



Sistema de roteirização eletrônico de caminhões e equipamentos de mineração de minério de ferro

Luciano José Vieira Franco (FUPAC) lucianov_franco@hotmail.com

Jussara Fernandes Leite (FUPAC) leite.jussara@yahoo.com.br

Suely de Moura Assis (FUPAC) suuh.138@hotmail.com

Michael Douglas dos Santos Chiericatto (FUPAC) chiericattomichael@gmail.com

Resumo: Devido à concorrência acirrada e a situação do mercado mundial houve um grande aquecimento na demanda por novas e melhores tecnologias, com o propósito de aumentar o desempenho operacional. Uma dessa tecnologia é o sistema de roteirização, que é uma ferramenta para roteirizar os trajetos dos equipamentos e caminhões. Nesse contexto, este artigo tem por objetivo apresentar as vantagens da utilização do sistema de roteirização eletrônico de caminhões e equipamentos em uma mina. Esta pesquisa trata-se de um estudo de caso com natureza descritiva e exploratória. O estudo de caso foi realizado em uma empresa de mineração da região do Médio Piracicaba, no período de março a junho de 2017. Os dados foram coletados por meio de observação de um dos autores da pesquisa e de um questionário aplicado aos operadores de caminhões e equipamentos. Após análise dos dados, este estudo demonstra que o sistema de roteirização eletrônico da frota de caminhões e equipamentos proporciona várias vantagens, como a melhoria da eficiência do gerenciamento, aumento da produção e da vida útil dos caminhões e equipamentos, a redução de custo de manutenção e combustível.

Palavras-chave: Sistema; Roteirização; Caminhões; Equipamentos de mina.

1. Introdução

As empresas no ramo de mineração na área de operação de mina, realizam atividades de carregamento, transporte e descarregamento que são desenvolvidas por caminhões e equipamentos de carga. Esses equipamentos são utilizados nas frentes da lavra para transportar minério ou estéril.

Devido à concorrência acirrada e a situação do mercado mundial houve um grande aquecimento na demanda por novas e melhores tecnologias, com o propósito de aumentar o desempenho operacional. Nesse cenário, entra a inovação tecnológica que proporciona o desenvolvimento de sistemas capazes de auxiliar no gerenciamento das atividades operacionais.

Uma dessas tecnologias é o sistema de roteirização de caminhões e equipamentos, que é uma ferramenta indispensável para roteirizar os trajetos dos equipamentos e caminhões utilizados na mineração. Eles estão presentes nas empresas de mineração, com o propósito de otimizar os ativos e controlar os principais indicadores envolvidos nos processos de extração.

O sistema de roteirização possui funções de controlar os processos de carga, transporte e descarga. Isso ocorre por meio de rastreabilidade das atividades, análises operacionais, segurança dos ativos e das pessoas.

Além disso, o sistema de roteirização eletrônico busca integrar os mais diversos níveis



da empresa, deste a coleta de dados isolados no dia a dia das operações até a consolidação dos dados em nível gerencial.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo de apresentar as vantagens da utilização do sistema de roteirização eletrônico de caminhões e equipamentos de mina em uma mineração.

2. Principal componente de um sistema logístico

Chiristopher (2009) conceitua logística como sendo o processo estratégico de gerenciamento de compra, armazenagem e do transporte matérias prima e produtos acabados, ou fluxo de informação relacionada, por parte dos canais de marketing, de tal forma que lucratividade seja maximizada no processo de entrega com menor custo.

Devido aos impactos nos custos operacionais de qualquer empresa, Bowersox e Closs (2001) ressaltam que a logística tornou-se a área mais desafiadora e interessante do setor público e privado para administrar. Um fato que faz essa área ser desafiadora é devida a complexidade dos setores operacionais.

O transporte tem recebido considerável importância gerencial na área da logística (BOWERSOX, COOPER E CLOSS, 2002). Devido seu elevado custo, as empresas de transporte contratam pessoas especializadas e investem em ferramentas tecnológicas para gerenciar a área de transporte, desde as pequenas até as maiores empresas.

Waters (2003) menciona que o transporte é o principal componente de um sistema logístico. Uma das formas para justificar essa afirmação é através dos custos, faturamento e lucro. Com relação à indústria, diversos estudos e pesquisas apontam que os gastos com transporte são de aproximadamente de 11,5% do PIB.

No caso de empresa de mineração, o custo de transporte oscila entre 8% a 12% dos custos totais de produção (COSTA, SOUZA E PINTO, 2005). Este fato ocorre devido à maioria das atividades do processo produtivo desse setor ser realizada por meio de equipamentos e caminhões que transportam produtos.

2.1 A utilização da tecnologia da informação para redução dos custos de transporte

Os executivos veem na tecnologia da informação uma fonte de melhoria na produtividade, competitividade e a redução de custo operacional. Em relação aos outros recursos, como informações de dados em tempo real facilita as operações das empresas, aumenta a velocidade e diminui os custos logísticos (BOWERSOX E CLOSS, 2001).

Ainda para esses dois últimos autores, o intercâmbio eletrônico de dados proporciona capacidade e viabilidade da comunicação eletrônica de documentos e informação inerente ao sistema informatizado. Desta forma, diminui a redundância de informações e transmissão mais rápida dos dados e diminui pessoas envolvidas no processo.

Segundo Novaes (2007), a internet pode ser utilizada em associação com a roteirização de veículos. Pode ser fixa ou sem fio, pois permite os usuários visualizarem informações em pequenos aparelhos de mão. Desta forma, facilita aos motoristas dos equipamentos a comunicação com a sede, ao obter informações sobre tráfego e sobre condições do tempo. Além de, trocar mensagens com clientes e solicitar socorro, quando necessário.

Novaes (2007) ainda salienta que em empresas que utilizam o sistema de roteirização



eletrônico, usam a internet na sua operação. A maioria dos veículos é equipada por rastreadores, que dispõem de receptores GPS, que fornecem em tempo real sua localização. Mostra a longitude e a latitude do caminhão, combinado com uma base geográfica de dados, que permite ao despachante localizar o veículo na rede viária, a qualquer instante.

Um tipo de sistema de roteirização de veículos eletrônico é o Modular Mining, que é um sistema de gerenciamento de ativos de mineração utilizado para controle operacional das atividades de extração de minério que envolve carregamento, transporte e serviços auxiliares (MODULAR, 2006).

2.2 Roteirização de equipamentos

A roteirização surgiu a partir do problema do caixeiro viajante, Travel Salesman Problem (TSP), o qual consistia em determinar a melhor rota para o vendedor, de modo que ele saísse de um ponto inicial e retornasse passando pelos locais necessários. Com o passar do tempo foram adicionadas novas restrições, o que chega às roteirizações dos dias atuais (CUNHA, 2000).

Wu (2007) menciona roteirização como conjunto de rotas de menor custo, que atenda às necessidades dos nós. Respeita às restrições operacionais, como capacidade dos veículos, duração das rotas, duração da jornada de trabalho, entre outros.

Segundo Waters (2003), existem inúmeras formas para traçar a rota ótima, para isso levam em consideração as mais complexas, como modelos matemáticos, simulação e sistemas especialistas. No caso dos modelos matemáticos, esse mesmo autor destaca que depende menos da habilidade humana e traz melhores resultados. Simulação pode analisar em diferentes cenários, o sistema especialista utiliza-se de um banco de dados especialista para auxiliar na tomada de decisão do roteirizador.

2.3 Aspectos referentes ao sistema de roteirização eletrônico

Muitas empresas de mineração em sua área de lavra utilizam sistemas de roteirização eletrônico para traçar as melhores rotas para sua frota, utilizando o critério referente ao ritmo de lavra.

O planejamento de produção em uma mina a céu aberto tem como objetivo fornecer à usina de beneficiamento uma alimentação adequada e determinar qual ritmo de lavra deve ser implementado em cada frente. Cada frente de lavra possui características de qualidade diferentes, percentagem de minério em determinada granulometria tais como o teor de determinado elemento químico (COSTA, SOUZA E PINTO, 2005).

O atendimento às metas é importante, pois uma produção superior pode causar problemas como a falta de espaço adequado para estoque e custos no manuseio. Já uma produção inferior, causa redução da utilização dos equipamentos da mina e usina de beneficiamento, além de multas pelo não fornecimento do produto (SACHS E DAMASCENO, 2004; SACHS E NADER, 2005).

Nesse sentido, Costa, Souza e Pinto (2005) ressaltam que o sistema de roteirização eletrônico garante a qualidade do minério, reduz o custo de transporte e aumenta a produtividade das máquinas na mina, tornando-se algo relevante para empresa.

2.4 Funcionalidade do sistema de roteirização eletrônico

Os sistemas de Roteirização Eletrônico são aplicados na mineração para otimização e



controle dos processos e ativos das atividades. Isto é, otimização de produtividade, gerenciamento de diesel, gerenciamento de pneus, gerenciamento de pessoas, gerenciamento de manutenção, segurança do trabalho e comunicação.

É importante que o sistema de monitoramento dos equipamentos seja preciso e confiável, para que o sistema de roteirização eletrônico de caminhões seja completo de modo que as operações da mina possam ser otimizadas em tempo real (SACHS E NADER, 2005).

3. Metodologia

Este presente trabalho trata-se de um estudo de caso, desenvolvido por meio de uma pesquisa de natureza descritiva, documental e exploratória com o objetivo de apresentar as vantagens da utilização do sistema de roteirização eletrônico de caminhões e equipamentos de mina em uma mineração.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de mineração da região do Médio Piracicaba, denominada como empresa Alfa neste estudo, no período de março a junho de 2017. Os dados foram coletados por meio de observações do processo produtivo da mina de um dos autores desta pesquisa e de um questionário aplicado aos operadores de caminhões equipamento.

O questionário foi aplicado a 15 (quinze) operadores que trabalham nos caminhões e equipamentos de carga, descarga. Os participantes da pesquisa consistiram dos empregados que tinham mais de 10 (dez) anos que trabalham na empresa, pois esses profissionais trabalharam na empresa antes e após a implantação do sistema de roteirização eletrônico. A amostra é caracterizada censitária.

A pesquisa descritiva buscou uma maior familiarização com o problema, na qual foram descritos o processo produtivo antes e após a implantação do sistema de roteirização eletrônico utilizado nas atividades de carregamento e transporte de minério de ferro da Empresa Alfa. Logo para realização da descrição, dados de documentos da empresa e da observação de um dos autores do processo na mina foram utilizados.

A busca para apresentar as vantagens da utilização do sistema de roteirização eletrônico de caminhões e equipamentos de mina em uma mineração fez com que esta pesquisa tenha natureza exploratória.

Por fim, foi realizado o tratamento dos dados das observações pelo método de análise de conteúdo, e os dados do questionário foram apresentados por meio de gráficos e analisados pelo método de análise quantitativo e qualitativo.

4. Descrição do processo de carregamento, transporte e descarregamento

Neste capítulo, são apresentados a descrição do processo de carregamento, transporte e descarregamento antes e após a implantação do sistema de roteirização eletrônicos e os resultados da pesquisa.

4.1 Antes da implantação do sistema de roteirização eletrônico.

No processo produtivo da empresa Alfa, antes da instalação do sistema de roteirização eletrônico em sua frota, os funcionários participavam ativamente do processo. Ou seja, o supervisor da mina era responsável por realizar as alocações dos equipamentos. Os equipamentos eram utilizados em frentes fixa, onde o operador carregava seu caminhão em uma determinada máquina e descarregava sempre no mesmo ponto. Quando a máquina de



carga ou o britador entrava em manutenção, o supervisor deslocava os equipamentos dividindo-os para os demais máquina de carga.

Além disso, os operadores ao iniciarem sua jornada de trabalho realizavam inspeção visual no caminhão e preenchiam um check-list. Caso fosse identificada qualquer irregularidade, eles passavam as informações das irregularidades do caminhão via rádio de comunicação para o centro controle operacional.

Outro ponto a destacar com relação aos caminhões em manutenção era a dificuldade de localização dentro da mina, pois os operadores não informavam o local correto onde os caminhões encontravam. Isso gerava transtorno tanto para o supervisor quanto para manutenção.

No final de cada turno, cada operador informava via rádio a quantidade de viagem realizada durante o turno. Essas informações eram anotadas em uma planilha para gerar um relatório.

4.2 Com a utilização do sistema de roteirização eletrônico

Com a implantação do sistema de roteirização eletrônico, todo o processo de operação dos equipamentos passou a ser controlado em tempo real. O processo de alocação dos equipamentos da mina que era realizado pelo supervisor via rádio passou a ser realizada no sistema de roteirização eletrônico por um técnico que fica em uma sala de controle monitorando o sistema de roteirização eletrônico. A função do supervisor passou a ser o gerenciamento de pessoas.

O sistema é composto por rede cabeada e rede wireless, por onde é realizada a comunicação entre os equipamentos e a sala de controle. Na sala, contém um servidor onde armazenam as informações geradas durante o processo de produção. As informações podem ser consultadas e os relatórios podem ser gerados a qualquer momento com os dados atuais.

A infraestrutura do sistema roteirização eletrônico utilizada na empresa Alfa pode ser verificada na Figura 1, a seguir.

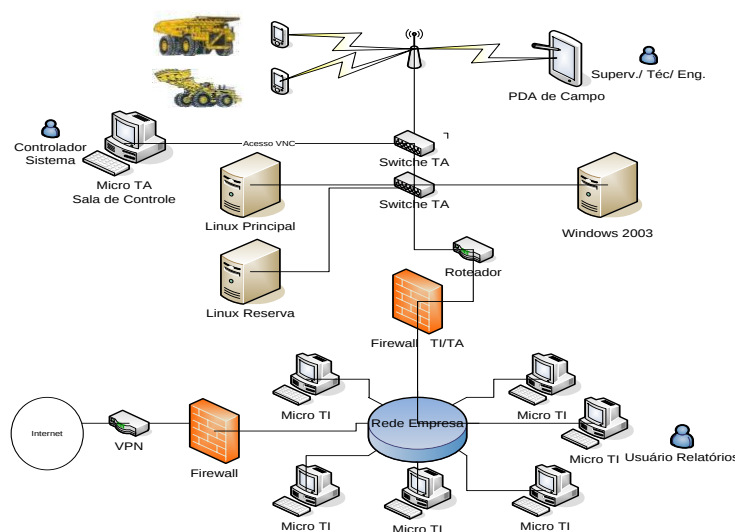


FIGURA 1 – Funcionamento da Infraestrutura do Sistema de roteirização eletrônico. Fonte: Empresa Alfa (2017).

Na Figura 1, verifica-se que a infraestrutura da rede do sistema de roteirização é

composta por uma rede wireless, instalada na área de lavra da mina para fazer a comunicação dos equipamentos com a sala de controle. O supervisor utiliza das informações dessa rede para acompanhar as operações dos equipamentos, esse acompanhamento é realizado por meio de um tablete. Todas as informações das atividades realizadas na mina chegam à sala de controle, no sistema de despacho eletrônico, onde são processadas e passadas para os usuários por meio de planilhas e gráficos com as informações da produção. Essa infraestrutura montada dentro da empresa auxilia aos gerentes de operação visualizar o processo produtivo da mina em qualquer lugar, para isso, basta ter um computador com acesso a internet para acompanhar em tempo real o processo produtivo da mina.

A rede wireless é instalada na mina por meio de uma carreta móvel, que é responsável pela comunicação dos equipamentos com a sala de controle. A Figura 2 a seguir mostra o funcionamento da rede wireless.

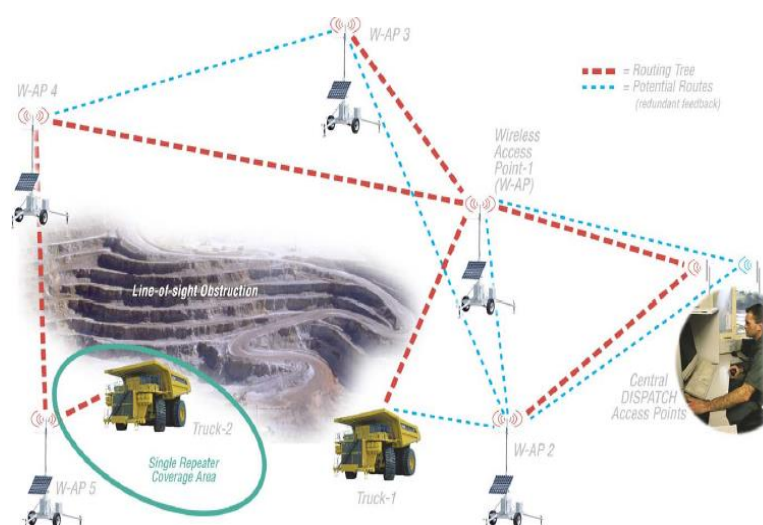


FIGURA 2 – Comunicação dos equipamentos por meio da Rede Wireless. Fonte: Master Link (2005)

A Figura 2 apresenta uma rede wireless, que é o meio de comunicação dos equipamentos com a sala de controle. Nos caminhões, são instalados componentes eletrônicos, ou seja, hub, CGC, antena RF e antena de GPS. Esses componentes eletrônicos instalados nos caminhões comunicam com as repetidoras com a velocidade de 2mbps e as repetidoras comunicam entre si com velocidade de 10mbps. Por meio, desses componentes eletrônicos chegam às informações para o despachante na sala de controle.

A carreta móvel, que é composta por componentes eletrônicos responsáveis para transmissão e recepção de sinal RF (Rádio frequência). Seus componentes são alimentados por placas solares e baterias. Essa carreta utiliza pneus para facilitar seu deslocamento na mina, devido constante avanço nos bancos e detonações. O sistema instalado nos equipamentos funciona por meio de uma tela que se chama CGC, seu funcionamento é como um monitor de computador, sendo a tela Touch Screen. O operador entra com informações para alimentar o sistema, essa tela é ligada via cabo até o hub. O hub funciona como CPU (Unidade Central de Processamento) de um computador, onde são armazenadas as informações e dados do caminhão, e também utilizado com a interface de telemetria. Essa interface é ligada a uma porta do computador de bordo das máquinas e dos caminhões por onde são extraídas informações e falhas de operação das máquinas. No hub, tem instalado uma antena de GPS que é fixado no mastro na parte mais alta dos caminhões e equipamentos de mina, sendo utilizado para fornecer a localização exata dos mesmos. O GPS instalado nos

caminhões e equipamentos de mina informa o local onde se encontra os mesmos, entretanto, podem ocorrer pequenas variações do local. Essas variações são corrigidas e diminuídas a margem de erro para menos de 5 metros.

O operador da sala de controle das operações de produção pode localizar o equipamento parado ou em movimento, por meio das informações do GPS. A Figura 3, a seguir, ilustra uma localização dos equipamentos em uma mina, por meio do GPS.

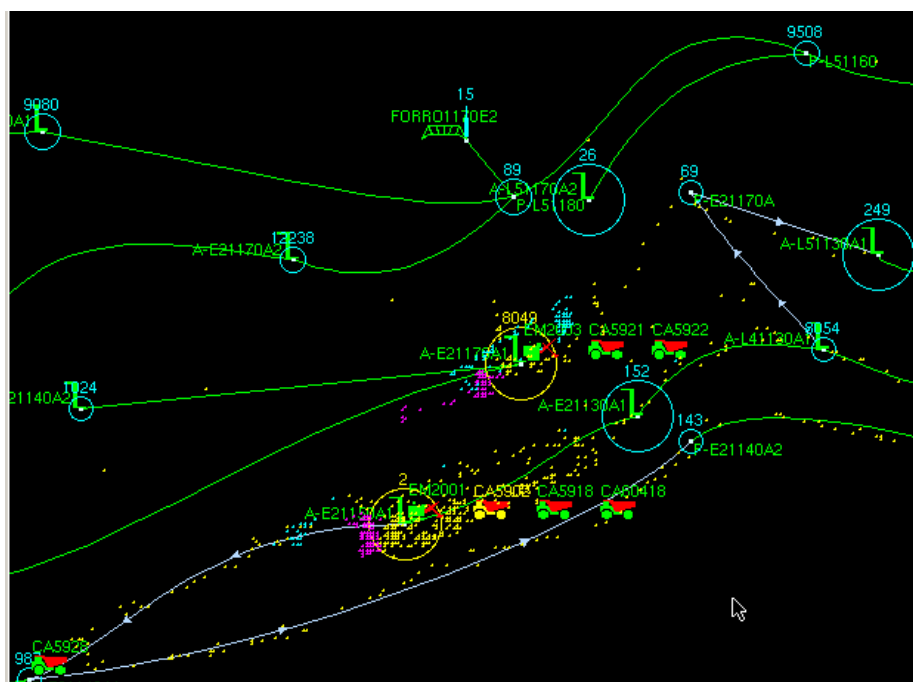


FIGURA 3 – Área Gráfica – Localização dos Equipamentos em Mina. Fonte: Empresa Alfa (2017)

Por meio da Figura 3, verifica-se uma visão geral da mina onde os equipamentos e caminhões estão operando. Pode-se observar que as linhas verdes indicam os trajetos de acesso de duplo sentido e as linhas brancas sentido único. Cada equipamento é identificado com números, o que facilita sua identificação.

O ciclo de operação do equipamento pode ser acompanhado pelo operador da sala de controle do roteirização, onde se tem a situação e o estado do equipamento, o local onde se encontra, se esta em manutenção ou operando.

O sistema de roteirização eletrônico fornece as informações referentes ao ciclo de carga das máquinas, por meio dessas informações, o gerenciamento do processo produtivo é realizado. O Gráfico. 1, a seguir, mostra uma das telas do sistema de roteirização eletrônico, que apresenta o tempo de ciclo de alguns caminhões e equipamentos.

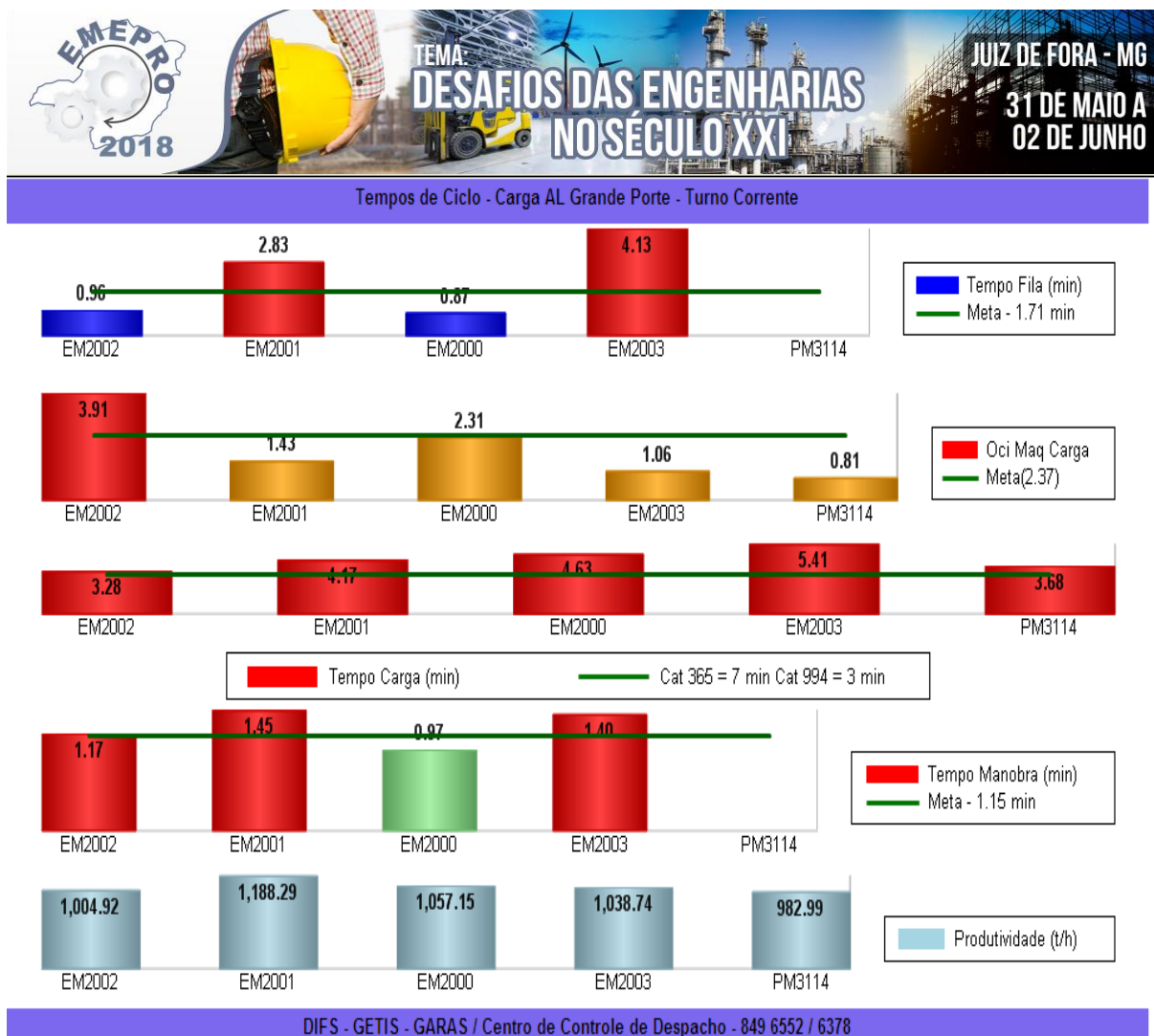


GRÁFICO 1 – Tempo de Ciclo dos Caminhões e Equipamentos. Fonte: Empresa (2017)

A primeira parte do Gráfico 1 informa aos usuários do sistema o tempo que os caminhões gastam na fila para serem carregados. A linha verde no Gráfico 1 é a meta de tempo para a realização do carregamento.

A segunda parte do Gráfico 1 mostra o tempo ocioso da máquina, que é o tempo que a máquina está aguardando o carregamento dos caminhões, a meta é de 2,37 minutos. Quanto mais baixo for tempo, é sinal que a máquina está produzindo mais, ficando menos tempo parada. Esse fato, reduz o consumo de combustível, aumenta a vida útil do equipamento e a produção.

A produtividade individual de cada máquina, em toneladas por hora trabalhada, pode também ser verificada por meio da quinta parte do Gráfico 1.

Além de fornecer as informações para o controle de produção, o sistema de roteirização eletrônico propicia a minimização de tempo ocioso de equipamento, gerenciamento de filas nas escavadeiras, controla eventos anormais, maximiza a eficiência das trocas de turno e otimiza gerenciamento de combustível.

4.3 Resultados das observações

Conforme observações realizadas em loco, a pesquisa identificou que o sistema de roteirização eletrônico trouxe para empresa um maior controle, onde os gerentes podem saber em tempo real o que está sendo produzido. Também proporcionou aumento da vida útil dos caminhões e equipamentos e redução no volume de combustível.



O sistema de roteirização é composto de sensores instalados nos caminhões e equipamentos de mina. Esses sensores monitoram as temperaturas, a pressão de óleo, a pressão de pneus, o peso da carga que é transportada e o nível de combustível. Com essas informações em mãos, torna-se fácil para o analista de frota acompanhar os componentes em funcionamento dos caminhões e equipamentos, pois o mesmo é informado de qualquer eventualidade que ocorra.

Outro ponto a ressaltar é que o sistema de roteirização eletrônico apresentou ganhos comprovados por seu algoritmo de otimização nas principais minas onde foi instalado o sistema. Portanto o trabalho mostrou que o sistema de roteirização além de controlar, também aumentou a produção. Esses aumentos foi de 7% a 12% em ganhos de produtividade, segundo o relatório de ganhos produtivos da Empresa Alfa.

4.4 Resultados do questionário aplicado aos operadores

Esta pesquisa buscou identificar por meio de um questionário aplicado aos operadores de transporte e carregamento da empresa Alfa, quais dos métodos de registros, manuais ou com a utilização do sistema de roteirização eletrônico (informatizados), melhor se aplicam nas atividades do processo produtivo da mina.

A primeira pergunta do questionário buscou identificar a preferência dos operadores de caminhões e equipamentos em trabalhar com ou sem o sistema de roteirização eletrônico.

As respostas dos operadores foram tratadas pelo método quantitativo e o resultado pode ser verificado no Gráfico 2.

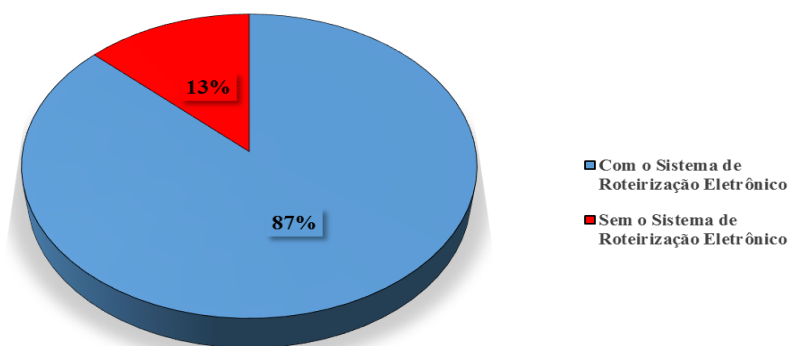


GRÁFICO 2 – Preferência dos Operadores em Trabalhar Com ou Sem o Sistema de Roteirização Eletrônico.

Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Verifica-se que a maioria dos pesquisados, 87%, tem a preferência de trabalhar com o sistema de roteirização eletrônico, e 13% dos operadores preferem trabalhar sem o sistema.

Outro ponto pesquisado, neste trabalho, que ocorreu por meio da pergunta dois, abordou se o sistema de roteirização eletrônico é de fácil operação para os operadores de caminhões e equipamentos da mina. O resultado desta questão pode ser verificado no Gráfico 3 a seguir.

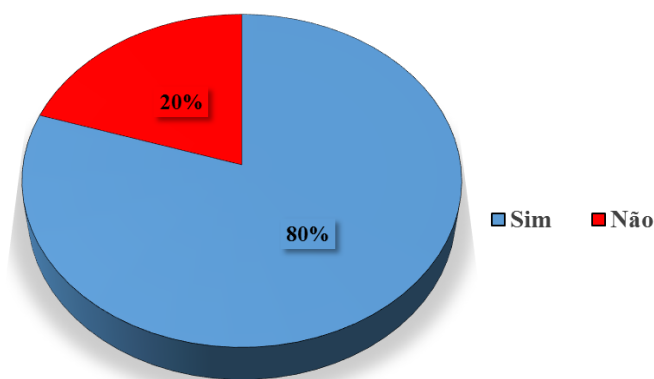


GRAFICO 3 – Facilidade em Operação do Sistema de Roteirização Eletrônico. Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Conforme pode verificar no Gráfico 3, a maioria dos operadores pesquisados, 80%, acham fácil a utilização do sistema de roteirização eletrônico e que 20% tem dificuldade de trabalhar com o mesmo.

A ocorrência de falha no sistema de roteirização eletrônico foi outro ponto pesquisado neste trabalho por meio da pergunta 3. A resposta dadas pelos operadores de caminhões e equipamento a esse questionamento pode ser verificado por meio do Gráfico 4.

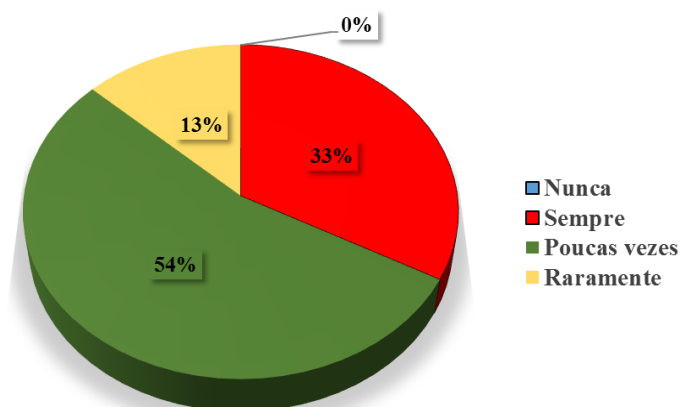


GRÁFICO 4 – Ocorrência de Falha no Sistema de Roteirização Eletrônico. Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

A pesquisa identificou que 33% dos operadores de caminhões e equipamentos afirmam que sempre ocorrem falhas no sistema de roteirização eletrônico, 54% marcaram que poucas vezes ocorrem falhas e 13% consideram que as falhas no sistema de roteirização eletrônico ocorrem raramente.

Segundo observação dos pesquisadores, as falhas ocorrem normalmente no sistema de roteirização eletrônico no início do turno, horário em que todos os caminhões e equipamentos buscam registrar ações ao mesmo tempo no sistema.

A comunicação dos operadores de caminhões e equipamentos com a sala de controle das operações de produção da mina foi pesquisado neste trabalho por meio da pergunta 4. Qual dos sistemas é mais fácil de comunicar com sala de controle das operações de produção da mina?

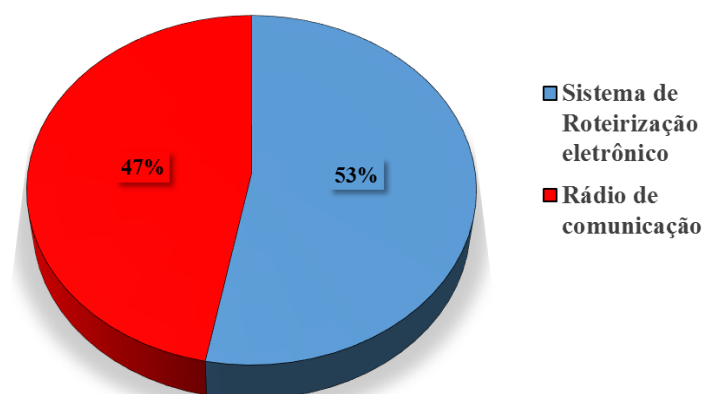


GRÁFICO 5 – Comunicação com a Sala de Controle das Operações da Mina. Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Conforme resultados das respostas dos operadores de caminhões e equipamentos apresentada no Gráfico 5, foi identificado que 53% dos operadores entrevistados acham mais fácil a comunicação com a sala de controle das operações da mina por meio do sistema de roteirização eletrônico, e 47% já preferem o rádio de comunicação.

Outro ponto questionado aos operadores dos caminhões e dos equipamentos de mina foi se o sistema de roteirização eletrônico facilita na contagem das viagens de minério de ferro, atividade antes que era realizadas pelos operadores manualmente. Esse fato foi pesquisado por meio da questão 5.

Em relação a questão 5, a pesquisa identificou que 100% dos operadores afirmaram que sistema de roteirização eletrônico facilita na contagem das viagens.

Por fim, por meio da pergunta seis, esta pesquisa buscou identificar o que poderia ser melhorado no sistema de roteirização eletrônico para facilitar a operação do sistema.

Com resultado dessa última questão, a pesquisa identificou que o que deve ser melhorado é o tempo de resposta do sistema de roteirização eletrônico, quando solicitado ao despachante e a cobertura do sinal rede wireless para diminuir os pontos de sombra na área de lavra.

5. Considerações finais

Alcançar o nível de qualidade com a implantação do sistema de roteirização é um salto muito importante para qualquer empresa, demanda tempo, trabalho, custo e comprometimento. É essencial o apoio de todas as pessoas envolvidas no processo produtivo para se obter o sucesso.

Baseado nas observações em loco, à pesquisa identificou os principais ganhos da implantação do sistema de roteirização eletrônico, sendo ganho com o aumento da produtividade dos caminhões e equipamentos de carga, diminuição da ociosidade dos equipamentos por meio da otimização dos ativos. Além disso, identificou-se que o sistema de roteirização eletrônico contribui com a redução do consumo de combustível durante a operação dos equipamentos, devido o sistema identificar o percurso do equipamento e informar para o operador o percurso que otimiza o processo.

Com base na análise dos dados do questionário pode-se concluir que os operadores preferem trabalhar com o sistema de roteirização eletrônico, sabem da sua importância, acham o de fácil operação, consideram que ele agiliza o processo de produção da mina.



Este estudo demonstrou como é realizado o gerenciamento de uma empresa de mineração, que utiliza um software de roteirização para controlar e gerenciar os equipamentos por meio de um sistema de roteirização eletrônico. Logo, foi possível observar neste estudo que o sistema de roteirização eletrônico da frota de caminhões e equipamento proporciona várias vantagens, como a melhoria da eficiência do gerenciamento, aumento da produção e da vida útil dos caminhões e equipamentos, a redução de custo de manutenção e combustível.

Referências

- BOWERSOX, D.; CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2001.
- BOWERSOX, Donald J.; COOPER, M. B.; CLOSS, D. J. *Supply Chain Logistics Management*. New York: McGraw-Hill, 2002.
- CHRISTOPHER, Martin. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: criando redes que agregam valor*. São Paulo 2009.
- COSTA, F. P. SOUZA, M. J. F.; PINTO, L. R. *Um modelo de alocação dinâmica de caminhões visando ao atendimento de metas de produção e qualidade*. Anais do III Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e III Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, 8 p, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2005. 1 CD-ROM.
- CUNHA, C.B. *Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais*. Revista Transportes da ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. São Paulo, v.8, n.2, p.51-74, 2000.
- MODULAR MINING. *Manual do Sistema Dispatch*. Mariana: 2006, CD ROM.
- NOVAES, Antônio Galvão. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*: Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- 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.
- SACHS, P.F.T & NADER, B. *Sistemas de Gestão da Produção e a Cadeia de Valor Mineral*. (Trabalho Técnico). São Paulo, 2005.
- WATERS, D. *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*. NY: Palgrave, 2003.
- WU, L. *O problema de roteirização periódica de veículos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Paulo. São Paulo, 2007 Transportes), Universidade de São Paulo.