico de despacho.

Em 1979 na mina de cobre chamada *Tyrone*, localizada próxima a cidade de *Silver City*, estado no Novo México, nos Estados Unidos foi registrada a primeira instalação de um sistema de despacho computadorizado (FELSCH, 2014).

O principal objetivo de um sistema de despacho é minimizar o número de caminhões necessários para transporte, maximizar o tempo produtivo da mina, aumentar a produção dos equipamentos de carga reduzindo a sua ociosidade e atender aos padrões de qualidade da usina (FELSCH, 2014).

É reconhecido que a operação de caminhões e equipamentos de carga é um dos itens mais importantes no custo da operação como um todo, assim, a utilização de sistemas de despacho podem reduzir o custo de capital e de operação em uma mina (RODRIGUES, 2006).

Para Tu e Hucka (1985) *apud* Felsch (2014), as prioridades de despacho mais utilizadas são:

- I. Maximização da produtividade de caminhões: prevê os locais de carregamento dos caminhões e os aloca para equipamentos de carga equivalentes, tendo a minimizar o tempo ocioso dos caminhões aumentando sua utilização;
- II. Maximização da produtividade de carregamento: prevê qual equipamento de carga seria o próximo a ficar ocioso ou ficaria ocioso por mais tempo e aloca o caminhão para ele, tendendo a igualar os tempos ociosos e utilização dos equipamentos de carga. Ainda de acordo com os mesmos autores citados, o potencial que o sistema de despacho;

Ainda de acordo com os mesmos autores citados, o potencial que o sistema de despacho possui para melhorar a utilização das frotas de carga e transporte é obtido evitando filas

excessivas de caminhões em determinados equipamentos de carga, enquanto outros podem estar ociosos, aguardando a chegada de caminhões.

De acordo com Arnold e White (1983) a justificativa para a implementação de um sistema de despacho de caminhões, é o benefício de um aumento de produção com a mesma frota de equipamentos disponível. Continuando o raciocínio dos autores, com a utilização deste sistema, será possível a redução da frota de caminhões acarretando uma diminuição de custos de capital, além de minimizar o número caminhões em operação o que levaria a uma redução dos custos operacionais.

Para que o sistema de despacho de caminhões seja completo é importante que o sistema de monitoramento dos equipamentos seja preciso e confiável, de modo que as operações da mina possam ser otimizadas em tempo real (SACHS; NADER, 2005).

2.1.1 Alocação Dinâmica

Segundo Costa (2005) a alocação dinâmica de caminhões tem como objetivo determinar qual o ritmo de lavra de cada frente levando em consideração sua capacidade de produção, que é dada pelos equipamentos de carga de cada frente e pelos caminhões na realização do transporte do material até o ponto de basculamento. Para que se evite a formação de filas, com a alocação dinâmica, um caminhão pode ser alocado a novos pontos de carga e basculamento de modo a aumentar a produtividade da frota, no qual pode refletir em um aumento na capacidade de produção da mina ou redução da quantidade de equipamentos necessários para sustentar o mesmo nível de produção.

2.1.2 Alocação Estática

De acordo com Costa (2005) a alocação estática de caminhões é comumente adotada devido à simplificação das operações e custo de implantação de um sistema de despacho computadorizado de caminhões, o que implica em um caminhão ficar restrito a uma única rota, deslocando-se entre dois pontos fixos apenas, cujo ritmo de lavra dependerá da capacidade de produção dos caminhões e do equipamento de carga alocado à frente.

2.1.3 Sistema de GPS

De acordo com Felsch (2014) o *Global Positioning System* (GPS) é um sistema baseado em satélites, que foi desenvolvido e controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da

América, permitindo a qualquer usuário saber sua localização, velocidade e tempo. Este tem funcionamento 24 horas por dia e independe das condições atmosféricas e tem funcionamento em qualquer ponto do globo terrestre.

A atualização da posição de cada equipamento de mina é realizada através de receptores GPS instalados em pontos estratégicos dos equipamentos e os sinais são corrigidos através uma estação terrestre com coordenadas conhecidas. Assim que o receptor de GPS atualiza a posição e tal informação chega ao computador dedicado instalado no caminhão, a informação é transmitida ao computador central (sala de controle).

2.1.4 Rede de Telecomunicações

A rede de telecomunicações utilizados na empresa é a *wireless* que, transmite os dados via passagem aérea sem a necessidade do uso de cabos, por meio de equipamentos de radiofrequência que fornecem taxas de transmissão de dados em banda larga. São compostas por hardwares de processamento (Figura 1), conversão de dados e antenas repetidoras móveis, cujos hardwares são responsáveis pela distribuição do sinal de rádio da mina.



Figura 1 - Hardware de processamento de informações dos equipamentos de carga e transporte

Fonte: Felsch, 2014

2.1.5 Computador de Bordo

Segundo Felsch (2014), O computador de bordo é um display gráfico colorido com tela “*touch screen*” de cinco polegadas, localizado na cabine dos equipamentos de carga e transporte.



Figura 2 - Imagem do computador de bordo localizado nos equipamentos de carga e transporte da mina.

Fonte: Felsch, 2014

Os operadores dos equipamentos de transporte e carga da mina, interagem com o sistema de despacho eletrônico a partir do computador de bordo acoplado na cabine do equipamento. Este possui diversas funcionalidades como: ações, estados, opções e emergência, demonstrado na Figura 3.

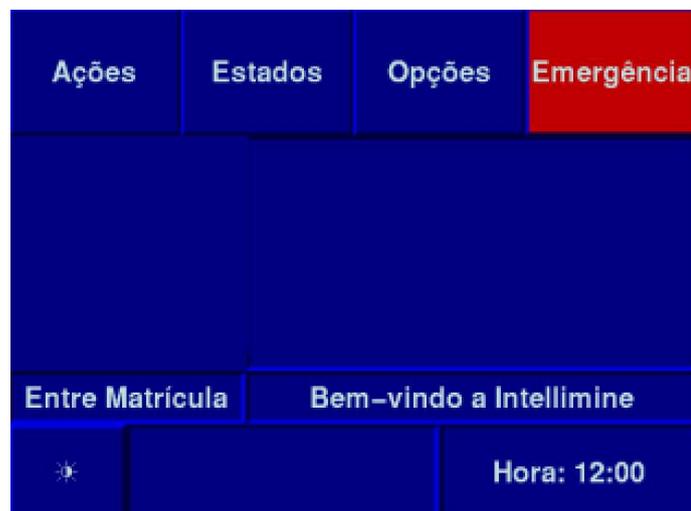


Figura 3 - Funcionalidades do computador de bordo que permitem interações com os operadores.

Fonte: Felsch, 2014

2.1.6 Banco de Dados

O banco de dados do sistema de gerenciamento de frotas possui vários registros de operação e, através de consultas pré-determinadas, desenvolvidas em linguagem SQL, são gerados relatórios customizados sobre os dados coletados durante as operações e tempo real.

Para obtenção das informações relacionadas a execução deste trabalho, foram extraídos dados diretamente do banco de dados dedicado, onde é possível obter registros operacionais e os dados relacionados ao desempenho dos operadores em qualquer data ou período.

2.2 Indicadores - Chave de Desempenho

Os conceitos de objetivo e indicador, embora distintos, encontram-se interligados em qualquer sistema de gestão Neves (2012). A definição de indicador, segundo Ferreira (1986), é “que indica”. Indicar é "tornar patente, demonstrar, revelar, denotar...". Fácil identificação e compreensão, medição do que influencia no processo e que o conjunto de indicadores seja relevante igualmente e não apenas um deles, estas são as características que um indicador deve possuir (ANABITARTE, 2001).

Enquanto os objetivos são metas, níveis que se estabelecem com desafios, os indicadores tratam de uma característica ou parâmetro e servem para monitorizar o desempenho (BRANCO, 2008). De acordo com Neves (2012) é esperado que os indicadores tenham objetivos, mas não se faz necessário. Ainda de acordo com a autora, um sistema de indicadores deve reunir somente indicadores rentáveis para que o custo associado aos dados recolhidos seja justificável em função da utilização dos resultados obtidos, sendo assim em uma organização dificilmente existirá um indicador sem objetivo.

Para poder controlar a organização é necessário que os indicadores estejam a serviço de seus objetivos, medindo o seu desempenho Cruz (2009). E para tal, os indicadores de desempenho devem ser apresentados através de dados absolutos, dados relativos, tabelas e gráficos e têm a função de apoiar, orientar, propor, ordenar, diagnosticar, corrigir, melhorar, etc., o item em questão, de forma a alcançar os objetivos estabelecidos pelas empresas (PINTO *et al.*, 2002).

Segundo Rezende (2016), são quatro os tipos de indicadores de desempenho:

- I. Indicador chave de resultado (key result *indicator* - KRI), diz como fazer para uma perspectiva de sucesso;

- II. Indicador de resultado (*result indicator* - RI), diz o que tem sido feito;
- III. Indicador de performance (*performance indicator* - PI), diz o que fazer;
- IV. Indicador chave de performance (*key performance indicator* - KPI), diz o que fazer para aumentar o desempenho significativamente.

2.2.1 Determinação de KPI's

De acordo com Costa (2016) a eficiência dos processos produtivos da mina está ligada ao KPI's, e estes permitem identificar problemas e medir o que se passa nestes processos, possibilitando tomar ações para prevenção de falhas.

A tarefa básica de um indicador é expressar uma determinada situação em avaliação da forma mais simples possível. O resultado de um indicador é uma fotografia de dado momento, e demonstra sob uma base de medida, aquilo que está sendo feito, ou o que se projeta para ser feito (FERNANDES, 2004).

Em uma situação mais complexa, o uso de indicadores auxilia no estabelecimento da quantificação de um processo e estabelece padrões para analisar o desempenho. Os indicadores que representam determinado processo sinalizam como ele se encontra e mostram para a gerência como as tarefas estão sendo desenvolvidas. Os indicadores oferecem à gerência números que indicam o estado ou o estágio das várias etapas de um dado processo. Assim, os indicadores são medidores de uma atividade (FERNANDES, 2004).

Neste estudo de caso foram definidos os seguintes KPI'S:

- I. Utilização da Otimização do Sistema de Despacho,
- II. Filas,
- III. Ociosidade,
- IV. Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio,
- V. Integridade de Dados, e
- VI. “Litragem” Média de Abastecimento.

2.3 Ferramentas de Qualidade

De acordo com Carpinetti (2012) o processo de melhoria contínua de produtos e processos envolve basicamente as seguintes etapas:

- I. Identificação dos problemas prioritários;
- II. Observação e coleta de dados;

- III. Análise e busca de causas-raízes;
- IV. Planejamento e implementação das ações;
- V. Verificação dos resultados.

Para alcançar um objetivo é necessário definir o método e a aplicação de ferramentas específicas para o cumprimento das metas nas organizações.

Segundo Fornari (2010) as ferramentas da qualidade são técnicas para aplicação no controle de qualidade visando controlar a variabilidade do processo em estudo em relação ao produto ou serviço, e levantar as causas possíveis dos problemas encontrados e para sugerir soluções.

As ferramentas de qualidade têm por objetivo principal auxiliar o processo de melhoria contínua, ou seja, identificação de um problema, identificação das causas fundamentais desse problema, análise da situação visando a eliminação ou minimização dessa causa fundamenta, implementação e verificação dos resultados. Essas ferramentas podem ser genericamente classificadas quanto à utilização Carpinetti (2012). Essas ferramentas podem ser genericamente classificadas quanto à utilização, conforme apresentado na tabela Tabela 1.

Tabela 1 - Principais finalidades das ferramentas de qualidade.

Finalidade	Ferramenta
Identificação e priorização de problemas	Amostragem e estratificação
	Folha de verificação
	Histograma, medidas de locação e variância
	Gráfico de pareto
	Gráfico de tendência, gráfico de controle
	Mapeamento de processo
	Matriz de priorização
	Estratificação
	Diagrama espinha de peixe
	Diagrama de afinidades
	Diagrama de relações
Elaboração e implementação de soluções	Relatório das três gerações (passado, presente, futuro)
	Diagrama árvore
	Diagrama de processo decisório
	5W1H
Verificação de resultados	5S
	Amostragem e estratificação
	Folha de verificação
	Histograma, medidas de locação e variância
	Gráfico de pareto
	Gráfico de tendência, gráfico de controle

As sete ferramentas de controle de qualidade são: Folha de verificação, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, Fluxograma, Histograma, Cartas de Controle e Diagrama de Dispersão.

Segundo Toledo *et al.* (2013) as sete ferramentas de qualidade utilizam dados do tipo numérico, coletados organizadamente de processos e produtos, sendo possível organizar, interpretar e propor soluções para a eficiência do processo ou produto.

Foram estruturadas com base em conceitos e práticas existentes, para levantamento de informações e futura análise para os sistemas de gestão, fazendo parte do grupo de métodos estatístico essenciais, onde todos os envolvidos na organização devem ter conhecimento e saber utilizar.

2.4 Avaliação de Desempenho

Com o desenvolvimento e pensando numa forma de racionalizar os processos produtivos, foi sancionada uma necessidade de medição e avaliação de desempenho do processo e de todos os envolvidos. A organização, para garantir uma competitividade no momento atual e futuro, passa pelo desafio de desenvolver e utilizar instrumentos de gestão para alcançar este objetivo.

De acordo com Chiavenato (2003) as pessoas são predominantemente influenciadas pelo reconhecimento e segurança, do que por incentivos de caráter pecuniário. Como as empresas são formadas por procedimentos e práticas informais, os padrões de comportamento e de comunicação e as relações de amizade influenciam o comportamento e o desempenho individual. Quanto maior a integração do grupo, maior é sua capacidade de produção.

Os funcionários buscam espaço e oportunidades na organização para demonstrar suas aptidões, capacidade profissional e reconhecimento. Ao satisfazer aspirações e necessidades das pessoas, a organização multiplica o potencial e a iniciativa das pessoas (CHIAVENATO, 2003).

Conforme Antonioli (2003) as empresas estão cada vez mais impulsionadas a desenvolverem diversas formas de avaliação e monitoração de seu desempenho, com o objetivo de oferecer eficientes alternativas de gestão nas empresas.

Segundo Oliveira e Júnior (2009) a ferramenta de avaliação de desempenho deve propiciar elementos que permitam comparar diversas bases de informação para reflexão do real diagnóstico da situação, de forma a identificar os pontos fortes e fracos da gestão, merecedores de grande atenção.

Diversos fatores organizacionais, além dos fatores relacionados diretamente ao ser humano, podem influenciar no desempenho operacional, como as pressões internas e as

jornadas de trabalho. Com isso, alguns fatores devem ser observados através da utilização de recursos computacionais e ferramentas de controle como forma de auxílio para o operador perceber quando suas ações não estão dentro de uma meta previamente estabelecida, possibilitando um melhor desenvolvimento individual dentro da organização.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho se deu a partir da utilização de informações reais de um complexo de mineração no Quadrilátero Ferrífero. Serão abordados os materiais e métodos utilizados para definição de KPI's, cujo objetivo é aumentar a produtividade da operação de carga e transporte de minério com o auxílio de um sistema de despacho eletrônico. Na sequência foi apresentada a metodologia de classificação e realizou-se análise dos dados.

3.1 Identificação do Problema

Baseado nos KPI's propostos neste trabalho, e, seguindo exigências da Gerência de Planejamento de Mina, para detectar problemas em produtividade, criou-se um método de avaliação de performance dos índices sugeridos, e, seguindo uma sistemática fundamentada por meio de notas observou-se que o mês de março 2017 não atendeu as expectativas das metas conforme a Figura 4.

Para o acompanhamento de desempenho dos operadores e técnicos de sala de controle, serão analisados alguns indicadores relacionados ao ciclo de carga, transporte e descarga. Pretende-se determinar quais fatores e suas interações tem impacto mais significativo na minimização da função objetivo, a luz dos erros experimentais.

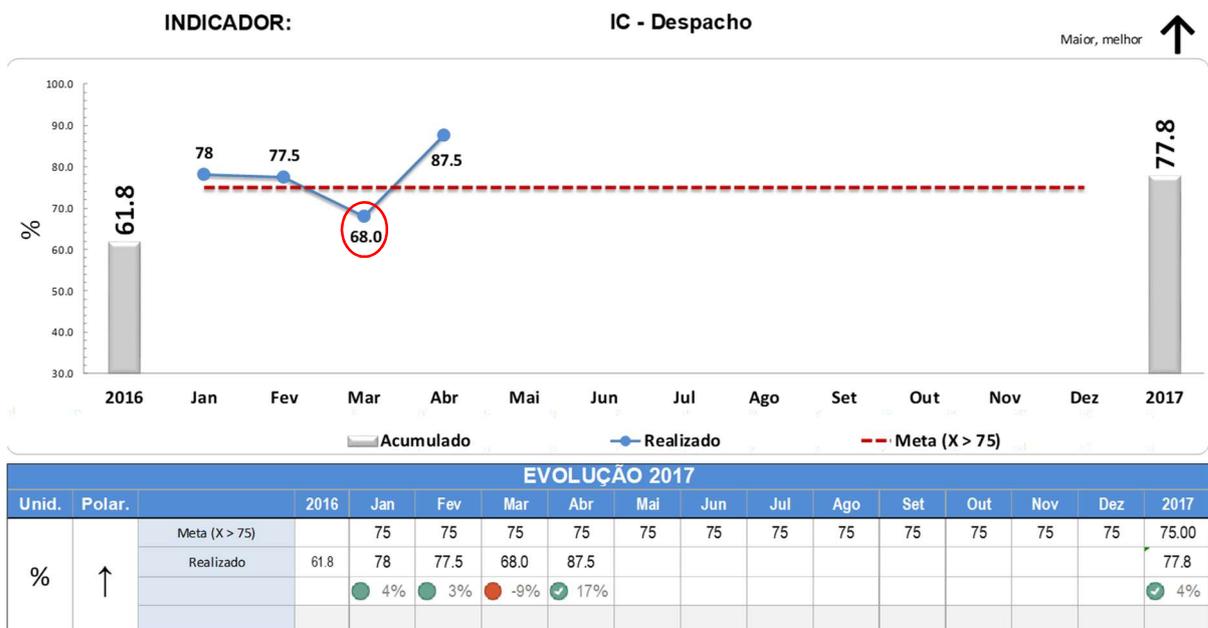


Figura 4 - Identificação do Situação problema, onde a meta não foi alcançada.

Analisando os demais KPI's propostos, identificou-se queda de desempenho no mês de março, quando comparados aos meses de janeiro e fevereiro.

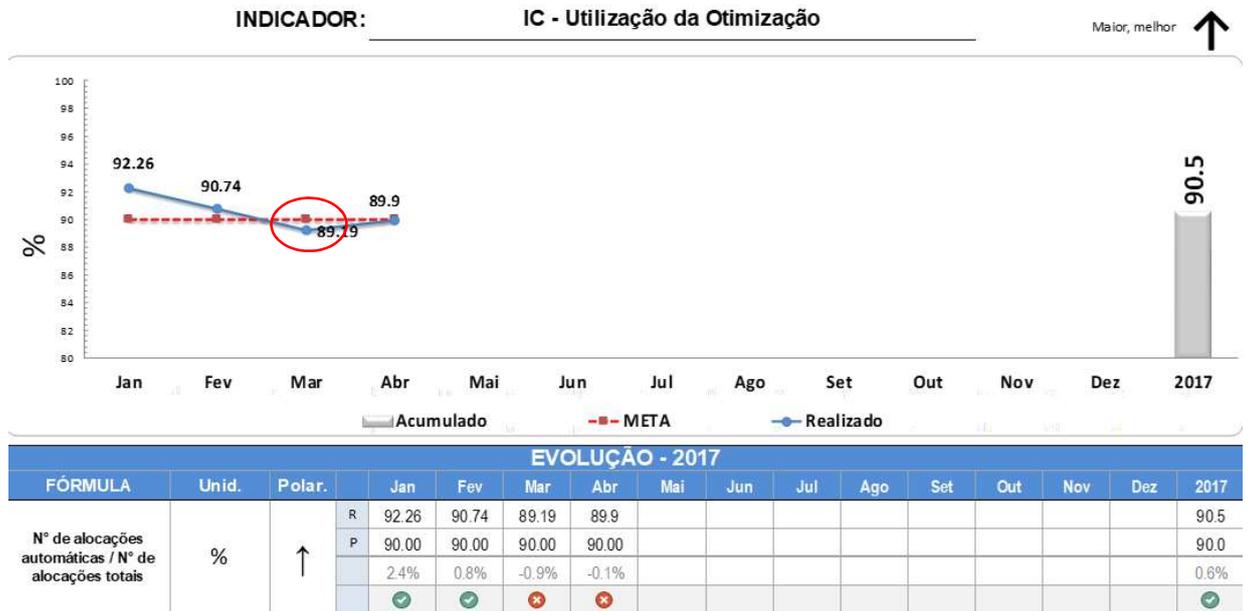


Figura 5 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Utilização da Otimização no Mês de Março de 2017.

A Figura 5 demonstra que o Indicador de Utilização da Otimização do sistema, apresentou queda de desempenho desde o mês de janeiro, contudo foi no mês de março em que ele não conseguiu acompanhar a meta estabelecida pela gerência.



Figura 6 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Filas no Mês de Março de 2017.

Para o Indicador Filas ficou evidenciado a partir da Figura 6 que no mês de março houve aumento significativo de filas dos equipamentos de transporte, acarretando em decréscimo de produção.

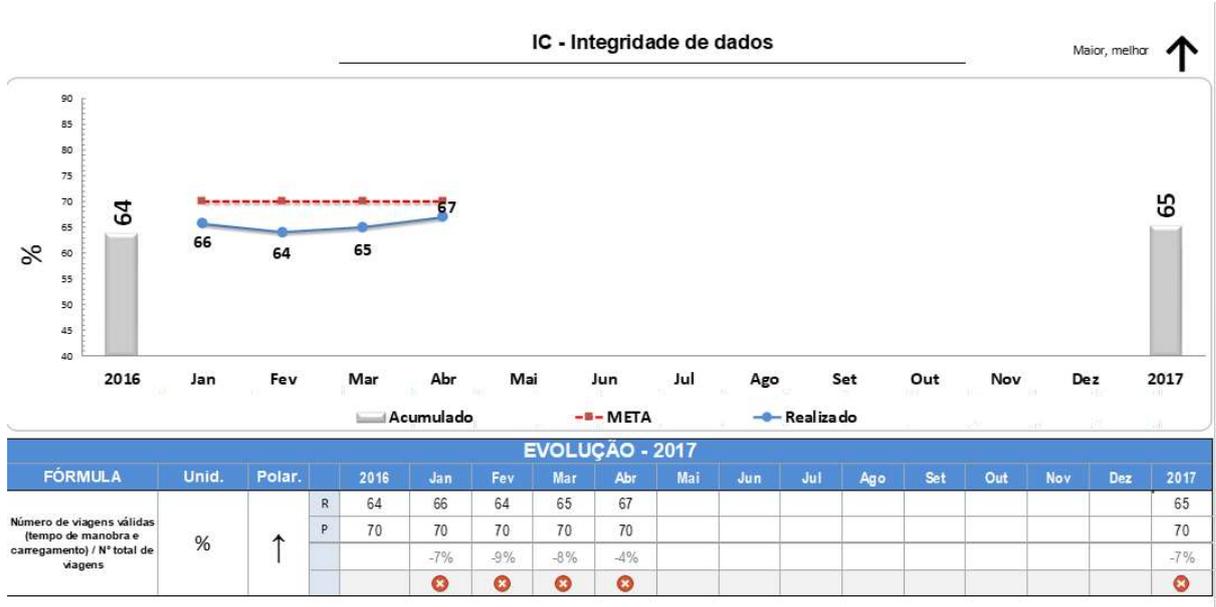


Figura 7 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Integridade de Dados no Mês de Março de 2017.

Apesar de os resultados, conforme Figura 7, praticamente não variarem entre os 3 primeiros meses de 2017, o Índice Integridade de Dados também apresentou desempenho aquém do esperado.



Figura 8 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Ociosidade no Mês de Março de 2017

O Índice de Ociosidade, que está relacionado com os equipamentos de carga, também apresentou um decréscimo de desempenho nos meses de fevereiro e março, demonstrado na Figura 8. Sendo assim, a produtividade dos equipamentos estavam ficando comprometidas, fato que justifica o acompanhamento de suas atividades.



Figura 9 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio no Mês de Março de 2017.

Os resultados do Índice de Quilômetro Cheio/ Quilômetro Vazio, se mantiveram constantes em Janeiro e Fevereiro (Figura 9), contudo houve uma queda de desempenho no mês de Março, acarretando em uma possível queda de produtividade.

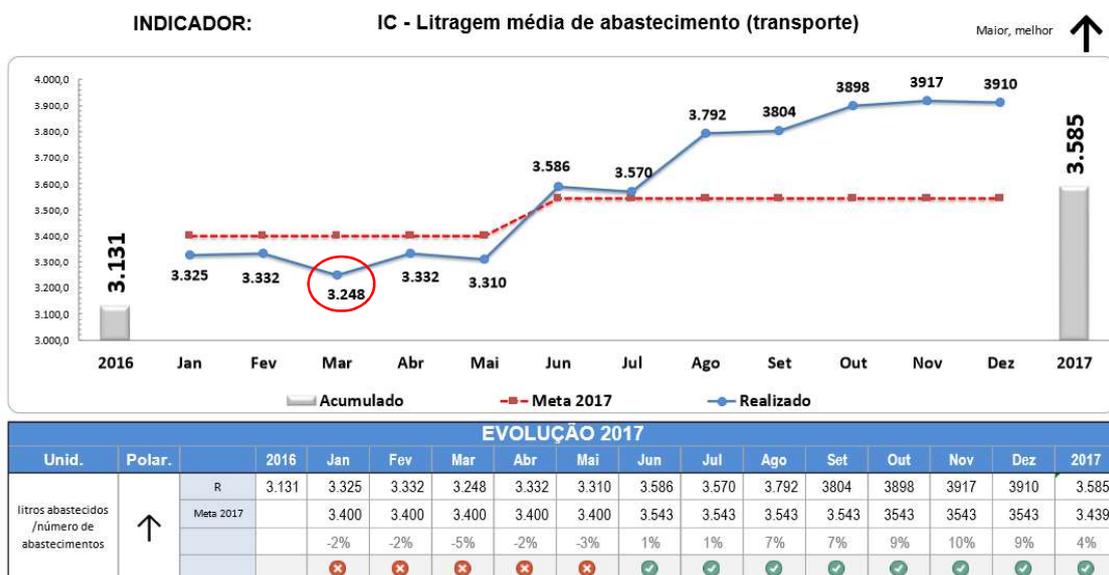


Figura 10 - Apresentação dos Resultados Não Satisfatórios de “Litragem” Média de Abastecimento no Mês de Março de 2017.

Quando se analisa o Indicador de “Litragem” de Abastecimento, percebe-se que o mês de Março apresentou o pior desempenho, quando comparado aos demais, fato demonstrado na Figura 10.

3.2 Implantação de KPI's

Com o objetivo de otimizar a operação de lavra e maximizar a produtividade geral da mina a empresa dispõe de um sistema de despacho eletrônico. Este tipo de sistema monitora todos os equipamentos de carga e transporte, sendo sua principal função o gerenciamento da mina.

O sistema recebe dados em tempo real, através de informações via rede *wireless*, utilização de GPS e utilização do computador de bordo embarcado em cada equipamento.

3.2.1 Utilização da Otimização (UO)

A UO é um indicador onde é relacionado o número de alocações feitas de maneira automática pelo sistema de despacho eletrônico e o número de alocações totais registradas no sistema, conforme demonstrado na Equação 1.

$$UO = \frac{\text{Número de alocações automáticas}}{\text{Número de alocações totais}} \times 100\%$$

Equação 1 - Equação de Cálculo de UO.

Deste modo define-se que quanto maior for a UO, o sistema de gerenciamento de frotas poderá trabalhar com menos restrições e otimizar a frota de maneira mais abrangente.

3.2.2 Filas

A fila excessiva de caminhões em áreas de carga e descarga resulta em produtividade reduzida e maior consumo de combustível. De modo contrário, cada minuto que uma escavadeira não carrega um caminhão resulta em perda de tempo e dinheiro.

Quando caminhões esperam na fila no carregamento ou basculamento, o índice de Produtividade horária (tonelada/hora) diminui e o consumo de combustível aumenta.

Sendo assim, Filas é um indicador onde é relacionado o tempo gasto por um caminhão em fila com o tempo total disponível para operação, conforme demonstrado Equação 2.

$$Filas = \frac{Horas\ em\ Filas}{Horas\ de\ Operação} \times 100\%$$

Equação 2 - Equação para Filas.

3.2.3 Ociosidade

Quando uma escavadeira não está operando por falta de disponibilidade de caminhões de transporte, ela fica ociosa, deste modo é possível calcular o tempo ocioso deste equipamento.

O indicador Ociosidade pode ser demonstrado conforme a Equação 3.

$$Ociosidade = \frac{Horas\ Ociosas}{Horas\ de\ Operação} \times 100\%$$

Equação 3 - Equação de Ociosidade.

3.2.4 Quilômetro cheio / Quilômetro Vazio (KM ch/vz)

O KM ch/vz é um indicador relacionado com a razão do somatório da distância (km) percorrida pelo equipamento de transporte carregado e o somatório da distância (km) do equipamento de transporte vazio, conforme demonstrado na Equação 4.

$$KM\ ch/vz = \frac{\sum Distância\ Percorrida\ Cheio}{\sum Distância\ Percorrida\ Vazio}$$

Equação 4 - Cálculo de KM ch/vz.

3.2.5 Integridade de Dados (ID)

A ID é um indicador que mede a veracidade de informações de tempo das ações operacionais relacionadas com a manobra dos caminhões e o seu carregamento. O indicador é estimado pela razão do número de ciclos operacionais com tempos validados e número de ciclos total, conforme Equação 5 abaixo:

$$ID = \frac{Número\ de\ Viagens\ Com\ Todos\ os\ Dados}{Número\ de\ Viagens} \times 100\%$$

Equação 5 - Equação de ID.

3.2.6 “Litragem” Média de Abastecimento (LMA)

A LMA é um indicador onde é relacionado a quantidade de combustível de abastecimento de um equipamento de transporte e o número de abastecimentos em um determinado período do mesmo, conforme demonstrado na Equação 6.

$$LMA = \frac{\text{Litros Abastecidos}}{\text{Número de Abastecimentos}}$$

Equação 6 - Equação de LMA.

Deste modo, define-se que quanto maior for LMA, melhor será para a empresa.

3.3 Avaliação de Desempenho

Os colaboradores da mina a céu aberto do quadrilátero ferrífero estão divididos em 5 equipes (A, B, C, D, E), e, estes trabalham em 4 turnos diários com duração de 6 horas. Assim, serão avaliados cada equipe de forma individual, buscando pontos de melhoria específicos. Posteriormente será avaliado a equipe como um todo, buscando possíveis melhoria sistêmicas.

Para avaliação de desempenho dos colaboradores do despacho eletrônico, bem como dos operadores de transporte e carga da mina, foi elaborado um sistema baseado em notas fundamentado no conceito *Balanced Scorecard* de acordo com cumprimento das metas.

De acordo com Kaplan e Norton (1997) o *Balanced Scorecard* é uma metodologia que possibilita aos executivos traduzir os objetivos estratégicos da empresa em um conjunto coerente de indicadores de desempenho inseridos em quatro perspectivas relacionadas a: finanças, conhecimento dos clientes, processos internos e aprendizado e crescimento.

A abordagem convencional de análise do desempenho organizacional utilizando-se somente informações que são relevantes para a gestão de rotina; são insuficientes para avaliar o tempo, qualidade e desempenho do nível de serviços; são sempre com foco no passado; e principalmente, são insuficientes para avaliar as atividades de agregação de valor em andamento na organização (KAPLAN; NORTON, 1997).

Cada indicador recebeu um peso, de acordo com a sua importância no processo e busca por melhores resultados.

3.3.1 Avaliação do indicador Utilização da Otimização do Sistema de Despacho

Este indicador recebeu o peso 2 pela sua relevância na alocação dinâmica dos caminhões. Ele impacta diretamente na redução de filas e ociosidade de equipamentos.

As notas do Índice de Utilização da Otimização do Sistema de Despacho são distribuídas de acordo com a Equação 1, e, da seguinte maneira, conforme ilustrado na Figura 11:

- I. Se os resultados forem iguais ou acima da meta, receberão a nota 2.
- II. Se os resultados ficarem abaixo da meta em até 3%, receberão a nota 1,4.
- III. Se os resultados ficarem abaixo da meta entre 3% e 7%, receberão a nota 0,8.
- IV. Se os resultados ficarem abaixo de 7% da meta, receberão a nota 0.

Utilização da otimização		
NA META	0%	2
ABAIXO ATÉ	3%	1,4
ABAIXO ATÉ	7%	0,8
	Abaixo de 7	0

Figura 11 - Notas de Utilização da Otimização do Despacho.

3.3.2 Avaliação do indicador Filas

As notas do Índice de Filas são distribuídas de acordo com Equação 2, e, da seguinte maneira, conforme ilustrado na Figura 12.

- I. Se os resultados forem iguais ou abaixo da meta, receberão a nota 1,75.
- II. Se os resultados ficarem acima da meta em até 3%, receberão a nota 1,4.
- III. Se os resultados ficarem acima da meta entre 3% e 6%, receberão a nota 0,8.
- IV. Se os resultados ficarem acima de 6% da meta, receberão a nota 0.

Fila		
NA META	0%	1,75
ACIMA ATÉ	-3%	1,4
ACIMA ATÉ	-6%	0,8
	Acima de 6% da meta	0

Figura 12 - Notas de Filas

3.3.3 Avaliação do indicador Ociosidade

As notas do Índice de Ociosidade são distribuídas de acordo com Equação 3, e, da seguinte maneira, conforme ilustrado na Figura 13.

- I. Se os resultados forem iguais ou abaixo da meta, receberão a nota 1,75.
- II. Se os resultados ficarem acima da meta em até 4%, receberão a nota 1,4.
- III. Se os resultados ficarem acima da meta entre 4% e 8%, receberão a nota 0,6.
- IV. Se os resultados ficarem acima de 8% da meta, receberão a nota 0.

Ociosidade		
NA META	0%	1,75
ACIMA ATÉ	-4%	1,4
ACIMA ATÉ	-8%	0,6
	Acima de 8% da meta	0

Figura 13 - Notas de Ociosidade

3.3.4 Avaliação do indicador Quilômetro cheio / Quilômetro Vazio (KM ch/vz)

As notas do Índice Quilômetro cheio / Quilômetro Vazio são distribuídas de acordo com Equação 4, e, da seguinte maneira, conforme ilustrado na Figura 15.

- I. Se os resultados forem iguais ou acima da meta, receberão a nota 1.
- II. Se os resultados ficarem abaixo da meta em até 3%, receberão a nota 0,6.
- III. Se os resultados ficarem abaixo da meta entre 3% e 7%, receberão a nota 0,3.
- IV. Se os resultados ficarem abaixo de 7% da meta, receberão a nota 0.

Km cheio / Km vazio		
NA META	0%	1
ABAIXO ATÉ	3%	0,6
ABAIXO ATÉ	7%	0,3
	abaixo de 7%	0

Figura 14 - Notas de Km cheio / Km Vazio

3.3.5 Avaliação do indicador Integridade de Dados

As notas do Índice Integridade de Dados são distribuídas de acordo com Equação 5, e, da seguinte maneira, conforme ilustrado na Figura 15.

- I. Se os resultados forem iguais ou acima da meta, receberão a nota 1,25.
- II. Se os resultados ficarem abaixo da meta em até 5%, receberão a nota 1.

- III. Se os resultados ficarem abaixo da meta entre 5% e 8%, receberão a nota 0,5.
- IV. Se os resultados ficarem abaixo de 8% da meta, receberão a nota 0.

Integridade		
NA META	0%	1,25
ABAIXO ATÉ	5%	1
ABAIXO ATÉ	8%	0,5
	abaixo de 8%	0

Figura 15 - Notas de Integridade de Dados

3.3.6 Avaliação do indicador “Litragem” Média de Abastecimento

As notas do Índice “Litragem” Média de Abastecimento são distribuídas de acordo com Equação 6, e, da seguinte maneira, conforme ilustrado na Figura 16.

- I. Se os resultados forem iguais ou acima da meta, receberão a nota 1,25.
- II. Se os resultados ficarem abaixo da meta em até 3%, receberão a nota 1.
- III. Se os resultados ficarem abaixo da meta entre 3% e 5%, receberão a nota 0,5.
- IV. Se os resultados ficarem abaixo de 5% da meta, receberão a nota 0.

Abastecimento		
NA META	0%	1,25
ABAIXO ATÉ	3%	1
ABAIXO ATÉ	5%	0,5
	Abaixo de 5% da meta	0

Figura 16 - Notas de “Litragem” Média de Abastecimento

3.3.7 Avaliação Por Equipes

Após a definição do modo como as notas serão distribuídas, é necessário conectá-las em um conceito geral por equipe. Deste modo, estas poderão, com o auxílio de supervisores, identificar possíveis pontos falhos em seu desempenho, bem como buscar a melhor maneira para correção.

Sendo assim, uma tabela foi elaborada para mostrar os resultados do período de Janeiro a Dezembro de 2017, conforme na Figura 17. A partir destes resultados, é possível mensurar o desempenho das equipes, de acordo com a metodologia apresentada no item anterior, vide Figura 18.

Índice de Desempenho	A	B	C	D	E
Utilização da otimização	91,70%	94,30%	93,80%	91,17%	94,61%
Filas	8,28%	8,71%	9,96%	8,74%	9,34%
Aderência aos Beacons	1,50%	1,40%	1,30%	1,40%	1,20%
Ociosidade	27,28%	23,49%	18,84%	26,65%	18,09%
Integridade de dados	62,8%	62,0%	70,2%	63,1%	72,2%
Km cheio / vazio	0,94	0,95	0,95	0,89	0,93
Abastecimento	3625	3327	3529	3316	3142

Figura 17 - Exemplificação de Resultados das Equipes

Índice de Desempenho	A	B	C	D	E
Utilização da otimização	2	2	2	2	2
Filas	1,75	1,75	0	1,75	0,8
Aderência aos Beacons	1	1	1	1	1
Ociosidade	0	0,6	1,75	0	1,75
Integridade de dados	0	0	1,25	0	1,25
Km cheio / vazio	0,6	0,6	0,6	0	0,3
Abastecimento	1,25	0	1,25	0	0
Notas	6,6	5,95	7,85	4,75	7,1

Figura 18 - Exemplificação das Notas das Equipes

3.4 Resultado por equipes dos KPI's no mês de Março

Descrevendo cada indicador individualmente, a baixa performance pode ser justificada pelo não cumprimento da meta por determinadas equipes:

Utilização da Otimização: Duas equipes não obtiveram resultados satisfatórios neste indicador, o que acabou prejudicando a meta global, estas equipes foram Equipe A e Equipe D (Figura 19).

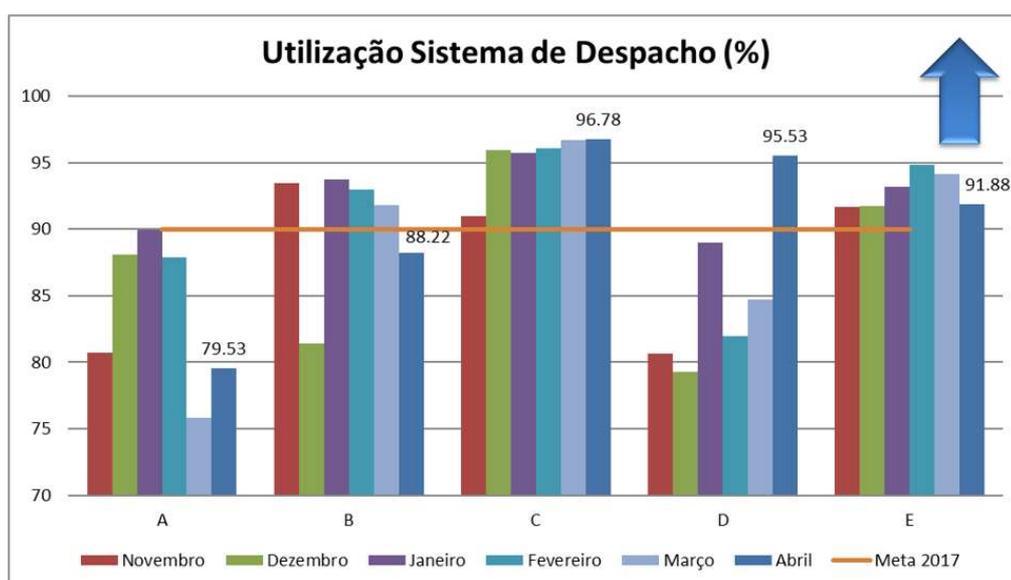


Figura 19 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Utilização.

Filas: Somente uma equipe conseguiu obter resultado satisfatório, o que não foi suficiente para que a meta global fosse alcançada, sendo esta a Equipe B (Figura 20).

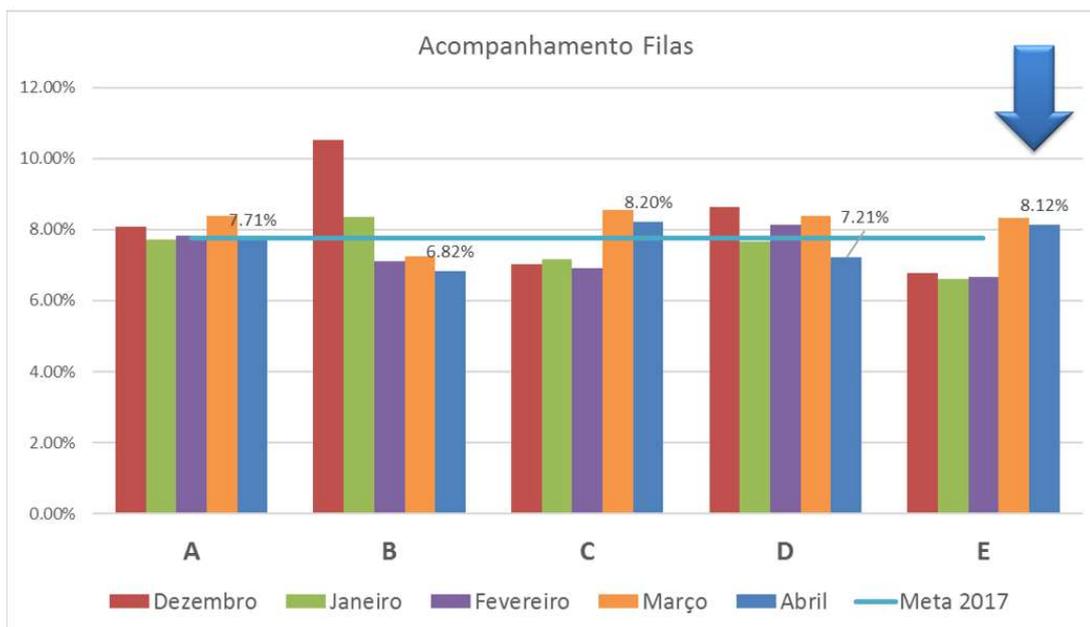


Figura 20 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Filas.

Integridade de Dados: Somente a Equipe E, conseguiu cumprir com o esperado superou a meta, e mesmo assim a meta global não foi satisfatória (Figura 21).

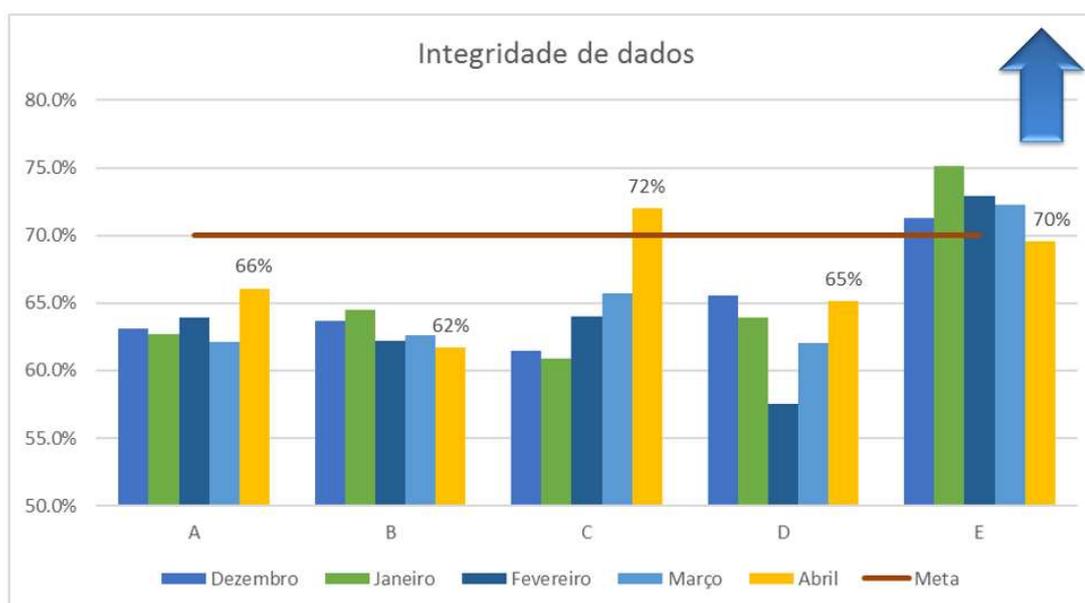


Figura 21 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Integridade de Dados.

Ociosidade: Neste mês somente as Equipes C e E, conseguiram superar a meta, contudo o resultado apresentado pelas demais, não foi suficiente para que a meta global fosse alcançada (Figura 22).

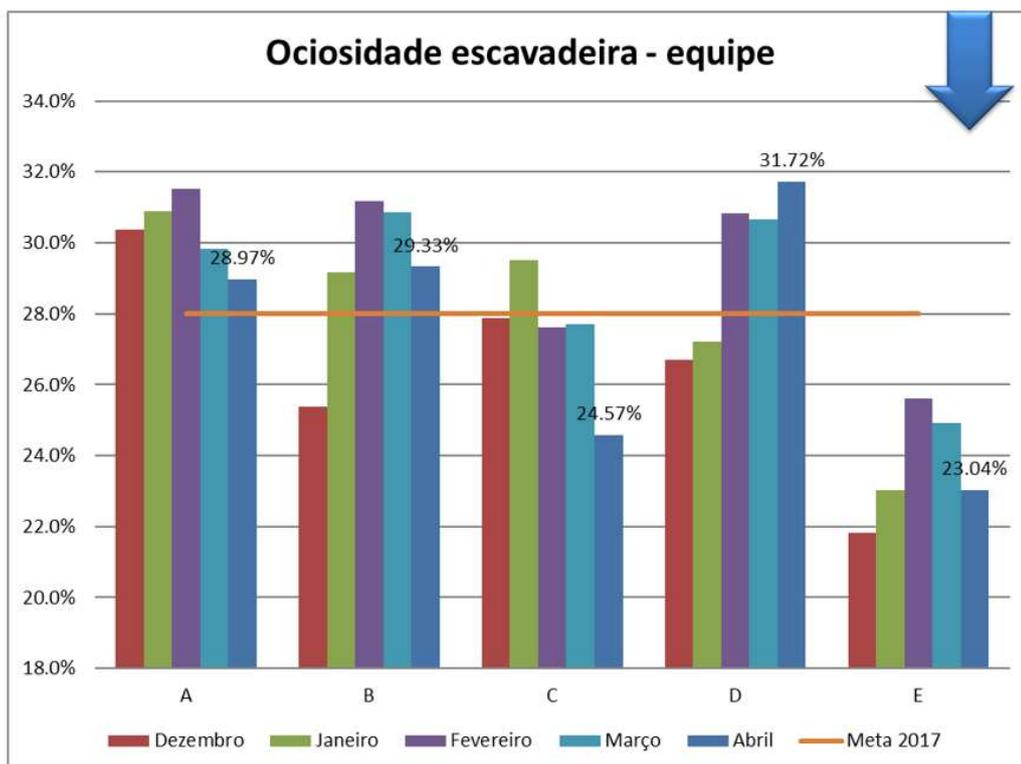


Figura 22 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Ociosidade.

Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio: Os resultados obtidos por todas as equipes não foram satisfatórios, tornando impraticável que a meta global estabelecida fosse alcançada (Figura 23).

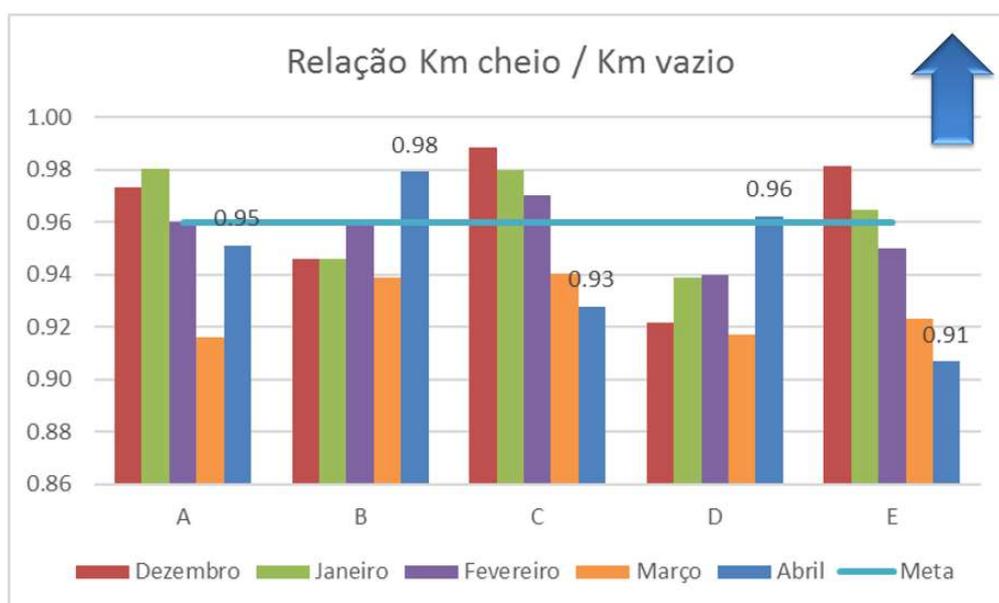


Figura 23 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio.

“Litragem” Média de Abastecimento: Os resultados obtidos pelas equipes não foram satisfatórios, o que contribuiu para não alcançar as metas (Figura 24).

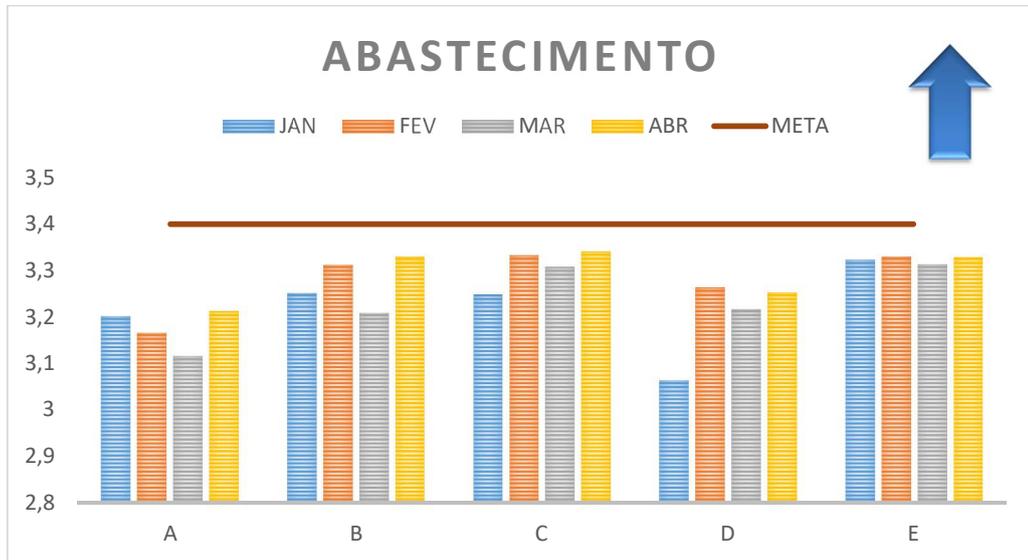


Figura 24 - Acompanhamento do Mês de Março de 2017 Por Equipes do Índices de “Litragem” Média de Abastecimento.

Analisando os dados e as operações, notou-se que poderia ter uma melhor performance, se, fossem feitas trocas pontuais entre os operadores das equipes, onde cada equipe contaria com uma mescla de operadores experientes e operadores iniciantes. Treinamentos com técnicas de operações atualizadas foram feitos a todos os despachantes, bem como acompanhamento semanal dos índices estabelecidos. Os resultados foram enviados aos supervisores de cada equipe, e este foi responsável em informar cada colaborador sobre sua performance semanal, com o intuito de localizar possíveis erros, e, prováveis soluções.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS GERAIS

Os resultados obtidos durante a execução deste trabalho, foram satisfatórios, pois observou-se uma melhoria contínua através da identificação dos Indicadores problemáticos, e uma correta abordagem para correção. O conceito geral do despacho eletrônico, conforme a Figura 25 demonstra, apresentou bons resultados ao decorrer do ano de 2017, tendo como destaque o período de novembro de 2017, onde chegou a nota de 98,0, evidenciando que os colaboradores aderiram a metodologia aplicada.



Figura 25 - Avaliação Anual do Sistema de Despacho Eletrônico.

Ao observar os resultados obtidos para o Índice Utilização da Otimização, é notório que este trabalho obteve êxito. Conforme a Figura 26, nos três primeiros meses de 2017 o desempenho estava aquém do esperado, contudo após a abordagem e o acompanhamento dos KPI's o mesmo se mostrou eficiente, uma vez que superou a meta em todos os meses subsequentes.

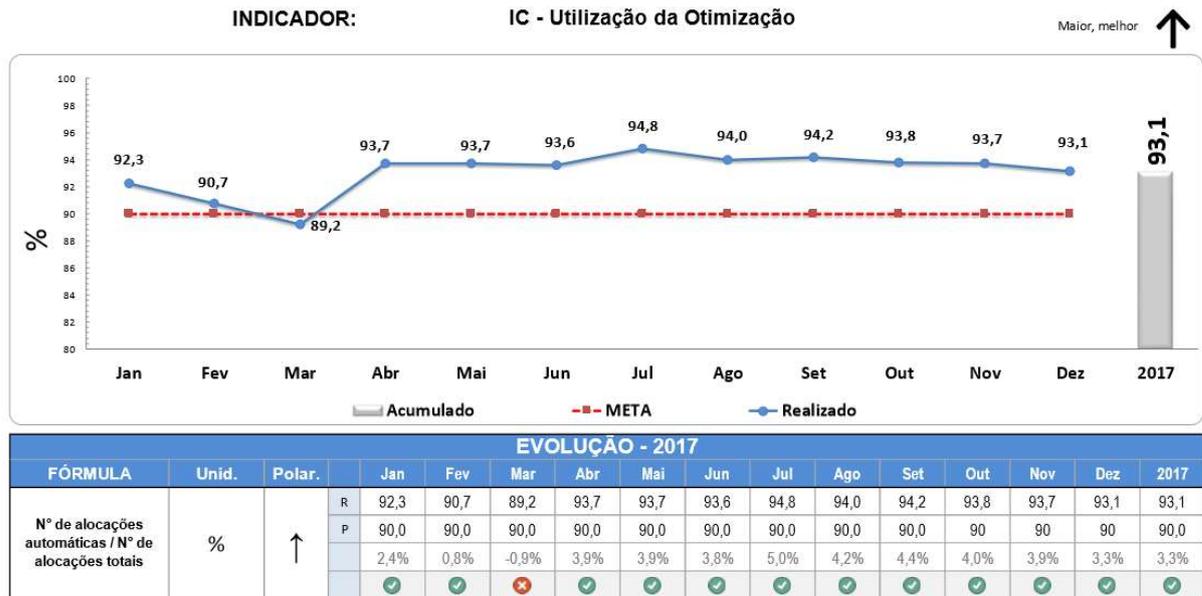


Figura 26 - Resultados obtidos no Ano de 2017 do Índice Utilização.

O Índice Filas apresentou resultados satisfatórios, conforme Figura 27, ao decorrer do ano de 2017, mesmo após o mês de Julho, onde por motivos estratégicos da empresa houve necessidade de alteração da meta. O único mês que não alcançou a meta estabelecida foi Junho, quando os resultados ultrapassaram em 1% os resultados esperados.



Figura 27 - Resultados obtidos no Ano de 2017 do Índice Filas.

Quando se analisa os resultados obtidos no Índice de Integridade de Dados, percebe-se que o resultados não foram satisfatórios, pois somente no mês de Outubro a meta foi alcançada, demonstrado na Figura 28.

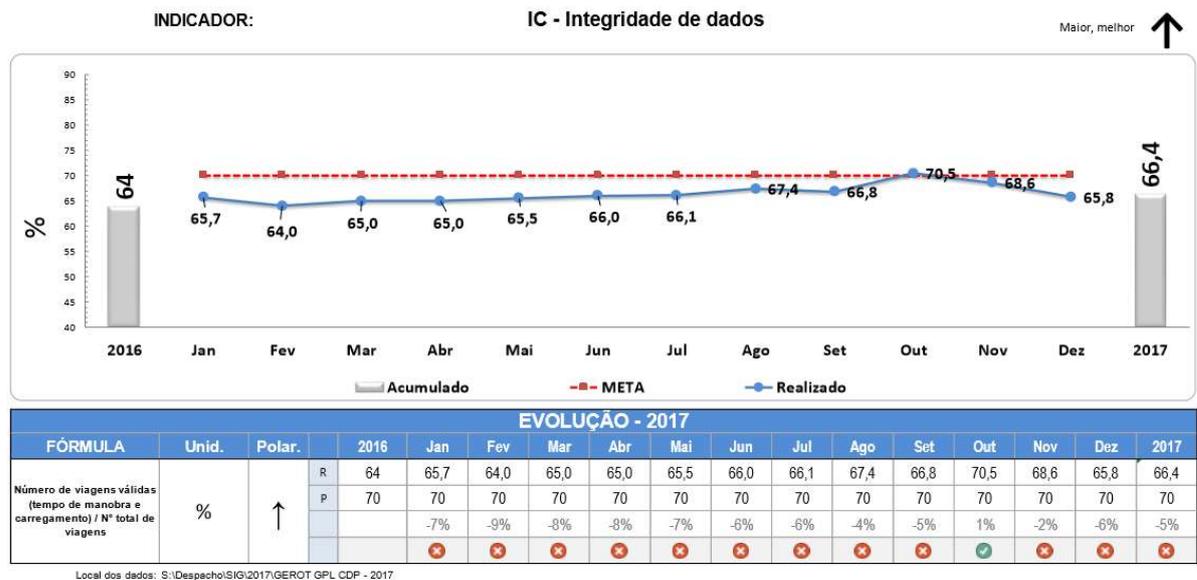


Figura 28 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador Integridade de Dados.

Apesar de três mudanças de metas, por motivos estratégicos da empresa, os resultados apresentados pelo Índice Ociosidade foram satisfatórios, com exceção do mês de Julho em que os resultados não alcançaram as metas (Figura 29).



Figura 29 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador Ociosidade.

O Índice Quilômetro Cheio/ Quilômetro Vazio, não apresentou evolução efetiva pois superou a meta em seis meses (Janeiro, Fevereiro, Abril, Maio, Junho e Novembro), e, não obteve êxito nos outros seis meses (Março, Julho, Agosto, Setembro, Outubro e Dezembro). Sendo assim, conforme a Figura 30, a melhoria não pode ser observada.

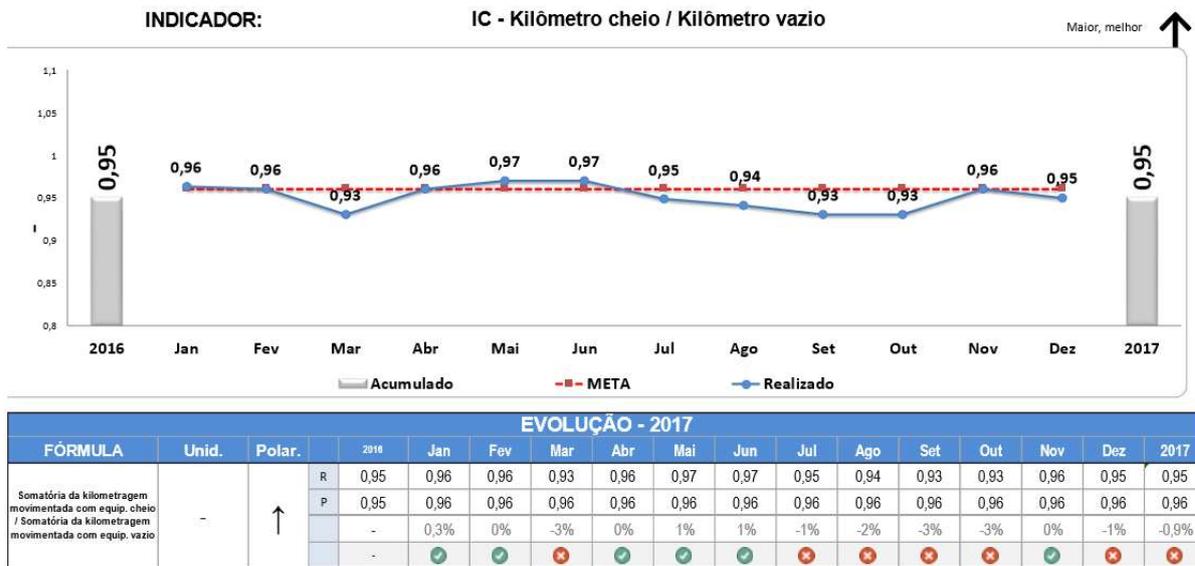


Figura 30 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador Quilômetro Cheio/ Quilômetro Vazio.

Apesar de apresentar resultados positivo somente a partir no mês de Junho, o Indicador “Litragem” obteve evolução contínua nos demais meses. Sendo assim, é evidenciado na Figura 31 que a metodologia apresentada neste trabalho foi de grande valia.

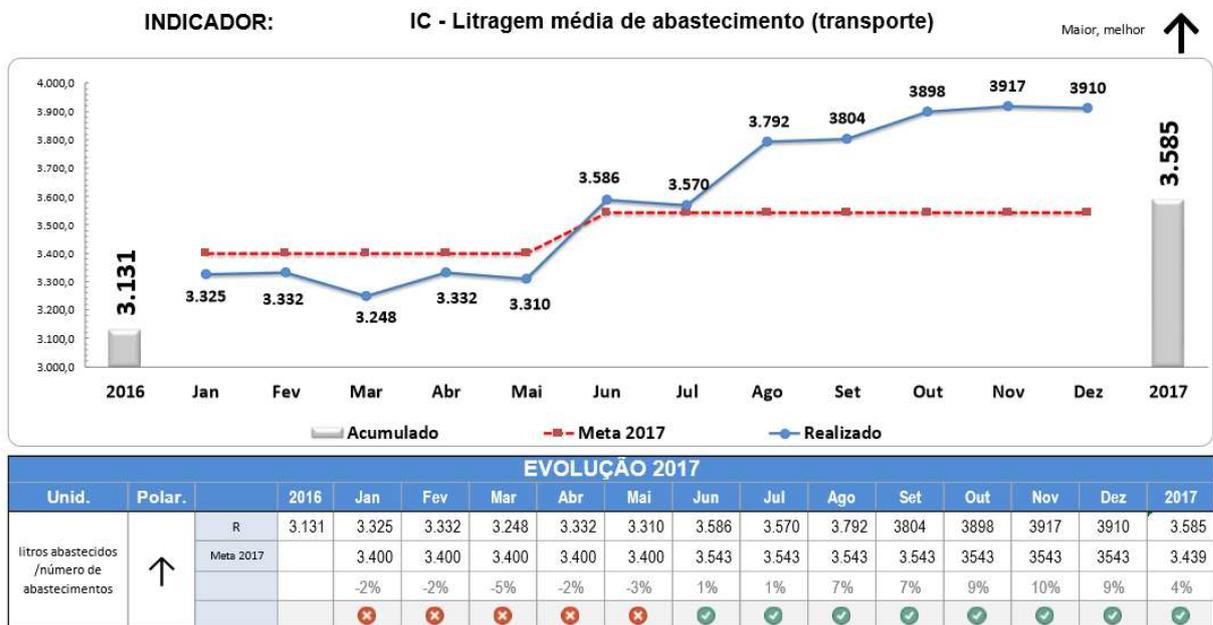


Figura 31 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Indicador "Litragem".

No geral, o procedimento de melhoria dos KPI's proposto, apresentou saldo positivo no período estudado, visto que os Índices Utilização, Filas, Ociosidade, Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio e “Litragem” Média de Abastecimento superaram a meta estabelecida. Contudo, o Índice Integridade de Dados ficou aquém da expectativa e não ultrapassou a meta.

4.2 RESULTADOS POR EQUIPES

Os resultados gerais apresentados no item RESULTADOS GERAIS4.1, têm relação direta com a evolução de desempenho de cada equipe individualmente, onde evidencia-se que os operadores de carga e descarga, bem como os técnicos de despacho tem influência direta na produtividade da mina.

A Figura 32 apresenta os resultados de cada equipe para o Indicador Utilização do Sistema de Despacho, onde é evidenciado a evolução de cada equipe no período de Março a Dezembro de 2017. Observa-se que todas as equipes superaram as metas estabelecidas.

Utilização da Otimização:

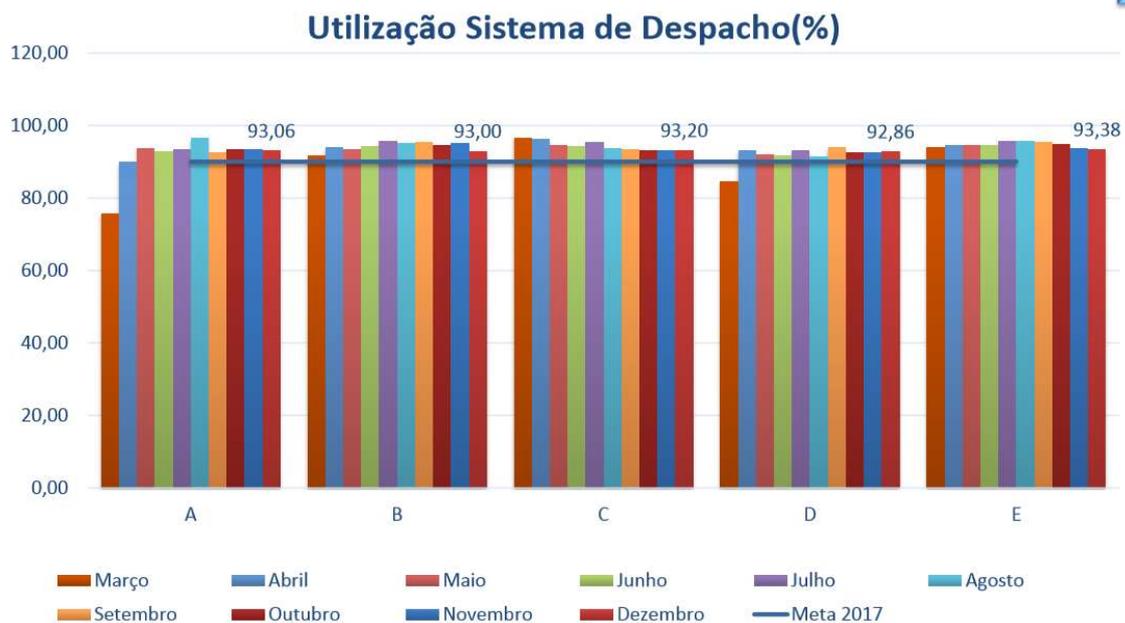


Figura 32 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Utilização por equipes.

Analisando o Indicador Filas no ano de 2017, nota-se na Figura 33 que as equipes apresentaram evolução considerável, pois:

- I. A Equipe A alcançou a meta em dez meses;
- II. A Equipe B alcançou a meta em dez meses;
- III. A Equipe C alcançou a meta em nove meses;
- IV. A Equipe D alcançou a meta em dez meses;
- V. A Equipe E alcançou a meta em onze meses;

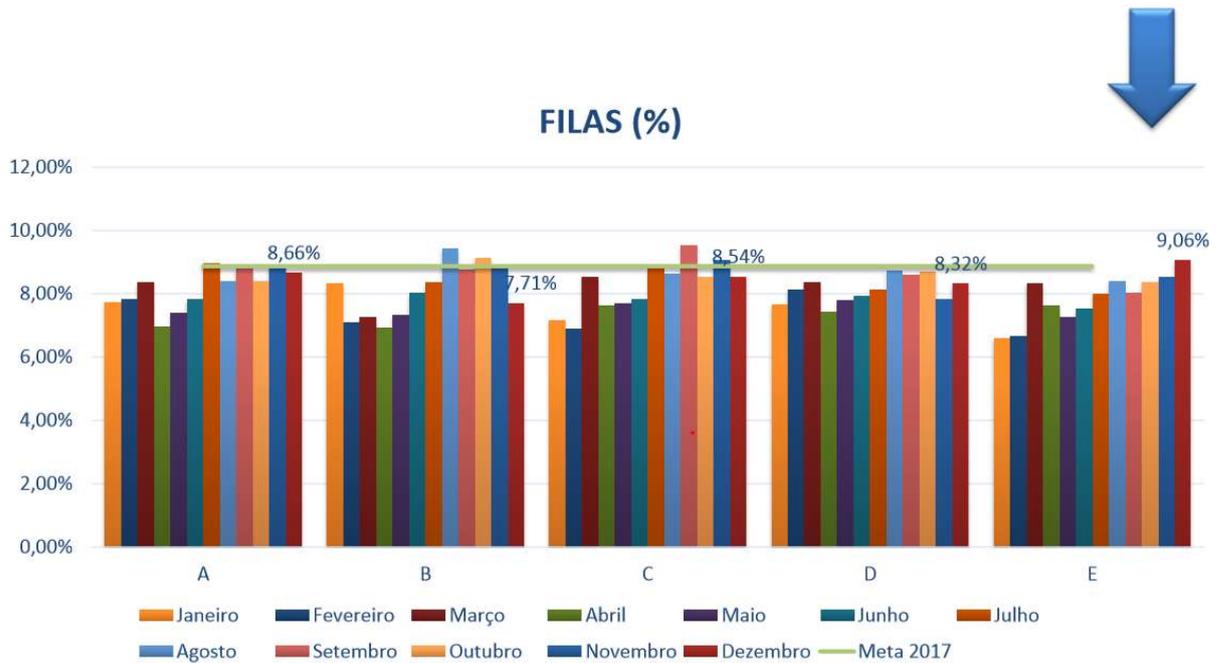


Figura 33 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Filas por equipes.

Analisando o Indicador Integridade de Dados no ano de 2017, nota-se na Figura 34 que as equipes não apresentaram valores satisfatórios, pois:

- I. A Equipe A não conseguiu em nenhum mês alcançar a meta;
- II. A Equipe B alcançou a meta em dois meses;
- III. A Equipe C alcançou a meta em quatro meses;
- IV. A Equipe D alcançou a meta em três meses;
- V. A Equipe E alcançou a meta em onze meses;

Integridade de dados:

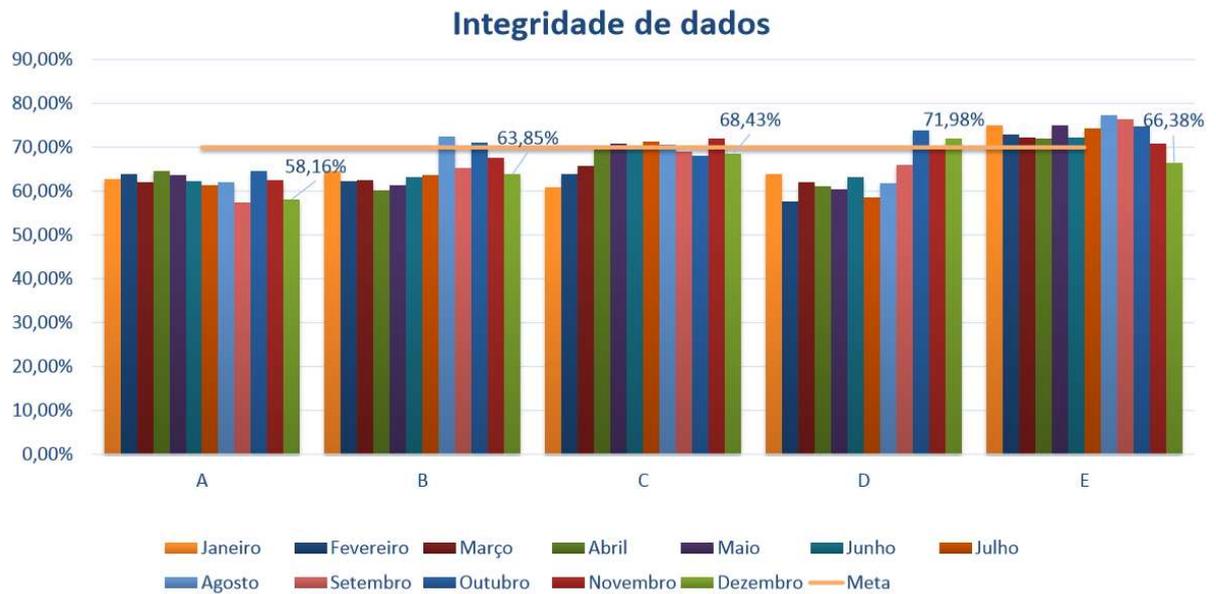


Figura 34 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Integridade de Dados por equipes.

Analisando o Indicador Ociosidade no ano de 2017 nota-se na Figura 35, que apesar de três mudanças de metas, as equipes apresentaram bons resultados, pois reduziram seus números de maneira constante.

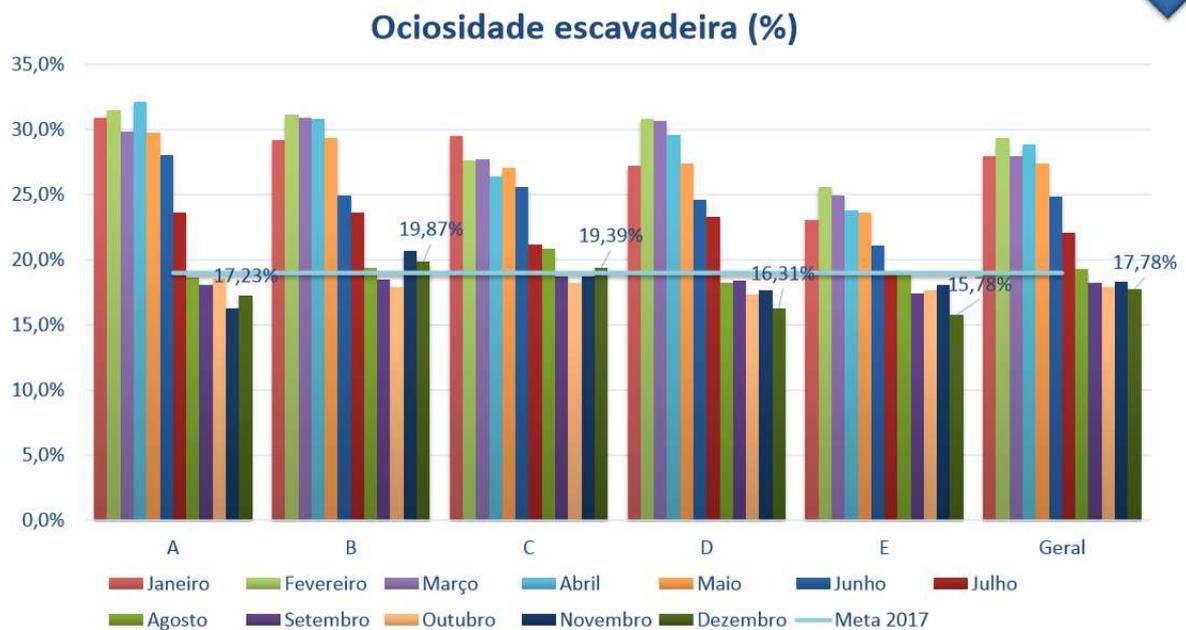


Figura 35 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Ociosidade por equipes.

Analisando o Indicador Quilômetro Cheio/Quilômetro Vazio no ano de 2017, nota-se na Figura 36 que as equipes apresentaram evolução razoável, pois:

- I. A Equipe A alcançou a meta em seis meses;
- II. A Equipe B alcançou a meta em quatro meses;
- III. A Equipe C alcançou a meta em oito meses;
- IV. A Equipe D alcançou a meta em cinco meses;
- V. A Equipe E alcançou a meta em quatro meses;

Relação Km cheio / Km vazio:

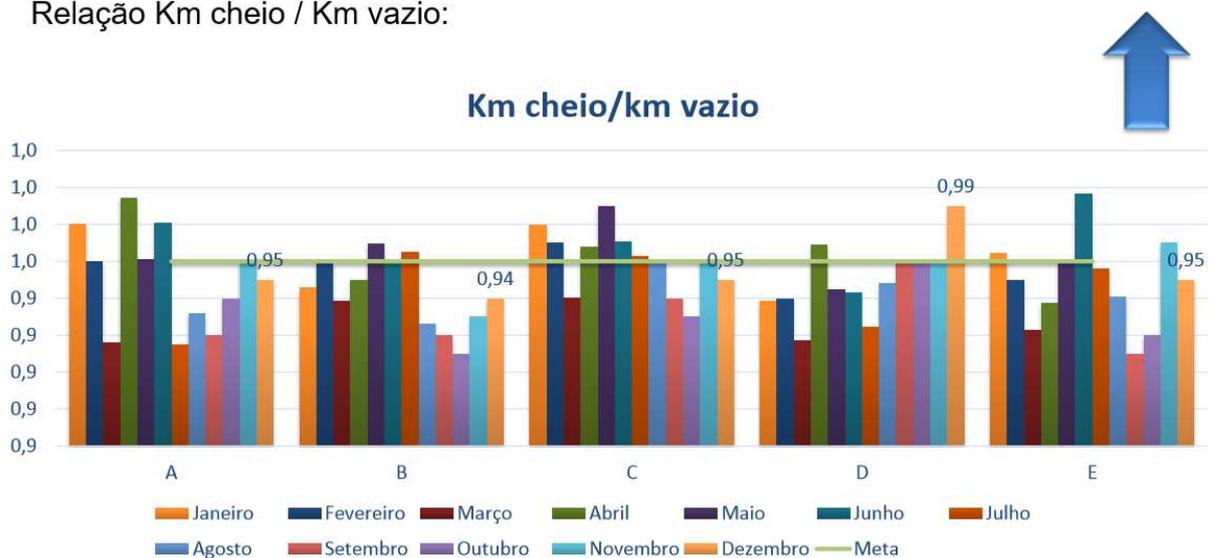


Figura 36 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio por equipes.

Analisando o Indicador “Litragem” no ano de 2017, nota-se na Figura 37 que as equipes apresentaram evolução considerável, pois a partir do mês de Junho todas as equipes obtiveram crescimento contante.

Abastecimento:

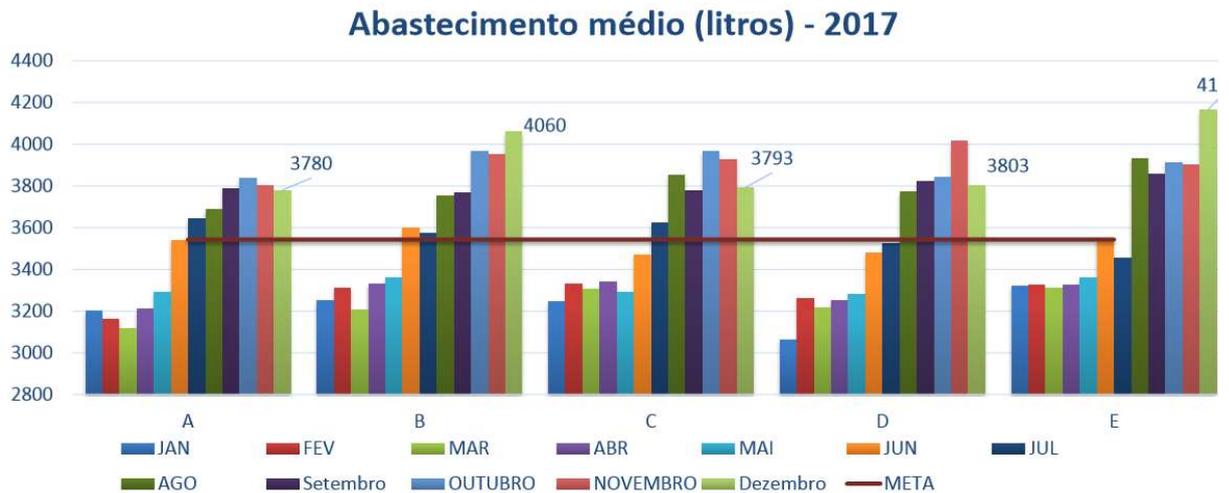


Figura 37 - Resultados Obtidos no ano de 2017 do Índice “Litragem” Média de Abastecimento por equipes.

O desempenho de cada equipe foi aceitável, uma vez que demonstraram crescimento quando comparada a performance final ao início deste trabalho, como comprovado pelos estudos individuais de Utilização, Filas, Ociosidade Quilômetro Cheio / Quilômetro Vazio “Litragem” Média de Abastecimento. O índice Integridade de Dados, não obteve o desempenho esperado.

Pode-se concluir que a aplicação dos métodos acima descritos, apresentaram uma visão de como a implementação de KPI's e seus devidos apuramentos e aferimentos, influenciam diretamente na produtividade da mina, e em sua receita.

5 CONCLUSÃO

Após o estudo da revisão bibliográfica e a verificação prática através deste presente trabalho sobre os KPI's de carregamento e transporte na mineração, foi verificada grande relevância na gestão de processos produtivos, qualificando e quantificando o desempenho das atividades destacadas e permitindo melhorias contínuas.

Monitorar, controlar e otimizar o processo produtivo são as melhores maneiras de reduzir o número de equipamentos necessários para a operação mineira, e portanto, diminuir os custos. Assim, este estudo apresenta uma alternativa para as empresas, e evidencia que ao priorizar as análises de indicadores em que o princípio é o uso eficiente dos ativos, ao invés de se concentrar esforços naqueles que simplesmente se atentam para mantê-los em operação.

Assim, durante o período de estudo, bons índices foram apresentados com exceção do Indicador Integridade de Dados. Deste modo, significa que a metodologia apresentada neste trabalho obteve bons resultados, e, que mesmo com dados incompletos no banco de dados é possível fazer uma lavra eficiente e rentável.

Pode-se concluir que a implementação de KPI's e seu devido acompanhamento apresentaram uma visão de como os fatores e suas interações influenciam na produtividade e na rentabilidade da empresa de mineração. Logo, com a avaliação adequada da metodologia apresentada, permite-se uma avaliação de qualquer processo produtivo a reduzir os insucessos bem como as incertezas, com poucos recursos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANABITARTE, A. S. **Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando**. 1. ed. Madrid: Diaz de Santos, 2001.

ALVARENGA, G. B. **Despacho ótimo de caminhões numa mineração de ferro utilizando algoritmo genético com processamento paralelo**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1997.

ANTONIOLLI, D. P. **Medidas de Desempenho em Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Ouro Preto, 2003.

ARNOLD, M. J. e WHITE, J. W. **Computer-based truck dispatching**. World Mining, April, p.53-57, 1983.

BRANCO, Rui. **O Movimento da Qualidade em Portugal**. Grupo Editorial Vida Económica, ISBN:978-972-788-261-8, 2008.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2012.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações** – 7. Ed. rev. E atual – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003 – 6ª reimpressão

COSTA, F. P. **Aplicações de Técnicas de Otimização a Problemas De Planejamento Operacional de Lavra em Minas a Céu Aberto**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

COSTA, S. M. **Estudo do Desempenho de Operadores no Tempo de Ciclo de Carga e Descarga Em Uma Mineradora: Uma Análise Via Experimento Fatorial**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de Produção, Congonhas 2016.

CRUZ, C. **Balanced Scorecard – Concentrar uma Organização no que é Essencial**, Grupo Editorial Vida Económica, 2009.

FELSCH JR., W. S. **Análise do Desempenho dos Operadores de Equipamentos de Mina e Simulação de Cenários Futuros de Lavra**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

FERNANDES, R. D. **Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial**. Rev. FAE, Curitiba, v.7, n.1, p.1-18, jan./jun. 2004.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986

FORNARI, C. C. M. **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA**. INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção: Vol.02, n.09, Setembro de 2010.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard**. 4.ed Rio de Janeiro: Campus, 1997.

MAYCOTTE, H. O. **Beacon Technology: The Where, What, Who, How and Why**. Forbes. set. 2015. Disponível em <<https://www.forbes.com/sites/homaycotte/2015/09/01/beacon-technology-the-what-who-how-why-and-where/#6f93e6341aaf>>. Acesso em: 26 set. 2018

MOODY, M. **Analysis of Promising Beacon Technology for Consumers**. The Elon Journal of Undergraduate Research in Communications, Vol. 6, No. 1, Elon University, Elon, 2015.

NEVES, A. **O Uso de Indicadores Chave de Desempenho Para Avaliar a Eficiência dos Sistemas de Gestão**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Gestão Integrada da Qualidade, Ambiente e Segurança do Instituto Superior de Educação e Ciências, Lisboa, 2012.

OLIVEIRA, L. F. C.; LEAL JÚNIOR, I. C. **Programa de Adoção de Empresas Terceirizadas na Cadeira de Suprimentos Fundamentado no Conceito de Ecoeficiência – O Caso do Transporte Rodoviário de Carga das CSN**. SEGeT – Simpósio de Excelência e Tecnologia. 2009

PINTO, A. K., FLORES, J. F., SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark/ABRAMAM, 2002.

PINTO, E. B. **Despacho de caminhões em mineração usando lógica nebulosa, visando ao atendimento simultâneo de políticas excludentes** – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG- Belo Horizonte, 2008.

QUEVEDO, J. M. G. **Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

REZENDE, M. C. M. **Indicadores de Desempenho de Carregamento e Transporte: Um Estudo de Caso**. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Ouro Preto, 2016.

RODRIGUES, L. F. **Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SACHS, P.F.T.& DAMASCENO, E.C. **ERP Systems in the Brazilian Mining Industry: a Case Study**. CIM (Canadian Institute of Mining) Conference Proceedings, Edmonton, 2004.

TOLEDO, F. M.; CARRAVILLA, M. A.; RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, J. F; GOMES, A. M. **The dotted-board model: A new MIP model for nesting irregular shapes**. International Journal of Production Economics, 145(2), p.478 – 487, 2013.

TU, J. H., HUCKA, V. J. **Analysis of open pit truck haulage system by use of a computer model**. CIM bulletin, 78:879, p. 53-59, 1985.

Certifico que **Afrânio Luiz Moreira de Oliveira**, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado "**Abordagem prática de indicadores operacionais de mina**", efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



Flávia Gomes Pinto

Orientadora