

## Instrumentação de pedais de freio para auxílio na avaliação de condução automobilística

### Brake pedal instrumentation to assist in automotive driving evaluation

#### RESUMO

**Ederson Luiz de Camargo Jr.**  
[edersonjunior@alunos.utfpr.edu.br](mailto:edersonjunior@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Sergio Luiz Stevan Jr.**  
[sstevanjr@gmail.com](mailto:sstevanjr@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Este trabalho apresenta uma proposta de instrumentação para pedais de freio, com a finalidade de prover informações para auxiliar a avaliação do comportamento dos condutores, baseado nas diferentes formas de implantação de força no pedal. Para obter a velocidade com que é executada a intervenção no pedal, foi desenvolvido para monitorar seu deslocamento, sem contato, utilizando sensores de Efeito Hall. Foi realizado a montagem, caracterização e validação do sistema, aquisição de dados no pedal e a análise dos dados. Através da análise destes dados concluiu-se que o sistema funciona e que apresentou um erro de 5,72% em relação ao método de análise de vídeo que foi utilizado para caracterização e validação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Instrumentação. Pedal de freio. Sensor de efeito Hall.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

This paper presents a proposal of instrumentation for brake pedals, with the purpose of providing information to help the evaluation of the behavior of the drivers, based on the different forms of pedal force implantation. To obtain the speed with which pedal intervention is performed, it was developed to monitor its contactless movement using Hall Effect sensors. Assembly, characterization and validation of the system, data acquisition in the pedal and data analysis were performed. Through the analysis of these data, it was concluded that the system works and has an error of 5.72% in relation to the video analysis method that was used in the validation.

**KEYWORDS:** Instrumentation. Brake pedal. Hall effect sensor.

## INTRODUÇÃO

Os automóveis tem se tornado cada vez mais tecnológicos e cada vez mais seguros. Há uma grande diversidade de sensores que garantem a segurança dos veículos. Mesmo assim, no Brasil ocorreram 37315 óbitos no trânsito em 2016 (PEDRO RAFAEL VILELA, 2018), mas estudos mostram que 90% dos acidentes ocorrem por falha humana (ONSV, 2019) e não por falhas mecânicas, então estudar o comportamento dos condutores pode ajudar a orientá-los durante o processo de aprendizagem e assim prevenir situações futuras de risco.

O objetivo deste trabalho é achar um método de avaliar o modo de condução dos motoristas através da forma como o pedal de freio é pressionado. Os pedais de freio apresentam atualmente um sensor *on/off* que indica apenas se o freio está ou não sendo utilizado. Para a instrumentação deste, necessita-se de um sensor versátil para ser instalado e que não atrapalhe a ação de frear.

Os dados de como o pedal é pressionado podem vir a ser utilizados como auxiliador na educação em autoescolas, na avaliação da manutenção do veículo e na determinação da forma de condução de um motorista. Além disso, a instrumentação do pedal faz parte de um projeto maior, o qual fará fusão de dados de sensores instrumentados (do pedal, da coluna de direção, entre outros) com dados oriundos da rede CAN e também de sinais biológicos do motorista.

## MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho e materiais utilizados, serão explicados através de subtópicos na ordem do desenvolvimento do trabalho. Mostrando passo a passo como este foi desenvolvido.

**Escolha dos sensores.** O primeiro passo para o desenvolvimento foi a seleção de um sensor que atendesse os requisitos de versatilidade e precisão. Deve ter versatilidade para poder ser acoplado próximo ao pedal de freio e precisão por se tratar de coleta de dados de um sistema de segurança.

Portanto a tecnologia adotada é a de sensores de efeito Hall. O modelo escolhido foi o 49e, um sensor analógico e linear (YANGZHOU POSITIONING TECH, 2019), além disso é um sensor que pode ser trabalhado para contornar desvios em relação a temperatura, umidade e vibrações mecânicas (KAMMERER, J.-B.; HEBRARD, L.; BRAUN, F., 2019), (AUSSERLECHNER, U.; MOTZ, M.; HOLLIBER, M., 2019).

**Montagem do circuito.** O circuito desenvolvido contém 6 sensores de efeito Hall – SH, dispostos a uma distância de 0,01m um do outro de forma linear engajados em uma armadura de fixação suporte projetada no AUTOCAD e feito através de uma impressora 3D que pode ser vista na Figura 1a).

A distância entre os sensores foi determinada a fim de cobrir a amplitude de qualquer pedal de freio. Os sensores foram conectados a um cabo *flat* ligado a placa, possibilitando maior versatilidade no posicionamento para as medições.

**Algoritmo do sistema para aquisição de dados.** Nesta etapa, foi realizada a programação no qual foi definido como o sistema deve tratar os dados recebidos. Foi utilizado o software Arduino, que contém uma linguagem própria (APRESS,2019), (MONK, Simon, 2016).

O algoritmo inicia com uma calibragem para determinar o pico de tensão dos sensores. Após isso, a aquisição da velocidade acontece quando o imã passa pelos sensores. Quando detectado o pico de tensão, o tempo na posição em que foi detectado é salvo em microssegundos e com a distância definida previamente de como 10mm, ocorre o cálculo da velocidade dado pela equação (1).

$$Velocidade = \frac{0,01}{(tempo2-tempo1)*10^{-6}} \quad (1)$$

Em que: *tempo2* refere-se ao tempo do sensor atual e o *tempo1* refere-se ao tempo do sensor anterior. Na sequência estes valores são retornados ao software por uma porta serial e apresentados ao usuário através de um terminal.

**Aquisição de dados.** Para a aquisição de dados foi utilizado o Arduino ATMEGA2560. Como o sistema conta com 6 sensores Hall, é adquirido o valor de 5 velocidades distribuídas por toda a amplitude do sistema. Além disso no instante em que o sensor é ativo, o tempo também é salvo. Estes dados de tempo que serão utilizados na etapa de validação.

**Validação.** Em qualquer tipo de sistema é necessária a validação e neste trabalho não poderia ser diferente. Para a validação em questão, foi utilizada a tecnologia de vídeo em alta taxa de quadros por segundo, através da câmera de um celular Iphone 6s que faz gravações em 240 quadros por segundo. Um imã foi posicionado em um trilho fixo e os sensores posicionados a frente. Além disso uma agulha foi posicionada no imã com o fim de facilitar a determinação de posicionamento isso pode ser visto na Figura 1b).

Através do software Kinovea versão 0.8.15, foi analisada as gravações e analisado quadro a quadro para obter o tempo nas posições desejadas. O imã posicionado ficou a 10mm de distância dos sensores. O cálculo do tempo foi efetuado através da equação (2), devida a utilização de uma única câmera, é possível ocorrer erro de paralaxe (MARIA DE FÁTIMA OLIVEIRA SARAIVA, 2018), porém os 300mm adotados para a medição foram utilizados tentando minimizar este erro. Além disso, o erro aumenta de acordo com a velocidade, quanto mais rápido for o movimento menos quadros serão contidos na imagem impossibilitando a determinação exata do tempo.

$$Tempo = \frac{\text{número de quadros}}{240} \quad (2)$$

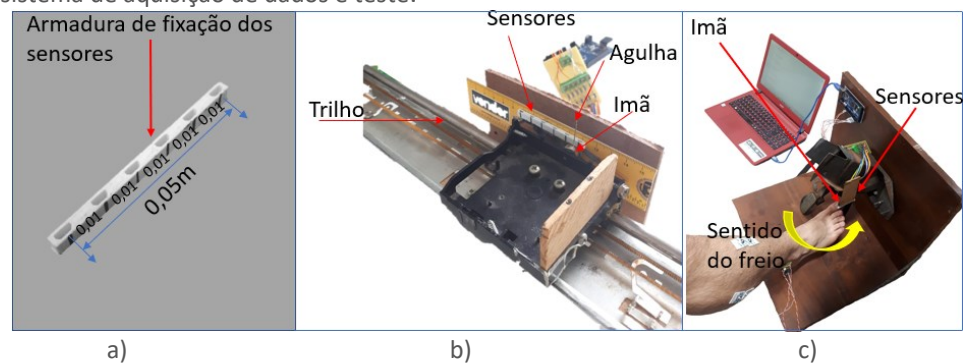
Através do tempo calculado e dos valores obtidos com os SH, é possível achar o erro entre as medições. Nessa etapa foram utilizadas 10 aquisição de dados, com

o fim de analisar o tempo em cada sensor utilizando os dois métodos. Sendo assim resultando em 120 valores finais.

**Aplicação no pedal.** Nesta etapa foi utilizado um pedal obtido em um ferro velho e adaptado para bancada. O percurso dos pedais de freio varia de veículo para veículo, por isso foram realizadas medições em um pedal adaptado para bancada dentro do laboratório.

O sensor foi posicionado na lateral do pedal de freio e um ímã foi posicionado no pedal como na Figura 1c). A distância entre ímã e SH foi de 0,015m. A distância foi determinada a fim de não haver contato do sensor com o pedal. O circuito foi posicionado de forma a adquirir dados durante toda ação de frenagem.

Figura 1- a) Armadura de fixação dos sensores; b) Sistema de caracterização; e c) sistema de aquisição de dados e teste.



Fonte: Autoria própria (2019).

**Aquisição de dados no pedal.** Para a aquisição de dados nos pedais foram utilizadas 3 situações: freando em torno de 0,05m/s e aumentando a velocidade; freando em torno de 0,3/0,4m/s e diminuindo; e freando de forma mais constante. No primeiro caso, simula-se uma situação onde o condutor está freando normalmente e necessita intensificar essa freada por algum motivo inesperado. No segundo, um condutor o qual está conduzindo e necessita de uma frenagem rápida e em seguida pode diminuir essa frenagem e a terceira simula uma frenagem comum do dia a dia que tende a ser mais constante.

**Comparação de dados com os padrões esperados.** Dentro de cada grupo foi realizada 5 medições, desejando obter com os dados adquiridos, curvas que correspondam aos comportamentos adotados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de validação e do funcionamento do sistema serão expostos e analisados. Porém a quantidade de dados referente a validação impossibilita a exposição completa destes. Sendo assim será analisada somente o percentual de erro calculado entre os dois métodos.

Em todas as medições houve proximidade dos resultados obtidos através dos dois métodos. Mas para quantificar essa diferença foi usado o método de erro

percentual. O erro entre os tempos adquiridos foi calculado utilizando o método de vídeo como referência. O cálculo do erro foi realizado utilizando a equação (3).

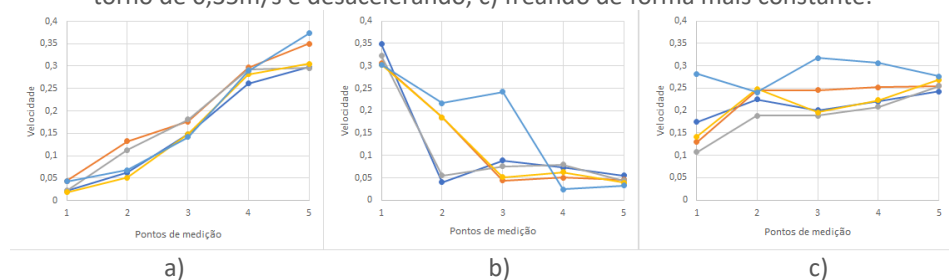
$$\text{erro}\% = \left| \frac{\text{sensor} - \text{vídeo}}{\text{vídeo}} \right| * 100 \quad (3)$$

Em que *sensor* é o tempo encontrado nos sensores; e *vídeo* é o tempo encontrado através dos quadros. Com a obtenção desses percentuais foi efetuado o cálculo do erro médio entre todas as medidas e assim foi obtido um percentual de erro médio de 5,72% entre os métodos adotados.

O método utilizado na validação contém uma limitação de 240 quadros por segundo, e como a distância trabalhada é na casa dos milímetros, o tempo entre os sensores é baixo, dessa forma o número de quadros em medidas rápidas também é baixo, proporcionando um alto percentual de erro na validação.

As aquisições realizadas no pedal de freio, foram divididas em 3 grupos e através da coleta da velocidade nos sensores, deseja-se observar os padrões previamente determinados para ação nos dados adquiridos. Os resultados de coletas com o pedal sendo acelerado pode ser visualizado na Figura 2a), sendo desacelerado, na Figura 2b), e em velocidade quase constante na Figura 2c), onde os eixos horizontais representam as posições do pedal em relação à origem geométrica dos sensores e eixos verticais representam a velocidade do pedal.

Figura 2 – Ensaio do pedal: a) freando em torno de 0,05m/s e acelerando; b) freando em torno de 0,35m/s e desacelerando; c) freando de forma mais constante.



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 2a) mostra valores de velocidade aumentando ao decorrer das posições, o que faz sentido tendo em vista que é um movimento acelerado.

A figura 2b) mostra uma curva decaindo, tendo em vista que o movimento proposto inicia em uma velocidade de aproximadamente 0,35m/s e vai diminuindo a velocidade, sendo assim o resultado foi satisfatório. Já a figura 2c) representa uma frenagem mais contínua, não tendo grandes variações entre a velocidade final e inicial.

## CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi desenvolver um sistema de instrumentação de um pedal de freio, de modo a promover a aquisição de sinais da forma como este pedal é pressionado e assim, promover a concepção de uma base de dados juntamente com outros sensores, da forma de condução de veículos. Para isso, foi apresentado um arranjo de sensores de efeito Hall, posicionados linearmente para obter dados relacionados a velocidade de frenagem de um veículo. Foi desenvolvido além disso um método de validação para os sensores e realizados também testes práticos.

O método utilizado para a validação foi o de análise de vídeo e este acusou um percentual de erro de 5,72% em relação ao sistema desenvolvido. Entretanto, ainda é necessário realizar um procedimento controlado de movimentação do pedal utilizando um braço robótico, para ser possível avaliar repetibilidade, histerese e erro de medição. Entretanto, para uma avaliação onde se pretende avaliar a inércia do movimento, o protótipo mostrou-se promissor.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Agradeço ao Prof. Dr° Serio Luiz Stevan Jr pela oportunidade e ao pessoal do CIEBE que sempre me ajudou. Agradeço também a CNPq pela bolsa ofertada e a UTFPR pelo apoio ao desenvolvimento científico.

### REFERÊNCIAS

PEDRO RAFAEL VILELA, Brasil reduz mortes no trânsito, mas esta longe da meta para 2020, 2018. Disponível em: <https://portaldotransito.com.br/noticias/moto/dados-mostram-queda-no-numero-de-mortos-no-transito-brasileiro-mas-ainda-longo-da-meta/> Acesso em: 19/08/2019

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA - ONSV, 90% dos acidentes são causados por falhas humanas, alerta observatório, 2018. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/> Acesso em: 19 de agosto de 2019.

YANGZHOU POSITIONING TECH, 49E Hall-Effect Linear Position Sensor, 2019. Disponível em: <https://p.globalsources.com/IMAGES/PDT/SPEC/440/K1139513440.pdf> Acesso em: 19 de agosto de 2019.

KAMMERER, J.-B.; HEBRARD, L.; BRAUN, F., A hall effect sensors network insensitive to mechanical stress, *in*: Proceedings of IEEE Sensors, 2004., Vienna, Austria: IEEE, 2004, p. 1071–1074. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1426360/> Acesso em: 16 de jul. de 2019.

AUSSERLECHNER, U.; MOTZ, M.; HOLLIBER, M., Drift of magnetic sensitivity of smart hall sensors due to moisture absorbed by the IC-package, *in*: Proceedings of IEEE Sensors, 2004., Vienna, Austria: IEEE, 2004, p. 455–458. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1426198/> Acesso em: 16 de jul. de 2019.

APRESS, Arduino em ação, 2°. [s.l.]: Rubens Prates, [s.d.].

MONK, Simon, Programming arduino: getting started with sketches, 2nd edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2016.

MARIA DE FÁTIMA OLIVEIRA SARAIVA, Kepler de Souza Oliveira Filho, Determinação de Distâncias Astronômicas, 2018.