

UTILIZAÇÃO DE SENSOR DE VIBRAÇÃO EM VEÍCULOS QUE CIRCULAM EM MINA DE CÉU ABERTO, PARA DETECÇÃO DE DEPRESSÕES NA VIA.

Hélio Morais Cruz ¹

Luiz Otávio Veloso ²

Ronan Loschi Rodrigues Ferreira ³

RESUMO

Este artigo apresenta um protótipo capaz de detectar as depressões nas vias de uma mineração, utilizando um sensor de vibração integrado a um micro-controlador. O sistema de aquisição de dados foi constituído por acelerômetro SW420, uma plataforma de prototipagem (Arduino Uno), um GPS GY_6MV2 e embarcados em uma caminhonete modelo Hilux. O acelerômetro e o GPS funcionam conectados eletronicamente à placa Arduino sendo capaz de fornecer dados numéricos de vibração e localização, que atualizam no decorrer de uma experiência. A pesquisa foi de natureza aplicada com abordagem qualitativa, objetivo exploratório com revisão de literatura e experimentação. Os dados foram coletados por um computador rodando um software capaz de ler os dados recebidos. A análise foi por meio de comparação entre os achados. Os resultados experimentais são mostrados e confrontados com resultados esperados.

Palavras-chave: Sensor de Vibração, GPS - Sistema de Posicionamento Global, Arduino, Sistema de Despacho.

ABSTRACT

This article presents a prototype capable of detecting depressions in the pathways of a mining, using a vibration sensor integrated with a microcontroller. The data acquisition system consisted of the SW420 accelerometer, a prototyping platform (Arduino Uno), a GPS GY_6MV2 and shipped in a Hilux model van. The

¹ Graduado em Engenharia de Controle e Automação Fasar E-mail: heliocruz1950@hotmail.com

² Especialização em Docência do Ensino Superior UCAM E-mail: luizotaviaveloso@yahoo.com.br

³ Mestre em Informática PUC Minas E-mail: ronan.loschi@gmail.com

accelerometer and GPS function electronically connected to the Arduino board being able to provide numerical data of vibration and location, which update during an experiment. The research was of applied nature with qualitative approach, exploratory objective with literature review and experimentation. The data were collected by a computer running a software capable of reading the data received. The analysis was by comparison of the findings. The experimental results are shown and compared with expected results.

Keywords:Vibration Sensor, GPS - Global Positioning System, Arduino, Dispatch System.

1. INTRODUÇÃO

Para minimizar os custos e aumentar a lucratividade do negócio, as mineradoras analisam os possíveis impedimentos operacionais, ou seja, restrições, que impactam diretamente no ciclo de transporte do minério entre a cava e o processo de beneficiamento (SILVA, 2001).

Uns dos fatores que contribui com os impedimentos operacionais são as irregularidades nas vias de acesso, onde equipamentos de transporte são obrigados a diminuir a velocidade na via, assim gerando atraso no ciclo extração/beneficiamento. Além deste fator, as irregularidades nas vias podem gerar queda de material ao longo do trajeto e também podem danificar seriamente a suspensão dos equipamentos de transporte. Um estudo australiano destaca que buracos e ondulações no pavimento podem causar deslocamento na carga de caminhões ou a capotagem dos mesmos (SILVA, 2001). Diante do exposto essa pesquisa buscou responder à seguinte questão norteadora: qual a viabilidade técnica e econômica, para a instalação de sensor de vibração, em veículos que circulam em mina de céu aberto, para a detecção de depressões na via?

Uma vez que, estes tipos de problemas apresentam consequências no transporte de carga, torna-se indispensável a realização de estudos, com base na coleta de dados resultantes durante o transporte.

Diante da teoria apresentada sobre a interface, visualizou-se de forma clara e objetiva a hipótese de que o sensor de vibração irá ajudar a identificar as

irregularidades das estradas na mina. O objetivo geral do estudo foi desenvolver um protótipo para detectar as depressões nas vias, utilizando sensores de vibração integrada a um micro controlador Arduino. Espera-se que ao usar essa interface o sistema será capaz de gravar as coordenadas GPS dos eventos detectados pelo sensor de vibração e alertar o despachante, supervisores e / ou operadores quando o evento ocorreu. Toda esta informação é armazenada na base de dados para a análise histórica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem a intenção de mostrar como detectar de forma automatizada as depressões na via utilizando micro controlador e sensor de vibração de baixo custo. Para chegar aos objetivos da pesquisa, a metodologia aplicada está demonstrada na Quadro 1:

Quadro 1 - Quadro Metodológico

Tipo de pesquisa		Característica		
Quanto à natureza	Quanto a forma de abordagem do problema	Quanto aos objetivos do projeto	Quanto aos procedimentos	Tipos de instrumento
Aplicada	Quantitativa	Exploratória	Revisão Bibliográfica e Experimentação	Observação dos efeitos produzidos

Fonte: Adaptado de (PRODANOV;FREITAS,2013)

Os materiais necessários para o desenvolvimento do protótipo estão listados na Quadro 2 com a função de cada componente:

Quadro 2 - Componentes utilizados na montagem

Componente	Descrição	Aplicação no Protótipo
1 x Arduino Uno R3	Placa de prototipagem eletrônica com entradas e saídas digitais e analógicas capaz de controlar vários dispositivos.	Controle do Equipamento

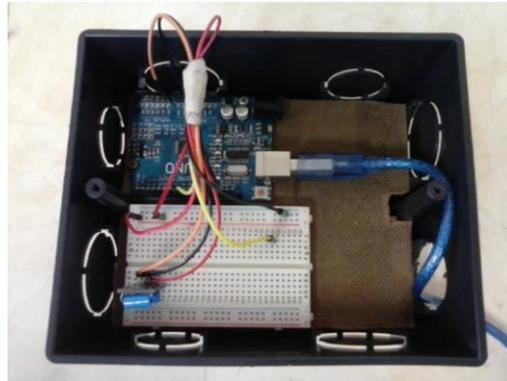
1x Protoboard	Segundo(Sousa, 2015) protoboard é usada para fazer montagens provisórias, teste de projetos, além de inúmeras outras aplicações.	Ligação entre os componentes do protótipo através de jumpers.
1 x GPS GY6MV2	GPS é um sistema de navegação por satélite com um aparelho móvel que envia informações sobre a posição de algo em qualquer horário e em qualquer condição climática. (KALINOWSKI, 2006).	Registro das coordenadas necessárias para marcar as depressões na pista.
1 x Sensor de vibração SW420.	Pode ser utilizado em um sistema que monitora vibrações de determinada superfície e quando a intensidade da vibração for maior que o valor definido no sensor, o microcontrolador é informado e executa uma ação definida no código.	Detecção da vibração que acontece quando o veículo passa sobre a depressão na pista.
Jumpers	Fios com a ponta rígida que possibilitam a ligação entre o Arduino os sensores e a protoboard.	Ligação dos componentes para correto funcionamento do protótipo.
Caixa Plástica	Caixa plástica com dimensões que comportem os componentes e possa ser instalada no veículo.	Acomodação dos componentes para facilitar o transporte e a instalação.

Fonte: Do Autor

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente pretendia-se embarcar o protótipo no Sistema de Despacho Eletrônico existente em uma mineradora. A ideia era utilizar o computador de bordo, GPS e radio wireless existente em um caminhão fora de estrada, para enviar dados do sensor de vibração em tempo real para uma sala de controle de equipamentos. Os dados coletados seriam armazenados em um banco de dados para análise futura. Por falta de meios (alteração no código fonte, customização e tempo para inserir o código fonte no Sistema de Despacho), este teste não chegou a ser realizado junto ao sistema. Porém, o circuito equivalente ao protótipo foi construído conforme a Figura 1.

Figura 1 – Protótipo sem o GPS



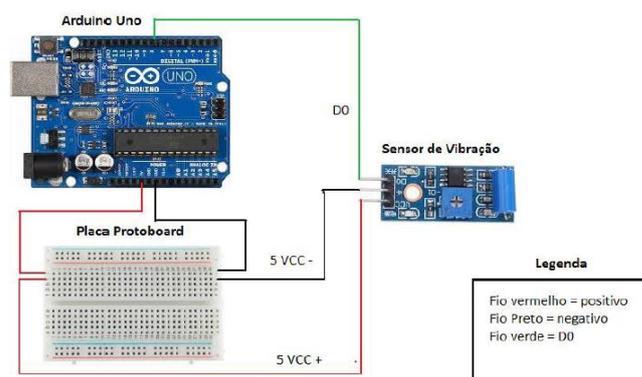
Fonte: Do Autor

A ligação elétrica do arduino com sensor de vibração ficou a seguinte:

- O arduino foi alimentado com a tensão de 5 volts da porta serial do notebook;
- O sensor de vibração foi alimentado com a tensão de 5 volts e GND do arduino;
- A porta de entrada/saída digital 08 do arduino foi ligada a porta digital do sensor de vibração D0;

A Figura 2 representa o diagrama elétrico do protótipo.

Figura 2 - Diagrama elétrico do protótipo sem o GPS



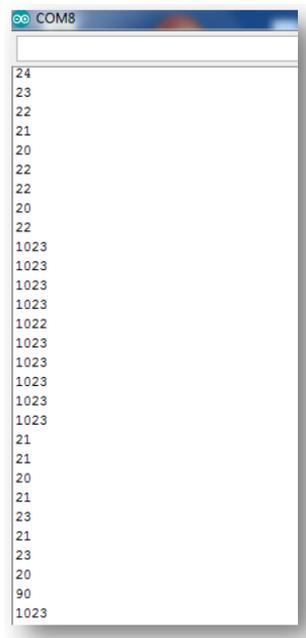
Fonte: Do Autor

Depois de realizar as conexões elétricas, foi desenvolvida a programação no micro controlador que é capaz de comunicar com o sensor de vibração SW420 através da

porta analógico A0 do arduino e D0 do sensor de vibração, podendo ser visto seu funcionamento no monitor serial. Após inserir o código para coletar os dados do sensor de vibração foi necessário realizar vários testes de vibração para saber o nível de vibração necessário para ativar e desativar o sensor. Através do trimpot, presente no sensor, foi possível ajustar o nível de sensibilidade de vibração e realizar a leitura inicial dos valores emitidos pelo sensor.

O programa após ser compilado e enviado para o microcontrolador apresenta os dados gerados na opção serial monitor da ferramenta Arduino conforme a Figura 3.

Figura 3 - Dados do Sensor de Vibração



Fonte: Do Autor

A leitura do sensor de vibração ficou a seguinte:

- Quando o sensor de vibração registrar sensibilidade maior ou igual a 1022, saída digital igual a 0, existe depressão na via de acesso;
- Quando o sensor de vibração estiver entre 20 a 24 conforme a figura 14 não existe vibração, saída digital igual a 1. O valor entre 0 a 1024 é o nível de tensão na porta analógica. Quando o sensor está em estado de espera, ele esta em nível 1, quando há vibração, o valor vai subindo até chegar a 1024, sendo assim o sensor esta em nível 0.

Para implementar o protótipo foi utilizado um GPS GY 6MV2. A função do GPS no protótipo é registrar as coordenadas quando o sensor de vibração emitir um sinal nível zero. A Figura 4 ilustra a implementação do GPS no protótipo.

Figura 4 - GPS Adicionado ao Protótipo



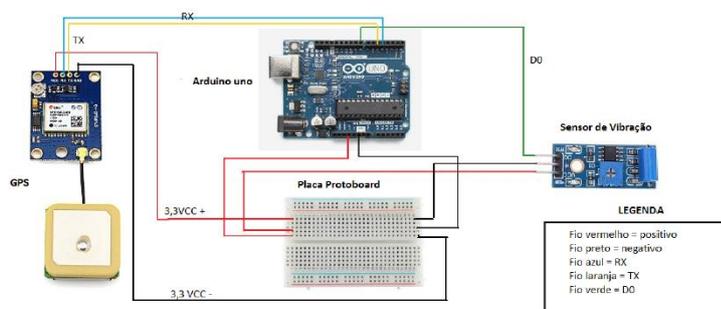
Fonte: Do Autor

A ligação elétrica do arduino com o GPS ficou a seguinte:

- O GPS foi alimentado com a tensão de 3,3 volts e GND do arduino;
- Nos pinos 3 e 4 do arduino foram ligados o RX e TX do GPS.

A Figura 5 representa o diagrama elétrico do protótipo.

Figura 5 - Diagrama elétrico do protótipo completo



Fonte: Do Autor

Depois de realizar as ligações elétricas, foi desenvolvido um software no microcontrolador que é capaz de comunicar com GPS através das saídas digitais 3 e 4, podendo ser visto seu funcionamento através da ferramenta monitor serial .

O programa após ser compilado e enviado para o microcontrolador, apresenta os dados gerados na opção serial monitor da ferramenta Arduino, A Figura 6 ilustra os dados gerados pelo GPS na opção serial monitor.

Figura 6 - Teste do GPS no Monitor Serial

```
Latitud/Longitud: -20.48314, -43.91562  
Fecha: 3/11/2016 Hora: 10:59:3.0  
Altitud (metros): 1000000.00  
Rumbo (grados): 0.00  
Velocidad(kmph): 0.17  
Satelites: 255
```

Fonte: Do Autor

O GPS envia dados de latitude, longitude e altitude, dia e hora que foi coletado os dados de coordenadas, velocidade do veículo em quilômetros por hora e numero de satélites encontrados ao longo do percurso.

Depois de testado os dois programas foi unificado o código do sensor de vibração com o código do GPS. Este código permite que o sensor de vibração detecte a depressão na via e o GPS por sua vez irá buscar as coordenadas onde o sensor gerou o nível de vibração.

Para coletar os dados do sensor de vibração e GPS foi necessário utilizar uma caminhonete modelo HILUX, ela poderia passar em depressões de tamanhos similares nas vias, o que aumentaria as variações das vibrações fornecidas pelo sensor de vibração, facilitando a análise dos dados.

O micro controlador e o sensor de vibração foram instalados dentro de uma caixa e o GPS foi instalado na parte superior da tampa da caixa. O Protótipo foi embarcado no interior da caminhonete próximo ao freio de estacionamento, para que os mesmos estejam conectados a um computador com o sistema desenvolvido devidamente configurado. A Figura 7 ilustra o protótipo instalado no interior da caminhonete.

Figura 7 - Protótipo instalado para os testes



Fonte: Do Autor

O teste foi realizado no dia 03/11/2016 às dez horas e cinquenta e três minutos, através do GPS foi marcado o ponto inicial do teste. O GPS atualizou as coordenadas geográficas do local de partida. A Figura 8 ilustra as coordenadas geográficas do ponto inicial do teste.

Figura 8 - Coordenadas do ponto inicial

```
Latitud/Longitud: -20.48314, -43.91562
Fecha: 3/11/2016 Hora: 10:59:3.0
Altitud (metros): 1000000.00
Rumbo (grados): 0.00
Velocidad(kmph): 0.17
Satelites: 255
```

Fonte: Do Autor

Às treze horas e trinta e quatro minutos foi detectada a primeira depressão na área do Esmeril. O nível de vibração estava acima nível recomendado pelo sensor de vibração. Quando o nível de vibração passar de 1022 é porque existe depressão na via. A caminhonete utilizada para o teste, estava em uma velocidade de 40 Km/h, Foi necessário diminuir a velocidade para 38 Km/h para passar na depressão. A Figura 9 ilustra o nível de vibração na área do Esmeril.

Figura 9 - Detecção da primeira depressão na via

```
24
20
21
20
23
22
1023
Latitud/Longitud: -20.46255, -43.93977
Fecha: 3/11/2016 Hora: 13:34:1.0
Altitud (metros): 1309.80
Rumbo (grados): 338.71
Velocidad(kmph): 38.24
Satelites: 9
```

Fonte: Do Autor

O segundo ponto de depressão na via foi marcado próximo a área do Batateiro. Quando a caminhonete aproximou se da depressão foi obrigada a diminuir a velocidade de 40 km/h para 12 km/h. O nível de vibração estava acima do recomendado pelo sensor de vibração. A Figura 10 ilustra o local, hora, velocidade da caminhonete ao passar na depressão.

Figura 10 - Detecção da segunda depressão na via

```
23
23
20
23
Latitud/Longitud: -20.47919, -43.93931
Fecha: 3/11/2016 Hora: 13:41:44.0
Altitud (metros): 1316.90
Rumbo (grados): 149.45
Velocidad(kmph): 12.20
Satelites: 9
23
22
```

Fonte: Do Autor

O terceiro ponto de depressão na via foi marcado próximo da área da 4i. Quando a caminhonete aproximou se da depressão foi obrigada a diminuir a velocidade de 50 km/h para 46 km/h. O nível de vibração estava acima do recomendado pelo sensor de vibração. A Figura 11 ilustra o local, hora, velocidade e a posição em graus da caminhonete ao passar na depressão.

Figura 11 - Detecção da terceira depressão na via

```
23
22
1023
Latitud/Longitud: -20.47739, -43.92715
Fecha: 3/11/2016 Hora: 13:46:43.0
Altitud (metros): 1293.30
Rumbo (grados): 40.80
Velocidad(kmph): 46.00
Satelites: 11
20
23
```

Fonte: Do Autor

Todas as coordenadas registradas foram testadas através da ferramenta Google Earth o que mostrou a confiabilidade do sistema, apontando o ponto onde foi detectada a depressão.

CONCLUSÃO

A telemetria é uma ferramenta para a mudança de cultura. É preciso continuar introduzindo tecnologias avançadas, como o monitoramento remoto para identificar os problemas muito antes das falhas.

O objetivo do projeto foi utilizar um sensor de vibração em veículos que circulam em mina de céu aberto, para detecção de depressões na via. Foi desenvolvido um software para obter os dados atribuídos pelo arduino, sensor de vibração e GPS. Percebeu-se que o software indicava irregularidades quando a caminhonete passava por depressão na via, mas também detectava pequenas irregularidades no solo.

A partir de um estudo, com base na atribuição de dados gerados durante o trajeto percorrido, foi possível averiguar as vibrações causadas pelas condições e características das vias. Os impactos provocados pela caminhonete podem ser reduzidos ou até mesmo inexistentes. Com a implantação do sistema automatizado de controle e monitoramento, o GPS informa o local exato onde ocorreu o evento, com base nestes dados gerados, o supervisor de infraestrutura disponibiliza o equipamento auxiliar para corrigir a depressão na via. Através deste protótipo é possível eliminar as depressões nas vias em menor tempo possível.

O sensor utilizado no teste experimental, não é adequado para estudos futuros, uma vez que se trata de um sensor de pouca precisão, qualquer depressão na via o sensor muda de estado e não contém uma regulação de vibração precisa no potenciômetro. O GPS utilizado no teste é viável, pois, registrou as coordenadas do local onde ocorreram as vibrações detectadas pelo sensor. A diferença do local da depressão e o ponto registrado através do sensor de vibração são de três metros.

Apesar dessas complicações, o sistema funciona de forma satisfatória, tendo sido capaz de identificar todas as depressões pelos quais o sistema passou nos testes. Vale reforçar que o sistema apresentado é um protótipo para futuras utilizações em caminhões fora de estrada e dá base para o desenvolvimento de um sistema complexo que conte com a localização de depressões e reporte os mesmos para um sistema de controle de estradas e rodovias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATERPILLAR. Disponível em:

http://www.cat.com/en_GB.html. Acesso em: 28 abr.2016.

Silvia, Júlio César Teodoro,2001. “**Ganhos operacionais com a padronização de carga média transportada**”. balancaparapacarregadeira.com.br

MODULAR MINING SYTEMS. Disponível em:

<http://www.modularmining.com/product/dispatch/>. Acesso em: 06 abr.2016.

SMARTMINE. Disponível em:

<http://metalar.com.br/smartmine/>. Acesso em: 06 abr.2016

ARDUINO. Plataforma arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardFio>. Acesso em: 20 set.2016.

PORTAL EDUCA MAIS BRASIL. Disponível em

<http://www.educamaisbrasil.com.br>. Acesso em: 22 set.2016

ARDUINO UNO. Especificações do arduino uno. Disponível em:

<http://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 13 set.2016.

GOOGLE EARTH. Disponível em:

<http://www.download.cnet.com/google-earth/>. Acesso em: 01/11/2016

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho Científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

FONSECA . Métodos de pesquisa: Métodos e técnicas de pesquisa