



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**



**ARTHUR PABLO GONÇAVES SILVA**

**UTILIZAÇÃO DA TELEMÁTICA NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES  
COM VEÍCULOS E PEDESTRES EM MINAS À CÉU ABERTO**

**OURO PRETO - MG**  
**2017**

**ARTHUR PABLO GONÇALVES SILVA**  
**contato@geotan.com.br**

**UTILIZAÇÃO DA TELEMÁTICA NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES  
COM VEÍCULOS E PEDESTRES EM MINAS À CÉU ABERTO**

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.

**Professora Orientadora:** MSc. Flávia Gomes Pinto  
**Professor Co-Orientador:** DSc Wilson Trigueiro de Sousa

**OURO PRETO - MG**  
**2017**

S586u

Silva, Arthur Pablo Gonçalves.

Utilização da telemática na prevenção de acidentes com veículos e pedestres em minas à céu aberto [manuscrito] / Arthur Pablo Gonçalves Silva. - 2017.

35f.: il.: color; mapas.

Orientadora: Prof. Dra. Flávia Gomes Pinto.

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

1. Minas - Segurança. 2. Telemática. 3. GPS. I. Pinto, Flávia Gomes. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 622.1:614.8

Catálogo: [ficha@sisbin.ufop.br](mailto:ficha@sisbin.ufop.br)



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

## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Aos 21 dias do mês de fevereiro de 2017, às 09 horas, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa da monografia de final de curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, pelo aluno **Arthur Pablo Gonçalves Silva**, intitulado: **“UTILIZAÇÃO DA TELEMÁTICA NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES COM VEÍCULOS E PEDESTRES EM MINAS À CÉU ABERTO”**, sendo a comissão avaliadora formada pela **Profª. M.Sc. Flávia Gomes Pinto** (orientadora), **Prof. Wilson Trigueiro de Sousa** (coorientador), **Prof. Dr. Hernani Mota de Lima** e **Engº de Minas Gustavo de Freitas Rabelo Amorim**.

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela *aprovação*..... do candidato, com a nota *9,5*, 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 pela discente.

Ouro Preto, 21 de fevereiro de 2017.

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

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

Prof. Dr. Wilson Trigueiro de Sousa  
Membro da Comissão Avaliadora

Engº de Computação Gustavo de Freitas Rabelo Amorim  
Membro da Comissão Avaliadora

Arthur Pablo Gonçalves Silva

Prof. M.Sc. José Fernando Miranda  
Professor responsável pela Disciplina Min 491 – Trabalho de Conclusão de Curso

Dedico este trabalho à minha empresa Geotan®, sendo esta, fruto de muito esforço e dedicação, minha porta de entrada ao empreendedorismo profissional. Esta monografia soma-se como mais uma realização, a qual será futuramente utilizada num dos projetos da empresa.

## AGRADECIMENTOS

Sem hesitar,

Aos professores do curso de Engenharia de Minas, por suas importantes contribuições para o aprimoramento deste trabalho e de minha vida profissional;

Aos meus pais, pelo apoio incondicional e por me ensinarem a importância de cada coisa e me mostrarem o caminho correto;

À UFOP, pelo ensino de qualidade e pela oportunidade de me tornar Engenheiro de Minas;

À Associação República Caverna de Ouro Preto, por me tornar um cidadão consciente e me ensinar o significado de irmandade;

À toda turma do Edital CsF 120/2013 de Sudbury-Canadá, pelos momentos juntos e amadurecimento;

Enfim, a todos que estiveram ao meu lado nesta conquista.

*“A melhor maneira de prever o futuro é inventá-lo”.*

Alan Kay, 1971

## RESUMO

Acidentes ocorrem frequentemente em minas à céu aberto e subterrâneas em todo mundo envolvendo pedestres e veículos, sendo mortais em muitos casos. A proposta deste trabalho fundamenta-se em entregar uma solução tecnológica atuando na prevenção de acidentes em minas à céu aberto, baseada em tecnologia embarcada, sistemas de transmissão de informações sem fio, e vários outros artifícios relativamente simples, já existentes no mercado, porém com aplicações específicas e distintas. A solução descrita segue princípios de telemática, biometria, e reconhecimento de imagens externas. Consiste de módulo de posicionamento GPS, transmissores de rádio, câmeras internas aos veículos, limitadores de velocidade, diversos tipos de sensores, módulo de transmissão de pacote de dados, antenas receptoras e uma central de monitoramento. Somadas, estas tecnologias almejam proporcionar um ganho extraordinário não somente no âmbito de segurança (foco deste trabalho), mas também na mitigação de custos, auxílio ao planejamento da lavra, despacho eletrônico, tomada de decisões em tempo real, entre outros.

**Palavras-chave:** acidentes em mina, telemática, GPS, mina à céu aberto, segurança.

## ABSTRACT

*Accidents commonly occur in underground and open-pit mines throughout the world involving pedestrians and vehicles, being fatal in several cases. The purpose of this work consists in delivering a technological solution acting in the prevention of accidents in open-pit mines, based in embedded technology, wireless information transmission systems, e many other relatively simple artifices, already existent in the market, however with specific and distinct applications. The described solution follows principles of telematics, biometry, and external images recognition. Consists of a GPS positioning module, radio transmitters, vehicle internal cameras, speed limiters, many types of sensors, data package transmitting module, receptor antennas e a monitoring central. Altogether, these technologies intend to proportionate an extraordinary gain not only in the safety field (focus of this work), but also in cost mitigation, mine planning support, electronic dispatch, real-time decision taking, among others.*

**Keywords:** *accidents in mines, telematics, GPS, open-pit mine, safety.*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Rastreador veicular com módulo de posicionamento e transmissão de dados <i>wi-fi</i> .....	15
FIGURA 02 – Leitor biométrico e seus algoritmos de reconhecimento de linhas faciais.....	16
FIGURA 03 – Câmera de visão noturna, com acoplador e trilho .....	17
FIGURA 04 – Módulo de um <i>Close Proximity System</i> no painel de um caminhão fora de estrada.....	21
FIGURA 05 – <i>Transponder</i> , emissor de radiofrequência .....	21
FIGURA 06 – Representação de um central de monitoramento .....	22
FIGURA 07 – Botão de identificação pessoal ( <i>i-Button</i> ).....	23
FIGURA 08 – Fotos enviadas ao <i>software</i> de gerenciamento telemático.....	24
FIGURA 09 – Sistema CPS em ação, alertando os condutores da aproximação dos veículos mediante uma intersecção.....	25
FIGURA 10 – Sistema CPS em ação, alertando os condutores da aproximação dos veículos mediante uma operação de escavação/carregamento .....	25
FIGURA 11 – Comparativo de visibilidade numa situação sob neblina com a câmera desligada (esquerda), e ligada (direita).....	26
FIGURA 12 – Comparativo de visibilidade entre feixes de farol baixo, alto e a câmera de visão noturna .....	26
FIGURA 13 – Criação dos sensores virtuais para leitura de parâmetros .....	28
FIGURA 14 – Exemplo de janela de telemetria, exibindo valores de alguns parâmetros .....	29
FIGURA 15 – Violações de velocidade numa mina ativa na Austrália .....	30
FIGURA 16 – Interposição de cercas eletrônicas .....	31

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

CAN – *Controller Area Network*

CPS – *Close Proximity System*

LCD – *Liquid Crystal Display*

m – metros

GPRS – *General Packet Radio Service*

GPS – *Global Positioning System*

GSM – *Global System for Mobile Communication*

RF – Radiofrequência

RFID – *Radio-Frequency Identification*

@ - Arroba

® - Marca Registrada

°C – Grau Celsius

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVO .....	13
1.2	JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1	MÓDULO DE POSICIONAMENTO E TRANSMISSÃO DE DADOS .....	14
2.2	SISTEMA ANTI-COLISÃO .....	15
2.3	SISTEMA DE ALERTA À FADIGA DO CONDUTOR .....	16
2.4	CÂMERA DE VISÃO NOTURNA E ANTI-NEBLINA .....	16
2.5	LIMITADOR AUTOMÁTICO DE VELOCIDADE .....	17
2.6	SENSORES .....	18
2.7	CENTRAL DE MONITORAMENTO .....	18
<b>3</b>	<b>MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>19</b>
3.1	ASPECTOS GERAIS .....	19
3.2	INSTALAÇÃO .....	20
3.2.1	EQUIPAMENTOS EMBARCADOS .....	20
3.2.2	PEDESTRES .....	21
3.2.3	CENTRAL DE MONITORAMENTO E ACESSÓRIOS .....	22
3.3	COLETA DE DADOS E OPERACIONALIDADE .....	22
3.4	TRATAMENTO DE DADOS .....	27
3.4.1	ECO-DRIVING .....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Operações em minas geralmente envolvem um grande número de ativos, sendo muito intensivas em capital. Para que uma mina se mantenha viável em termos econômicos é importante que estes ativos sejam gerenciados com eficiência, e para que isto ocorra, é fundamental que se conheça a localização em tempo real de todos eles (WORRALL, 2007).

A questão da segurança no ambiente da mineração é de extrema importância. A interação entre grandes máquinas e pedestres representa um grande risco para os trabalhadores. Infelizmente, todo ano ocorrem inúmeros acidentes severos e centenas de fatalidades, onde acidentes com caminhões fora de estrada são grandes responsáveis por estas estatísticas (KLOOS, 2006).

Segundo Ward (2013), um método para monitorar a segurança nas minas poderia consistir em registrar todos acidentes e situações de perigo iminente ou próximas de acidente. No entanto, este método possui vários inconvenientes e apresenta um conjunto de dados muito esparso. A telemática<sup>1</sup> embarcada (assistida por *software* de monitoramento), quando usada de forma a prevenir o possível sinistro, prevê uma abordagem muito mais robusta à questão da segurança de veículos e pedestres. Como exemplo, uma interface audiovisual instalada próxima ao operador do veículo poderia proporcionar informações e alertas em tempo real do ambiente circundante e detectar riscos, a fim de se melhorar sua percepção e discernimento, possibilitando a prevenção de um acidente.

Com o contínuo desenvolvimento tecnológico e a popularização dos sistemas de transmissão de dados sem fio (*wireless*), a implementação da telemática vem tornando-se, cada vez mais, uma alternativa extremamente viável e de custos relativamente baixos em vários campos de aplicação, dentre eles, na mineração. Sua contribuição na prevenção de acidentes envolvendo veículos e pedestres em minas à céu aberto tem sido satisfatória, até então. Todavia, muito ainda pode ser feito em termos de integração de tecnologias embarcadas modulares, visando um aperfeiçoamento das soluções já existentes e uma redução ainda maior no quadro de acidentes.

---

<sup>1</sup> Telemática é o conjunto de tecnologias da informação e da comunicação resultante da junção entre os recursos das telecomunicações (telefonia, satélite, cabo, fibras ópticas etc.) e da informática (computadores, periféricos, softwares e sistemas de redes), que possibilitou o processamento, a compressão, o armazenamento e a comunicação de grandes quantidades de dados (nos formatos texto, imagem e som), em curto prazo de tempo, entre usuários localizados em qualquer ponto do planeta (RUAS, 2007).

## **1.1 OBJETIVO**

Através da exposição e demonstração de tecnologias já existentes, este trabalho busca propor um método de aplicação da solução aqui descrita (no âmbito da prevenção de acidentes), decorrentes da integração destas tecnologias, como objetivo global. Ademais, vale-se de um escopo de pesquisa que busca a compreensão das reais deficiências e necessidades do setor minerário, no que tange à segurança e proteção de seus ativos.

Por meio destes conhecimentos, o desenvolvimento de uma solução tecnológica, personalizada para tal, que de fato decorreria na prevenção de acidentes envolvendo veículos e pedestres em minas à céu aberto, tornar-se-ia factível. Visto que seriam identificadas todas (ou quase todas) as peculiaridades de um determinado ambiente de mineração, a solução seria desenvolvida baseando-se nestes conceitos, tornando-a altamente eficaz e personalizada.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A principal finalidade do desenvolvimento deste projeto é a preservação da vida assistida pelo uso de tecnologia em ambientes de mineração.

A implementação de um sistema integrado para segurança, independente do seu campo de aplicação, que proporciona salvar vidas, evitar acidentes (tanto com pessoas quanto com equipamentos/veículos), e economia de tempo e capital, não tem, por si só, nenhum ponto negativo ou desvantagem.

É pretendido, pela disseminação desta mentalidade e, pelo domínio da tecnologia por cada vez mais profissionais da área, um grande salto e desenvolvimento considerável no setor. Cumprir-se-ia, desta forma, a grande meta deste projeto, que concerne na preservação da vida e de bens em escala cada vez maior.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A telemática em si, como produto da solução tecnológica que se pretende desenvolver, abrange a integração de diversas tecnologias. Os princípios básicos de funcionamento e operacionalidade destas referidas tecnologias/equipamentos encontram-se descritos nesta seção, enquanto a integração dos mesmos e “montagem” da solução reservam-se à seção de **método proposto**.

### 2.1 MÓDULO DE POSICIONAMENTO E TRANSMISSÃO DE DADOS

O módulo de posicionamento, na maioria dos casos e também como parte integrante deste projeto, corresponde a um rastreador veicular (FIG 01), equipado de três núcleos (ou módulos), são eles:

- i. GPS (*Global Positioning System*) ou Sistema de Posicionamento Global, de acordo com o governo dos Estados Unidos da América, é uma utilidade de propriedade norte-americana, que fornece aos seus usuários, serviços de posicionamento, navegação e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre. O sistema consiste de três segmentos: espacial, de controle e de usuário. O segmento de usuário será o responsável por fornecer a localização exata e em tempo real de todos os ativos rastreados/monitorados dentro de uma mina.
- ii. GPRS (*General Packet Radio Service*) é um serviço de pacotes de dados móveis orientados, no sistema global de comunicação celular para comunicações móveis (GSM) (JARY, 2014). Este tipo de transmissão de pacotes de dados e informações, por depender de antenas instaladas em torres de celular, não será utilizado; visto as localizações remotas das minas, geralmente distante deste tipo de cobertura. Como alternativa, um módulo de transmissão *wireless* de pacotes de dados será utilizado.
- iii. Módulo de transmissão *wireless*, utiliza de tecnologia *wi-fi*, que permite que dispositivos eletrônicos se conectem uns aos outros através de um sinal sem fio. É através dele que as informações de posicionamento, alertas de fadiga, velocidade, violações, e dados de sensores periféricos, que compõem os pacotes de dados, serão transmitidas à central de monitoramento.



FIGURA 01 – Rastreador veicular com módulo de posicionamento GLONASS/GPS e transmissão de dados *wi-fi* (EURO MOBILE, 2016).

## 2.2 SISTEMA ANTI-COLISÃO

Um sistema de detecção de proximidade (CPS – *Close Proximity System*) pode ser desenvolvido baseado em 4 tipos de tecnologias. A RFID, identificação por radiofrequência, se mostrou a com melhor custo-benefício, visto sua aplicabilidade neste caso. Equipamentos emissores e receptores de ondas de rádio são instalados em todos os ativos que se desejam proteger, incluindo veículos e operadores (com *tags* RFID embutidas em seus capacetes, por exemplo). (WARD, 2013). A Premier Coal Mine, na Austrália é exemplo de uma mina que já utiliza este tipo de sistema em seus ativos.

Rouse (2007) define RFID como uma tecnologia que incorpora o uso de acoplamentos eletromagnéticos ou eletrostáticos na porção de radiofrequência (RF) do espectro eletromagnético para unicamente identificar um objeto, animal ou pessoa. O uso da RFID tem crescido na indústria como uma alternativa ao código de barras. A vantagem da RFID é que ela não requer contato direto ou escaneamento na linha de visão. Um sistema RFID consiste de três componentes: uma antena, um transceptor e um *transponder* (o *tag*). A antena usa ondas de radiofrequência para transmitir um sinal que ativa o *transponder*. Quando ativado, o *tag* transmite dados de volta à antena. Os dados são usados para notificar um controlador de lógica programável que uma ação deve ocorrer. A ação pode variar de simplesmente abrir um portão de garagem a uma operação complexa, como uma autorização para uma transação monetária.

### 2.3 SISTEMA DE ALERTA À FADIGA DO CONDUTOR

Consiste em um módulo com leitor biométrico infravermelho e microprocessador próprio (FIG 02), além de equipamentos periféricos de alerta, que pela captura da imagem da face do condutor e seu subsequente reconhecimento, compara-a a um banco de dados de imagens interno. Segundo a *CareDrive, Inc.*, um mecanismo de reconhecimento da pupila, linhas de face e de padrões de movimentos, através de algoritmos avançados, detectam condições de fadiga (bocejo, olhos parcialmente fechados, etc.) que podem ser ocasionadas por diversos fatores, como por exemplo, excesso de horas de trabalho. Ademais, detecta situações de desatenção dos condutores, como ao olhar por mais de um segundo pela janela lateral, por exemplo.

Mediante a detecção de uma das situações descritas, alertas sonoros, luminosos e vibratórios são emitidos dentro da cabine, notificando o condutor de sua condição. Além disso, este alerta é enviado a central de monitoramento para registro, como informação componente dos pacotes de dados enviados via *wi-fi*.



FIGURA 02 – Leitor biométrico e seus algoritmos de reconhecimento de linhas faciais. Ly, MR688, catálogo de produto (CAREDRIVE, 2016).

### 2.4 CÂMERA DE VISÃO NOTURNA E ANTI-NEBLINA

Instalada no vidro frontal do veículo e posicionada de forma a captar imagens avante, com foco no percurso. Os sistemas de visão noturna adotam tecnologias inovadoras de infravermelho e geração de imagens sob condições de baixa luminosidade para aumentar a

percepção do condutor, mesmo na escuridão, e permitindo ao mesmo que visualize todo o ambiente adiante a distâncias bem maiores do que os faróis dos veículos podem alcançar. Isto proporciona maior tempo para reagir a qualquer risco potencial e maior segurança em operações noturnas (CHOW, 2014).

A câmera (FIG 03) capta imagens a distâncias de até 200 m em condições de baixa luminosidade e prevê funções como penetração em neblina, inibição de luzes fortes (que podem vir a atrapalhar a visão do condutor), e ainda se sincroniza com a velocidade do veículo, de forma a gerar um *zoom* na imagem para captar áreas ainda mais distantes à medida que a velocidade do veículo aumenta.

As imagens, propriamente ditas, corrigidas das condições adversas acima apresentadas, são exibidas em uma tela LCD de alta definição instalada no painel do veículo, de fácil visualização pelo condutor.



FIGURA 03 – Câmera de visão noturna, com acoplador e trilho. Introdução ao sistema ativo de navegação noturna para veículos. NV-SC150 (PROTRULY, 2016).

## 2.5 LIMITADOR AUTOMÁTICO DE VELOCIDADE

Uma das possíveis violações cometidas dentro do grupo de regras de uma mina, é o desrespeito aos limites de velocidade estabelecidos pelos caminhões fora de estrada. Visando a mitigação desta ocorrência, uma das várias saídas eletrônicas do módulo rastreador, pode ser configurada e ligada a um relê no veículo, de forma que ao detectar que a velocidade está prestes a exceder um limite pré-definido, limita-a eletronicamente, fazendo com que o motor e a parte elétrica do veículo desativem-se por pequenos intervalos de tempo, também pré-

programáveis. O condutor, desacelerando o veículo e colocando-o dentro dos limites de velocidade máximos estabelecidos, retorna o veículo à situação de normalidade de funcionamento. Estabelece-se assim, um cenário de segurança estipulados dentro dos padrões e regras normatizados.

## 2.6 SENSORES

Além de todos estes componentes presentes na solução de segurança, pode-se, complementarmente, serem adicionados outros tipos de sensores; com parâmetros lidos pelo módulo rastreador, no caso destes periféricos já possuírem integração ou forem protocolados com o rastreador, ou então pelo sistema CAN<sup>2</sup> do veículo. Sensores estes, complementariam a solução no âmbito de gerenciamento telemático, manutenção preventiva, despacho eletrônico e consequente redução de custos. Como exemplo, podemos citar, sensores piezelétricos, térmicos, de choque, de inclinação, etc.

## 2.7 CENTRAL DE MONITORAMENTO

Esta é a estação central que recebe os dados (de posicionamento, alertas de fadiga, velocidade, violações, e informações de sensores), contidos nos pacotes, e transmitidos pelo módulo de transmissão *wi-fi* do rastreador. A informação é processada, podendo ser disseminada para diferentes localidades através da internet (DUARTE, 2008).

Os pacotes de dados são recebidos através de uma antena receptora, programada na frequência da rede especificada, instalada próxima ao escritório, geralmente em um ponto mais alto da mina. O *software* de monitoramento, constitui o “cérebro” de toda operação. É responsável por processar todas as informações recebidas, tratá-las e exibi-las num *front-end*<sup>3</sup> completamente personalizado para uma gestão de prevenção à acidentes. Sendo peça fundamental do processo, a geração, as funcionalidades e utilidades do *software* que determinam o quão aprofundado e o grau de eficiência desempenhado pela solução.

---

<sup>2</sup> Sistema CAN ou CAN Bus (*Controller Area Network*), ou a Rede de Área Controladora, é um padrão de barramento de veículos projetado para permitir que unidades e dispositivos de controle eletrônico se comuniquem entre si, sem a necessidade de um computador *host*. Como alternativa às instalações convencionais multi-cabos, o CAN Bus permite que vários componentes eletrônicos (tais como: unidades de controle eletrônico, micro controladores, dispositivos, sensores, atuadores e outros componentes eletrônicos pelo veículo) se comuniquem através de um barramento de rede de dados de um ou dois cabos em até 1Mb/s (MUCEVSKI, 2015).

<sup>3</sup> Em ciência da computação, *front-end* e *back-end* são termos generalizados que se referem às etapas inicial e final de um processo. O *front-end* é responsável por coletar a entrada do usuário em várias formas e processá-la para adequá-la a uma especificação em que o *back-end* possa utilizar (KA-PING, 2000).

### **3 MÉTODO PROPOSTO**

Através do conhecimento de tecnologias para veículos já existentes no mercado e a capacidade de integração nos quesitos compatibilidade e aplicabilidade, este trabalho busca propor um método de aplicação daquelas, para o aumento de segurança nas operações de transporte e deslocamento em geral, pelos ativos (veículos e pedestres) de uma mina à céu aberto.

#### **3.1 ASPECTOS GERAIS**

Antes da efetiva instalação dos equipamentos e do dispêndio de recursos, deve-se avaliar de uma forma geral a real necessidade da implementação de uma solução telemática para prevenção de acidentes, considerando-se o porte da mina, capital disponível, etc.

Recomenda-se, para efeito comparativo, fazer o levantamento histórico de todo acidente/sinistro que tenha ocorrido nos últimos anos e registrá-los. Após a implementação do sistema e dado um determinado tempo de pleno funcionamento da solução de segurança (em meses ou anos), poderão ser observados os resultados e a verdadeira eficiência da sistemática desenvolvida. Uma comparação estatística e fundamentada poderá ser depreendida.

Como um próximo passo, a catalogação de todos veículos e ativos móveis na mina (são eles: caminhões fora de estrada, caminhões rodoviários, escavadeiras a cabo ou hidráulicas, retroescavadeiras, carregadeiras, veículos leves, operadores que trafegam a pé nas vias de circulação, etc.) e quaisquer outros ativos móveis que se deslocam e se deseja monitorar. Desta forma, consegue-se um panorama da dimensão a ser tratada e da complexidade que será proporcionada para o desenvolvimento da solução em si. Ademais, os custos de implementação e manutenção do sistema são diretamente proporcionais a este número de ativos.

Busca-se, como dito anteriormente, proporcionar a efetiva e real mitigação dos acidentes e sinistros, através da integração de diversas tecnologias existentes, apresentando uma alternativa às soluções “incompletas” e de altíssimo custo já existentes no mercado. Sendo o aspecto de segurança, item essencial aos operadores, garantido por lei, a adoção de tal sistema se faz totalmente apreciável. Parte-se então, à próxima etapa.

## 3.2 INSTALAÇÃO

### 3.2.1 EQUIPAMENTOS EMBARCADOS

Visto que a sistemática adotada para instalação dos componentes eletrônicos em todos veículos segue um mesmo passo-a-passo, adotar-se-á um veículo *piloto* a título de demonstração. O procedimento para instalação da solução de segurança nos demais veículos da mina é equivalente. Tem-se, assim:

- 1) Instalação do módulo rastreador: por se tratar do equipamento responsável pela localização, comunicação e transmissão de dados para com a central, é instalado a priori, fixando-se suas antenas (quando for o caso) e fazendo a ligação dos cabos de alimentação com a parte elétrica do veículo. Uma das saídas do rastreador é ligada em um relê no veículo para que função de limitação automática de velocidade possa ser empregue. Além do mais, o corte remoto de ignição do veículo pode ser efetuado. Já, em uma entrada do rastreador, conecta-se o cabo para leitura de dados do sistema CAN Bus, e todas as informações que o computador de bordo integrado do veículo processa e exibe no painel, serão coletadas pelo rastreador. Opcionalmente, à carácter do projeto, pode ser instalado anexo ao módulo rastreador um leitor de *i-Buttons*, para identificação de condutores.
- 2) Já com o sistema de alerta à fadiga pré-protocolado ao módulo rastreador e com todas as integrações e programações já realizadas, fixa-se o leitor biométrico no painel do veículo, de maneira que a face do condutor seja detectada. Parte-se para as conexões de energia. A seguir, conecta-se um cabo do sensor de fadiga à outra entrada do rastreador e outro cabo em uma saída. Opcionalmente, almofadas vibratórias podem ser afixas ao assento do condutor.
- 3) Procede-se finalmente para os sensores periféricos externos (também já pré-protocolados ao rastreador), conectados por cabos ou algum tipo de transmissão à rádio de baixa frequência, até as entradas do rastreador, e posicionados nas mais diversas partes do veículo, podendo medir e aferir dados, como os já mencionados anteriormente: sensores piezelétricos, térmicos, de choque, de inclinação, etc.
- 4) e 5) Estes passos podem ser executados concomitantemente e suas ordens de instalação não importa por se tratarem de equipamentos autônomos; que operam independentemente. Um deles é o sistema de detecção de proximidade (CPS), utilizando-se de tecnologia RFID. Afixado também no painel do veículo (FIG 04). O

módulo consiste de uma antena emissora de sinal de rádio de alta frequência e outra receptora (o *transponder*). O outro equipamento é a câmera de visão noturna e anti-neblina, afixada no pára-brisa do veículo, de modo a captar o que se encontra à frente, na via. Acompanha uma tela LCD (opcional), ou a imagem captada pode ser projetada através de uma saída auxiliar numa tela do computador de bordo do veículo, caso este possua tal dispositivo integrado e tenha entrada compatível para tal.



FIGURA 04 – Módulo de um *Close Proximity System* no painel de um caminhão fora de estrada (SAFEMINE, 2016).

### 3.2.2 PEDESTRES

*Tags* (FIG 05) RFID (*transponders*) são acoplados nos capacetes de segurança, ou em outro dispositivo de vestimenta ou porte obrigatório, de forma que qualquer pedestre nas vias seja detectado e identificado dentro de uma distância relevante, não importando qual sua posição relativamente ao veículo que se aproxima.



FIGURA 05 – *Transponder*, emissor de radiofrequência (NX-ID, 2016).

### 3.2.3 CENTRAL DE MONITORAMENTO E ACESSÓRIOS

Pelos acessórios entende-se todos equipamentos necessários à condução do sinal de radiofrequência *wi-fi* emitido pelo módulo rastreador até o terminal. Constituem-se de antenas (instaladas em torres ou postes, em locais estratégicos ao redor da mina) receptoras e, quando for o caso, de antenas amplificadoras (ou retransmissoras) de sinal. O terminal (ou terminais – dependendo da complexidade e tamanho da operação) são servidores e/ou *desktops*, com vários monitores, montados e instalados geralmente dentro do escritório da mina. São basicamente os únicos equipamentos necessários para montagem da, propriamente dita, central de monitoramento. No caso de se utilizar um servidor, faz-se necessário a instalação de um *link* de internet, e desta forma o monitoramento da mina em questão pode ser realizado de qualquer local do planeta, a título de exemplo, dos escritórios da mineradora numa capital.

O “núcleo pensante” de toda operação é o **software de gerenciamento telemático**. É instalado em cada um dos terminais constituintes (FIG 06) e seu papel e importância serão abordados posteriormente.



FIGURA 06 – Representação de um central de monitoramento (WEST GUARD, 2016).

### 3.3 COLETA DE DADOS E OPERACIONALIDADE

O módulo rastreador é o principal equipamento de acumulação de dados e informações geradas por todos os sensores, equipamentos e ele próprio. Considerando um *link* já em atividade com a central de monitoramento, as informações de localização, velocidade e altitude são enviadas a ela em tempo real, ininterruptamente. Ademais, informações do sistema *CAN Bus* são captadas e exibidas no *front-end* do *software* de gerenciamento telemático, também em tempo real: nível de combustível, temperatura do motor, pressão do óleo, luzes ligadas ou desligadas, movimento de caçamba, e o que mais for exibido no painel do veículo.

Numa situação de detecção de fadiga ou desatenção por parte do condutor, os *leds* do módulo anti-fadiga acendem e piscam, além de uma mensagem pré-gravada ser reproduzida, alertando o condutor a tomar alguma medida preventiva. No caso de a almofada vibratória estar instalada, esta também é acionada, a fim de despertar o condutor. Através da conexão que este sistema possui com o módulo rastreador, uma fotografia da face do condutor é efetuada, enviada à central de monitoramento e arquivada para registro (além de uma mensagem de alerta ser exibida na tela); podendo ser utilizada para diferentes fins, incluindo como prova, ou como respaldo jurídico por parte da empresa no caso de um acidente. Para tal, faz-se necessário que estes equipamentos possuam homologação na Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Caso opte pela instalação do leitor de *i-Buttons* (FIG 07), cada condutor de um determinado veículo possui o seu *button* pessoal, que é necessário para colocar o veículo em funcionamento. Ele identifica o condutor a operar aquele veículo naquele turno e faz o registro de entrada, incluindo hora e data.



FIGURA 07 – Botão de identificação pessoal (*i-Button*) (TELTONIKA, 2016).

Outra funcionalidade muito simples, porém, importantíssima, é a contagem de horas de trabalho do operador. Caso o operador opte ou seja requisitado a executar “horas extra” de trabalho além das de seu turno, o agente na central de monitoramento terá a capacidade de averiguar suas condições fisiológicas, simplesmente enviando um **comando remoto** (FIG 08), requisitando uma fotografia em tempo real da face do condutor, sempre que for preciso. A liberação ou bloqueio remoto do veículo são medidas que podem ser tomadas de imediato.

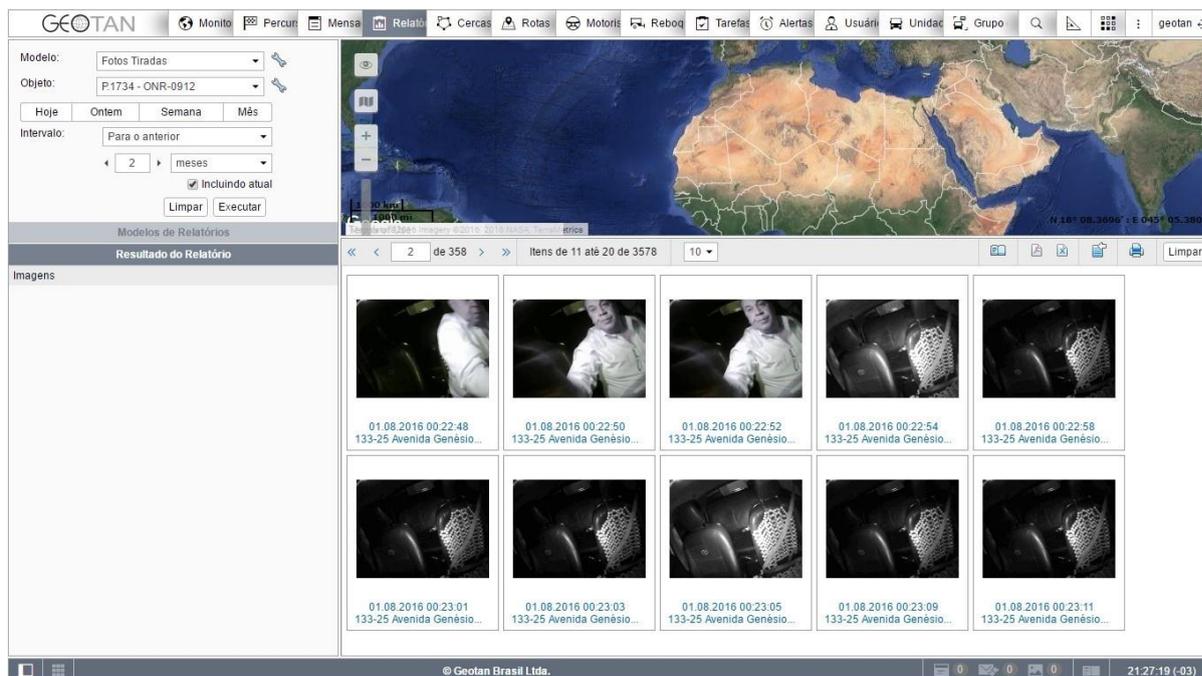


FIGURA 08 – Fotos enviadas ao *software* de gerenciamento telemático, mediante comando remoto. Operação realizada em veículo de transporte público (GEOTAN, 2016).

O restante dos sensores periféricos externos envia seus parâmetros em tempo real para o módulo rastreador, que os retransmite à central de monitoramento. À caráter do projeto, podem incluir, medidores piezelétricos de pressão dos pneus, de peso de minério/estéril na caçamba, botões de pânico, inclinação do veículo, abertura de porta, temperatura, choque, etc.

O sistema de detecção de proximidade à RFID tem operação autônoma e contínua. Não há necessidade de *download* de dados. Operação exclusivamente *in loco*: todos os sinais audiovisuais emitidos e quaisquer outros alertas são restritos à cabine do veículo. Cada veículo contém um módulo (com uma antena emissora e um *transponder*), que se comunica com os módulos dos outros veículos da mina e com os *tags* de cada pedestre através de sinais de radiofrequência. A antena emissora do veículo “A” emite ondas e detecta o *transponder* do veículo “B”, que reflete o sinal emitido de volta ao veículo “A”. Assim, é detectada a presença de tal veículo “B” e, à medida que este se aproxima do veículo “A”, a intensidade deste sinal aumenta, causando um aumento na frequência do alerta. A operação idêntica ocorre quando tomamos de exemplo o veículo “B”.

Tal tecnologia proporciona também indicar a direção de aproximação entre dois ou mais veículos. Problemas de falta de visibilidade por más condições climáticas ou devido a barreiras físicas ou geográficas, como uma pilha de estéril ou uma intersecção na mina (FIG 09), são solucionados com a advento desta tecnologia. Outro exemplo de aplicação é no caso

da delimitação do perímetro de segurança na operação de giro de retroescavadeiras (FIG 10), alertando o condutor desta zona delimitada, “impedindo” que o mesmo se adentre através do disparo de alertas, evitando uma possível situação de risco ou acidente.



FIGURA 09 – Sistema CPS em ação, alertando os condutores da aproximação dos veículos mediante uma intersecção (SAFEMINE, 2016).

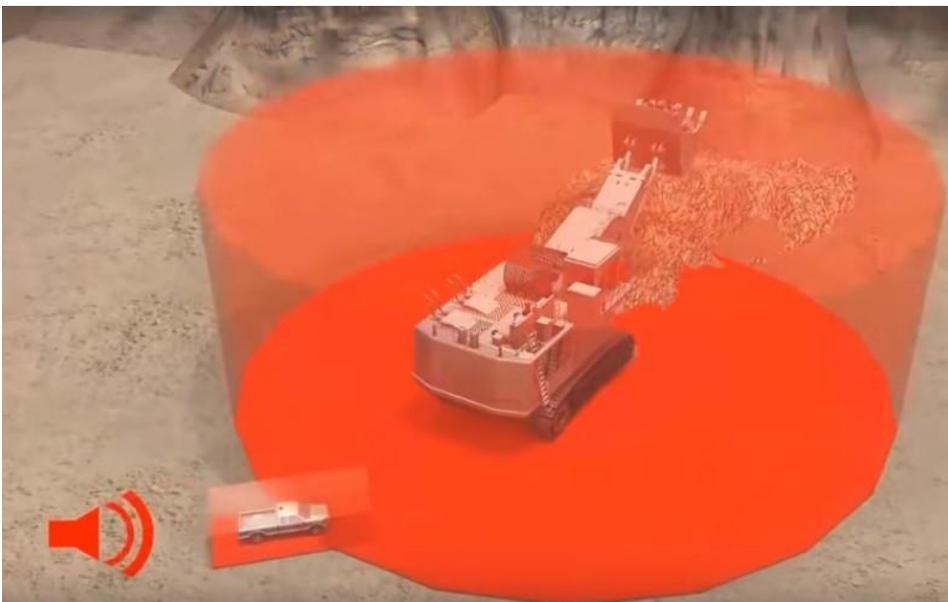


FIGURA 10 – Sistema CPS em ação, alertando os condutores da aproximação dos veículos mediante uma operação de escavação/carregamento (SAFEMINE, 2016).

Os *tags* acoplados nos pedestres funcionam como *transponders*, fazendo-os passíveis de serem detectados dentre uma distância de segurança, gerando os mesmos tipos de alertas

dentro da cabine do veículo, tornando a operações de tráfego na mina ainda mais seguras para todos operadores e condutores.

Por fim, a câmera de visão noturna e anti-neblina. Combinada com o sistema de detecção de proximidade, permite um ganho substancial na segurança do tráfego nas vias da mina. Operações noturnas, sob neblina (FIG 11) ou qualquer outra adversidade climática são assimiladas pelo condutor como regulares, no quesito visibilidade. Através da tela LCD instalada no painel do veículo, pode-se ter uma melhor perspectiva e percepção de todo ambiente que se sucede, assim como conseguir enxergar além do alcance dos faróis (FIG 12), onde há um ganho considerável de tempo para premeditar e planejar ações. Claro, as condições das vias devem ser levadas em conta e o padrão de direção adaptado a elas.



FIGURA 11 – Comparativo de visibilidade numa situação sob neblina com a câmera desligada (esquerda), e ligada (direita). NV-SC150 (PROTRULY, 2016).

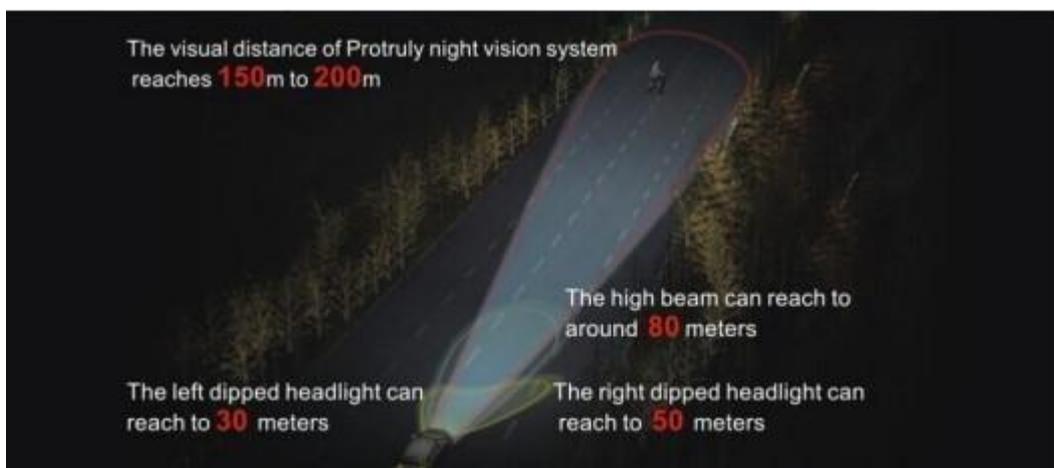


FIGURA 12 – Comparativo de visibilidade entre feixes de farol baixo, alto e a câmera de visão noturna. NV-SC150 (PROTRULY, 2016).

Facultativamente, mídias externas podem ser acopladas a esta câmera para gravação local das imagens captadas. Geralmente são usados cartões de memória. Ferramenta útil também na eventualidade de um acidente e posterior auxílio para investigação das causas.

### 3.4 TRATAMENTO DE DADOS

Compreende a extremidade do fluxo de dados e informações gerados por todos os processos e operações. Envolve o *software* de gerenciamento telemático e a maneira na qual os dados que chegam são interpretados e exibidos ao controlador.

Ao modo que o conjunto de informações e comandos possíveis de serem trocados entre *software* e dispositivos eletrônicos, dá-se o nome de protocolo de comunicação. Este protocolo é o responsável por estabelecer o *link* entre as partes e proporcionar sua conversação.

A cada vez que informações são transmitidas via *wi-fi* do módulo rastreador até a antena receptora no escritório da mina, é enviado 01 (um) pacote de dados. Este único pacote, contém **todas** as informações captadas pelos sensores, pelo sistema CAN Bus e pelo próprio rastreador, e tem a forma de uma *string*<sup>4</sup> de programação. Porém, são dados não-tratados. Cada “pedaço” desta *string* corresponde a um tipo de informação específica, de um determinado componente. Cada um destes “pedaços” é denominado **parâmetro**. A cada parâmetro é atribuído um valor numérico.

A partir deste ponto, inicia-se o tratamento dos dados pelo *software*. Numa primeira etapa, são criados todos os sensores virtuais (FIG 13). Estes sensores diferem-se pelo tipo, e cada um deles identifica um dos parâmetros constituintes da *string* (ou pacote de dados). Para cada parâmetro é atribuído um nome durante a criação deste sensor. Este nome será o nome de exibição na tela de monitoramento ou na janela de telemetria (FIG 14), para aquele determinado sensor. Para cada valor (ou intervalo de valores) do parâmetro, é atribuído um texto de saída. Os exemplos a seguir retratam melhor a explanação acima:

- i. Para o parâmetro “**eng\_temp=97**”, é atribuído o nome de exibição “Temperatura do Motor”, com valor igual a “97°C”.
- ii. Para “**avl\_driver=86750092**”, tem-se “Nome do Condutor”, e já previamente cadastrado no sistema, o número “86750092” do identificador tipo *button* corresponde ao motorista “José Cláudio”, possessor do *button*. Quando o pacote de dados chega ao sistema contendo este parâmetro com esta informação, tem-se o texto de saída, por exemplo, “José Cláudio efetuou registro e ignição do veículo CAT785\_B, às 14:36h, na data de 13/10/2014...” e quaisquer outras informações que se desejar adicionar, além de ter efetuado o registro do motorista, que comporá relatórios, tarefas, etc.

- iii. Para “**output007=0**”, tem-se “Caçamba Horizontal”, enquanto para “**output007=1**”, tem-se “Caçamba Basculhada”.

Temos, desta forma, uma maneira de qualificar e quantificar todas informações provenientes dos pacotes de dados, exibindo-as em tempo real para o controlador.

Latitude e longitude, hora, data, velocidade, tensão de alimentação, carga da bateria, estado de ignição, horas de motor ligado, quilometragem percorrida, condutor, consumo de combustível, informações de sensores periféricos e da rede CAN Bus, entre dezenas de outros parâmetros, são algumas informações que podem ser tratadas dos pacotes de dados e fornecidas pelo *software*. Sendo o foco deste trabalho a prevenção de acidentes com auxílio da telemática, foram brevemente exemplificadas.

Todos estes parâmetros podem ser selecionados e suas informações cruzadas para compor os mais diversos tipos de relatórios.

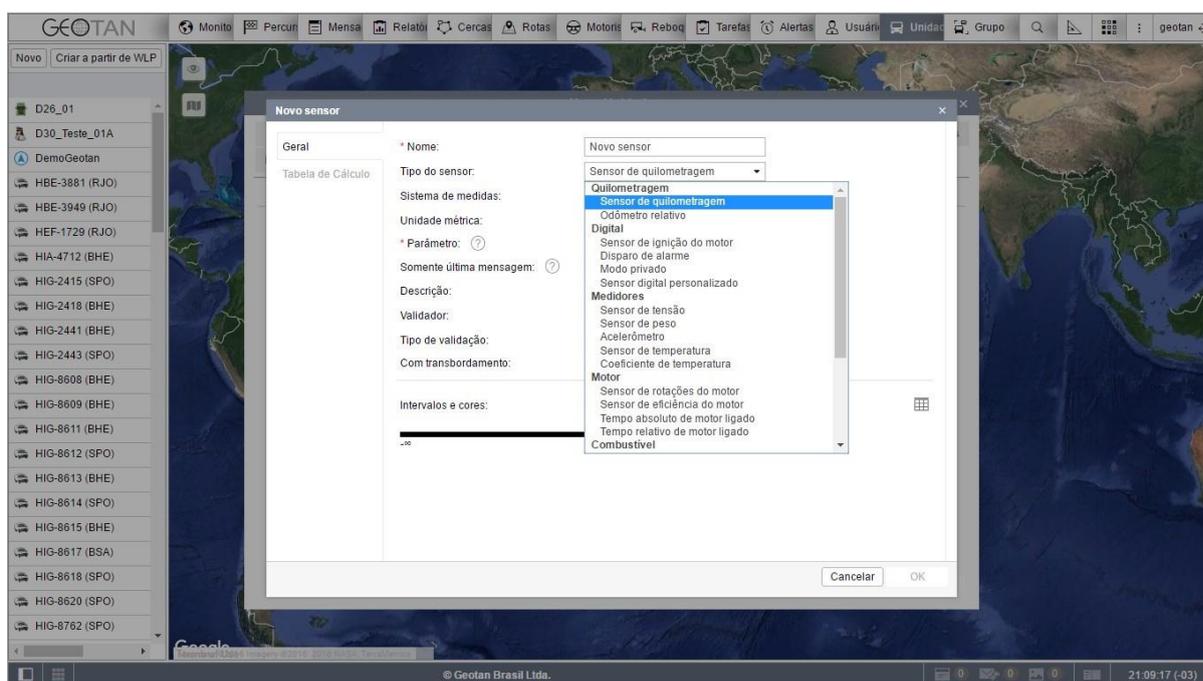


FIGURA 13 – Criação dos sensores virtuais para leitura de parâmetros (GEOTAN, 2016).

<sup>4</sup> Em programação, uma *string* é uma sequência contígua de símbolos ou valores, tais como uma *string* de caracteres ou uma *string* de dígitos binários (ROUSE, 2005).

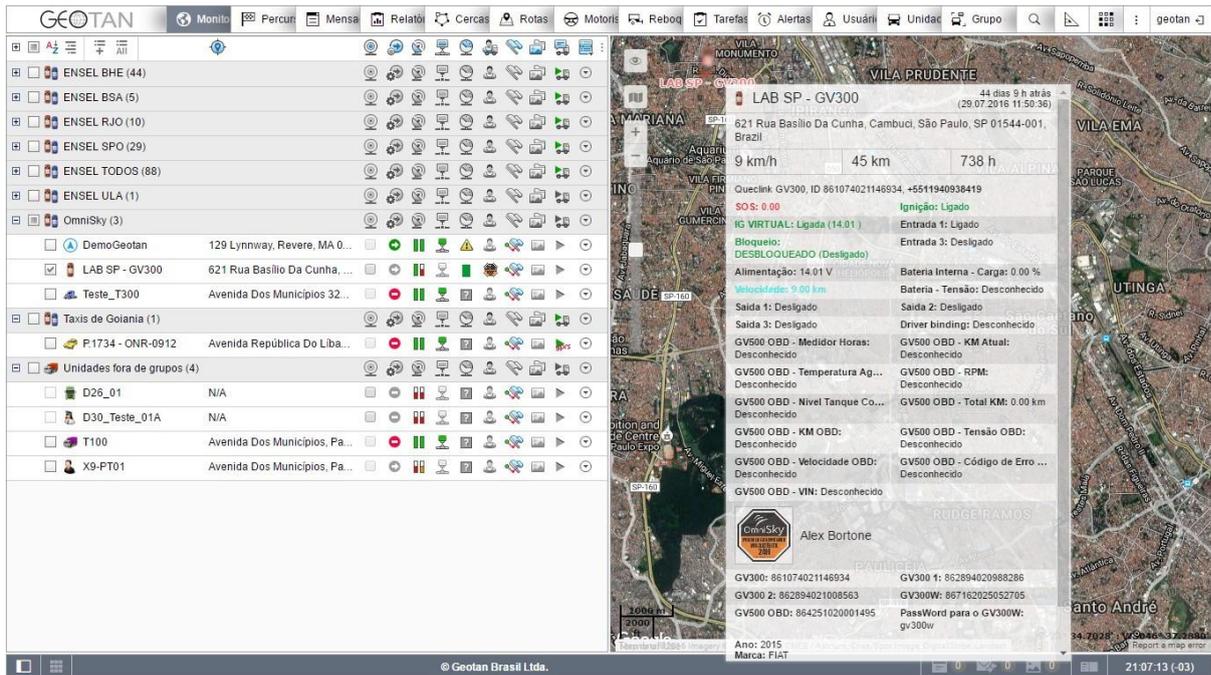


FIGURA 14 – Exemplo de janela de telemetria, exibindo valores de alguns parâmetros (GEOTAN, 2016).

### 3.4.1 ECO-DRIVING

É um sistema de pontuação de condutores baseado nas violações cometidas. As penalidades variam de acordo com a gravidade da infração. Podem ser, por padrão: excesso de velocidade, aceleração/frenagem/curvas bruscas e direção imprudente.

Através deste sistema, permite-se classificar os condutores segundo seus padrões de direção e comportamento. A partir de um conjunto de regras desenvolvido, parametriza-se o que pode ser definido como padrão de direção ideal. Qualquer infração a este padrão, é registrada e protocolada.

Como medida mitigadora, a plotagem de eventos num mapa da mina, como a distribuição das velocidades médias (FIG 15) ao longo das vias, permite à equipe de planejamento ter um macro visão sobre possíveis precauções relacionadas à segurança dentro da mina.

Observando-se a figura rapidamente, pode-se identificar áreas da mina que devem ser alvo de medidas remediadoras. Podem incluir: melhor sinalização, monitoramento *in loco*, treinamento para conscientização, ou até mesmo replanejamento da via em si, para desencorajar o excesso de velocidade.



FIGURA 15 – Violações de velocidade numa mina ativa na Austrália. Verde indica abaixo do limite de velocidade, amarelo indica excesso de velocidade entre 0-10%, laranja entre 10-20% e, vermelho mostra velocidades maiores que 20% acima do permitido. Pode-se observar que após os caminhões descarregarem no *Dump Point*, por estarem mais leves, adquirem maior velocidade, cometendo as violações de excesso de velocidade com maior frequência. *Vehicle Operation Safety Monitoring Using Context Based Metrics: A Case Study.*

Outro exemplo, seria a criação de alertas baseados em interposição de cercas-eletrônicas<sup>5</sup> (FIG 16) estabelecidas sobre os veículos da mina em que não são permitidos uma aproximação a outro maior que uma determinada distância, justamente para se evitar possíveis colisões.

Caso estes veículos, tomados de exemplo, se aproximem um do outro por uma distância maior que a permitida, isso gera um alerta automático no sistema, identificando o veículo e o motorista responsável, efetuando o registro de tal **evento**. Como dito, estes eventos compõem relatórios, que por sua vez, são usados no desenvolvimento das tarefas automáticas do *software*.

Tem-se assim, a possibilidade de criar um histórico de cada motorista individualmente, compreendendo todos os tipos de infrações existentes, e aplicar-lhe as medidas cabíveis.

<sup>5</sup> Cercas-eletrônica, do inglês *geofence*, é uma funcionalidade de alguns *softwares* que se utilizam de sistemas de posicionamento global para (GPS) ou radiofrequência (RFID) para definir limites geográficos. Uma cerca-eletrônica é uma barreira virtual (ROUSE, 2015).

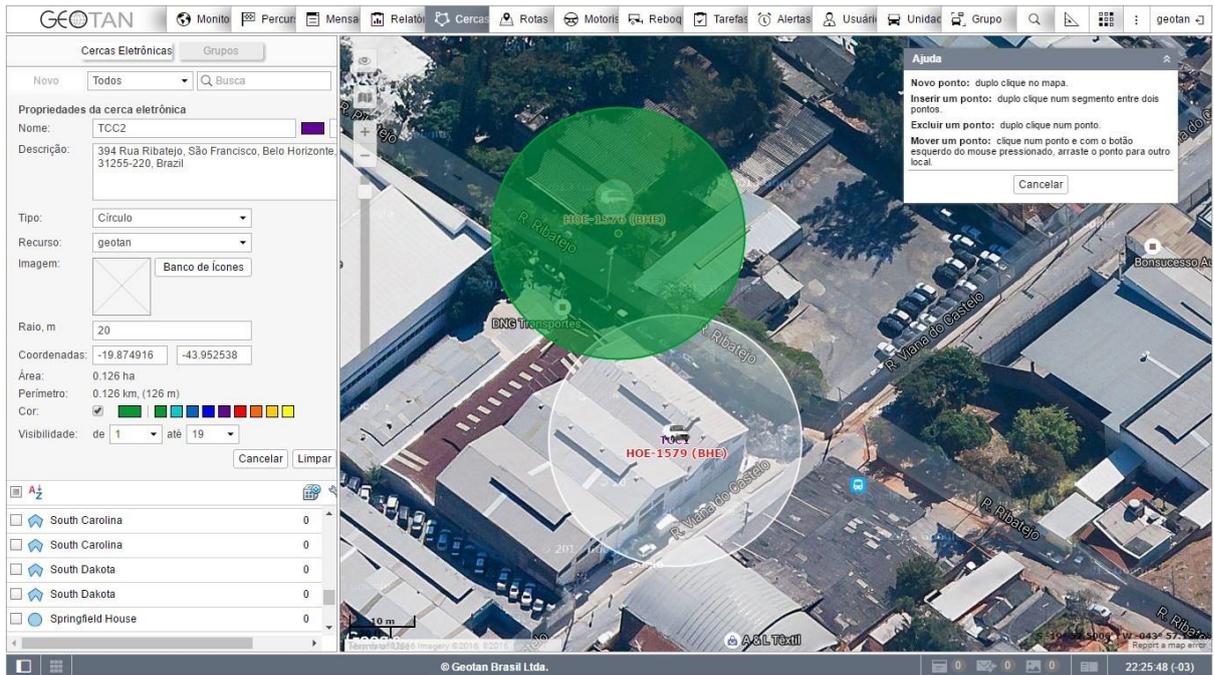


FIGURA 16 – Interposição de cercas eletrônicas, com raio de 15m cada. Funcionalidade aplicada em dois veículos de uma frota particular (GEOTAN, 2016).

Diferentemente do CPS à radiofrequência, com atuação *in loco* e em tempo real, para efetivamente prevenir uma colisão através dos alertas audiovisuais, a criação de cercas eletrônicas tem por objetivo a averiguação dos protocolos estabelecidos e a fiscalização do cumprimento do conjunto de regras pelos condutores e operadores. Tem função meramente estatística, porém fundamental no planejamento de segurança e, conseqüentemente, de infraestrutura da mina.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como mostrado, a solução pode ser útil à medida que auxilia na prevenção de acidentes e manutenção da segurança de ativos (inclusive pedestres) e passivos da mina, além do controle de comportamento de condutores. Inúmeros são os tipos de informações e estatísticas que podem ser depreendidas dos dados enviados dos veículos, como exemplificado, os padrões de velocidade nas diferentes zonas da mina. Da mesma forma, pode-se verificar violações, classificando-as segundo os tipos de veículo, por exemplo. Tal gráfico poderia ressaltar se uma classe particular de veículos possui um potencial superior de conflitos e/ou riscos. Talvez o modelo/tamanho do veículo faz com que as violações sejam mais prováveis de acontecer, ou talvez treinamento específico seja requerido para condutores daquela determinada classe de veículos.

Como este trabalho tem por objetivo narrar e descrever tecnologias, equipamentos e suas operações e funcionalidades e, pelo fato de que estas tecnologias (combinadas como uma solução) não foram apresentadas nem ainda desenvolvidas efetivamente e colocadas em teste no mercado, não será possível a apresentação de resultados concretos.

Para efetuar-se projeções, levantamentos estatísticos do provável decréscimo de acidentes e sinistros e medições da efetividade desta solução, seria necessário um período de ao menos doze meses corridos a partir da completa implementação do sistema e treinamento dos operadores.

Uma grande vantagem de todo o conteúdo apresentado é o baixíssimo custo de implementação. Comparado às tecnologias de aplicabilidade e funcionalidades semelhantes já existentes no mercado, o custo mostra-se extraordinariamente menor, o que viabilizaria a compra/instalação desta solução por empreendimentos minerários de pequeno porte.

De acordo com o demonstrado no âmbito deste trabalho, fica explícito que este não compreende nenhum ponto negativo ou desvantajoso, que inviabilizaria sua implementação nos empreendimentos minerários, independentemente do porte. Uma solução que propõe proteção à vida e aos ativos da companhia, redução de custos, melhoria de processos, auxílio aos planejamentos, etc., despertaria, por si só, a apetência de diretores e gestores de mina que venham a conhecer a solução.

## 5 CONCLUSÃO

A vasta abrangência de possibilidades que um sistema que se utiliza de telemetria traz ao usuário foi mostrada neste trabalho. Combinando-se os *hardwares* e *softwares* adequados a este tipo de operação, sendo estes integralmente protocolados e compatíveis entre si, obtém-se um sistema de altíssima precisão, confiabilidade, robustez e utilidade.

Com o domínio das tecnologias utilizadas e treinamento orientado para solução, engenheiros de minas, de segurança do trabalho, de telecomunicações, etc. podem, trabalhando juntos, desenvolver os mais diversos tipos de relatórios, tarefas automatizadas, alertas e alarmes, criar bancos de dados, históricos, constituir estatísticas de todo tipo de natureza. Isto é, independentemente do tamanho da mina, da frota ou do quadro de funcionários, esta solução telemática, devido a sua alta capacidade de customização e personalização, se molda a qualquer tipo e tamanho de operação, seja pequena ou grande, seja mineração, construção civil, operações logísticas e transportes, fábricas e indústrias ou agropecuária.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DRIVER FATIGUE MONITOR, MR688. **CareDrive**. Shenzhen, China. 2014.

DUARTE, Aurélio Benedito. **Telemetria Aplicada à Manutenção de Equipamentos de Mineração**. 2008. Disponível em: <[http://www.brasilminingsite.com.br/anexos/artigos/11\\_0.pdf](http://www.brasilminingsite.com.br/anexos/artigos/11_0.pdf)>. Acesso em: 07 ago. 2016.

FM5500 – RS232/RS485, 2xSIM, CAN bus. Advanced GLONASS/GPS/GALILEO/GSM Terminal for high-end applications. Technical details. In: **Teltonika Coporation**. Vilnius, Lituânia. 2016. Disponível em: <<https://www.teltonika.lt/product/fm5500-rs232rs485-2xsim-can-bus/>>. Acesso em 12 set. 2016.

INTRODUCTION OF AUTO ACTIVE NIGHT VISION SYSTEM NV-SC150. **Protruly**. Shenzhen, China. 2014.

JARY, Simon. What is the difference between 3G, 4G, GPRS, E and Wi-fi: Mobile connectivity explained. **PC Advisor**. Londres, Reino Unido. 2014. Disponível em: <<http://www.pcadvisor.co.uk/feature/network-wifi/what-is-difference-between-3g-4g-gprs-e-wi-fi-3509254/>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

KA-PING, Yee. What's a mediator? In: **Zesty**. Canadá. 2000. Disponível em: <<http://zesty.ca/mediator.html>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

KLOOS, Gerald; GUIVANT, José; NEBOT, Eduardo. Range Based Localisation Using RF and the Application to Mining Safety. **International Conference on Intelligent Robots and Systems**. Beijing, China. 2006.

MUCEVSKI, Kiril. Automotive CAN Bus System Explained. In: **LinkedIn Pulse**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/automotive-can-bus-system-explained-kiril-mucevski>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

PLATAFORMA DE MONITORAMENTO & RASTREAMENTO GEOTAN®. **Geotan Geo Telemática Analítica Ltda**. Uberlândia, Brasil. 2016.

RFID Technology. What is RFID Technology? In: **NX-id**. Cidade do México, México. 2011. Disponível em: <<http://www.nx-id.com/web/quienes-somos.php?content=introduccion&lang=en>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

ROUSE, Margaret. Network hardware glossary. GEO-FENCING. In: **TECH Target**. Atlanta, Estados Unidos da América, 2015. Disponível em: <<http://whatis.techtarget.com/definition/geofencing>>. Acesso em 12 set. 2016.

ROUSE, Margaret. Programming glossary. **STRING**. In: **TECH Target**. Atlanta, Estados Unidos da América, 2005. Disponível em: <<http://whatis.techtarget.com/definition/string>>. Acesso em 12 set. 2016.

ROUSE, Margaret. RFID (radio frequency identification). Internet of Things Agenda. In: **TECH Target**. Atlanta, Estados Unidos da América, 2007. Disponível em: <<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/RFID-radio-frequency-identification>>. Acesso em: 04 ago. 2016.

RUAS, Eline Márcia Mendes. **TELEMÁTICA**. In: **DICIONÁRIO Informal**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.dicionarioinformal.com.br/telem%C3%A1tica/>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

THE First Choice for Traffic Safety in Surface Mining. Advanced Traffic Safety Solutions for Surface Mining. In: **SAFEmine**. Baar, Suíça. 2013. Disponível em: <<http://www.safe-mine.com/>>. Acesso em: 04 ago. 2016.

THE Global Positioning System. **Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics**. Washington, D.C, Estados Unidos da América, 2014. Disponível em: <<http://www.gps.gov/systems/gps/>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

WARD, James; WORRALL, Stewart; AGAMENNONI, Gabriel; NEBOT, Eduardo. Vehicle Operation Safety Monitoring Using Context Based Metrics: A Case Study. **IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops**. Gold Coast, Austrália. 2013.

WORRALL, Stewart; NEBOT, Eduardo. Using Non-Parametric Filters and Sparse Observations to Localise a Fleet of Mining Vehicles. **IEEE International Conference on Robotics and Automation**. Roma, Itália, 2007.