

## DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA EMBARCADO COM ACELERÔMETRO

Paulo Henrique de Melo Silva <sup>1</sup>; Gustavo Lobato Campos <sup>2</sup>; Rayane Aparecida Guimarães <sup>3</sup>;

1 Paulo Henrique de Melo Silva, Bolsista IFMG, Engenharia Elétrica, IFMG Campus Formiga, Formiga - MG; paulohenrique.melo00@gmail.com

2 Orientador: Gustavo Lobato Campos: Pesquisador do IFMG, Campus Formiga; gustavo.lobato@ifmg.edu.br

3 Coordenadora: Rayane Aparecida Guimarães: Pesquisadora do IFMG, Campus Formiga; rayane.guimarães@ifmg.edu.br

### RESUMO

A tendência da Indústria 4.0 tem incentivado a automatização ou aprimoramento de processos industriais, assim como o desenvolvimento de sistemas embarcados que efetuem tarefas específicas dentro de sistemas maiores. Dessa forma, o estudo e confecção de projetos na área de sistemas embarcados, é de fundamental importância para a disseminação de novas tecnologias e implementações tecnológicas já existentes, buscando alternativas de baixo custo e baixo consumo de energia. Os sistemas embarcados muitas das vezes são feitos a partir de plataformas microcontroladas, sendo as mais comuns Arduino e ESP. Ambas as plataformas podem ser empregadas em circuitos com sensores para a captação de valores de entrada e trabalhar uma resposta na saída de acordo com a programação interna, porém, a plataforma ESP, possui conectividade Wi-Fi e bluetooth, tornando-o uma alternativa viável para projetos que envolvem os conceitos da Internet das Coisas. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos do projeto de pesquisa denominado “Desenvolvimento de sistema embarcado com acelerômetro” com foco em aplicação específica a ser definida no decorrer do projeto. Destaca-se que o projeto teve início em maio/2021, conforme edital 03/2021 do IFMG Campus Formiga, e desde então foram avaliados 13 trabalhos relacionados a área de sistemas embarcados com acelerômetros microcontrolados por Arduino e/ou ESP, de acordo com as complexidades de execução, perante o objetivo, prazo e custo do projeto. Da análise, explicitou-se duas áreas de estudo específicas, com 5 trabalhos ao todo: sendo 3 trabalhos referentes ao acionamento de servo motores e 2 trabalhos relacionados à análise de vibrações em motores. Dos dois temas, espera-se identificar os materiais mais utilizados para projetos similares e, assim, partir para a tomada de decisão final do sistema embarcado com acelerômetro a ser desenvolvido no presente projeto de pesquisa. Portanto, percebe-se que, mesmo com o projeto em etapa inicial, o sistema a ser desenvolvido encontra-se em uma área de extrema relevância para as indústrias e comunidade em geral, aliando-se ao proposto pela temática da indústria 4.0.

### INTRODUÇÃO:

A crescente demanda por sistemas automatizados de baixo custo e baixo consumo de energia, devido à necessidade de otimização, melhoria na qualidade e eficiência das atividades industriais, têm motivado o desenvolvimento de estudos na área de sistemas embarcados. Um sistema embarcado, do inglês *Embedded System*, consiste na combinação de componentes de hardware e software, capaz de controlar periféricos a partir da execução de um programa, com a finalidade de realizar tarefas específicas, dentro de um sistema maior (PERIM, NASCIMENTO, 2017).

Os sistemas embarcados estão presentes na maioria dos dispositivos eletrônicos e em diversas engenharias, elétrica, eletrônica, mecatrônica, e em áreas da saúde como na engenharia biomédica, na qual, estes sistemas estão presentes em dispositivos cujos objetivos são a melhoria da qualidade de vida ou auxiliar os profissionais no diagnóstico dos pacientes.

No desenvolvimento de sistemas embarcados faz-se o uso basicamente de sensores, plataformas microcontroladas e atuadores. Sendo os sensores dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente, relacionando informações de grandezas físicas com valores de tensão em suas saídas (WENDLING, 2010). Os sinais elétricos são recebidos e tratados pelas plataformas microcontroladas, cujo objetivo é acionar os atuadores de forma a controlar o sistema.

Dentre os inúmeros sensores disponíveis para o desenvolvimento de sistemas embarcados, os acelerômetros, sensores de aceleração, se destacam no quesito diversidade de aplicações. São sensores utilizados para medição da aceleração de um sistema em que esteja inserido. Podem funcionar a partir dos mais diversos princípios, como piezoelétricos, piezos resistivos, capacitivos, MEMS, transferência de calor, magneto resistivo entre outros. Independente do princípio de funcionamento, os sensores acelerômetros fornecem uma saída de tensão proporcional à aceleração do sistema. No campo da saúde, são utilizados para detectar e caracterizar inclinações de membros. Também podem ser utilizados em conjunto a sistemas

de navegação de aeronaves e, entre o uso mais comum, aplicado a dispositivos celulares, *notebooks* e *tablets* (RITTA, 2019). No cenário atual da indústria 4.0, os acelerômetros são aplicados no monitoramento de vibrações em máquinas industriais, prevendo assim, eventuais falhas, ou no monitoramento de plataformas e objetos.

As plataformas microcontroladas como o Arduino e ESP são amplamente utilizadas para a confecção de sistemas embarcados, devido ao potencial de processamento de baixo custo. O Arduino é uma plataforma eletrônica microcontrolada de código aberto baseada em hardware e software, de fácil utilização. São capazes de receber e tratar valores de sensores de luz, sensores touch, sensores de temperatura, gravidade, entre outros e, através da programação do microcontrolador da placa, acionar atuadores ligados em suas saídas (ARDUINO, 2018). A plataforma microcontrolada ESP é um produto da fabricante Espressif Systems, além poder ser aplicada a circuitos com sensores e atuadores como o Arduino, oferece também conectividade Wi-Fi e Bluetooth, tornando-se uma opção viável para sistemas embarcados que utilizam dos conceitos da Internet das Coisas (BERTOLETI, 2019).

De acordo com as tendências da Indústria 4.0, visando a otimização, eficiência e baixo custo através do envolvimento de tecnologias avançadas (PORTAL DA INDÚSTRIA, s.d), muitos estudos buscam desenvolver novos sistemas, automatizar processos já existentes ou aprimorá-los. Sendo assim, projetos de sistemas que se aliam a essa temática, são de grande importância para a difusão de tecnologias que auxiliam diversas indústrias, processos isolados ou facilitam situações cotidianas na vida da população em geral.

Os acelerômetros possuem capacidade ampla de implantação nos sistemas embarcados. No Brasil, as rodovias compõem a maior parte do sistema de transporte de mercadorias e passageiros, segundo o portal Globo, 75% da produção do país é transportada por malhas rodoviárias (GLOBO, 2018). Pela grande circulação de caminhões, as chances de acidentes são elevadas. Um dispositivo embarcado utilizando o acelerômetro, é capaz de realizar um monitoramento da agressividade na direção de caminhões, no qual o sensor tem a função de detectar a inclinação do veículo e, através do microcontrolador do dispositivo, os valores são enviados para um servidor Web (SCHLAG, 2017).

Especificamente na indústria, as máquinas necessitam de monitoramento diário e constantes manutenções. A manutenção preditiva é uma ferramenta de grande peso no meio industrial, reduzindo ou impedindo falhas em equipamentos, prolongando suas vidas úteis e evitando paradas indesejadas na produção. É possível o emprego do sensor em um sistema microcontrolado para o monitoramento em tempo real das vibrações em mancais durante a realização do trabalho de um motor elétrico. O acelerômetro afere as vibrações mecânicas nos eixos X, Y e Z e envia as informações para uma Interface Homem Máquina (ORMONDE; PINEZI; NETO; 2014).

Sendo assim, este trabalho apresenta os resultados iniciais do projeto de desenvolvimento de sistema embarcado com a utilização de um sensor acelerômetro, microcontrolado pelas plataformas Arduino e/ou ESP.

## **METODOLOGIA:**

Para o início do desenvolvimento do projeto, foi executada uma revisão bibliográfica com o objetivo de identificar os trabalhos relacionados à área de sistemas embarcados com acelerômetros, que utilizam as plataformas microcontroladas Arduino e/ou ESP.

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de plataformas de busca acadêmica. Fez-se o uso do portal da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Biblioteca digital de TCCs da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto), plataforma BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) e a ferramenta de pesquisas de publicações científicas do Google (Google Acadêmico). Para as pesquisas utilizou-se as palavras chave: “Sistema embarcado”, “Acelerômetro”, “Arduino” e “ESP”.

Os trabalhos considerados relevantes para o desenvolvimento do projeto foram separados em áreas de estudo, conforme as suas características comuns. Dentre as áreas, buscou-se avaliar a complexidade de aplicação dos sistemas apresentados pelos trabalhos, de forma a analisar o que seria passível de realização, perante ao prazo, orçamento e objetivo do projeto. Com as considerações da análise de complexidade, reduziu-se a quantidade de áreas de estudo para dar segmento na tomada de decisão final do projeto a ser desenvolvido.

Aproveita-se ainda para apresentar as próximas etapas de desenvolvimento do referido projeto:

- Proposição de sistema embarcado com presença do acelerômetro além das plataformas Arduino e ESP;
- Simulação de sistema embarcado com presença do acelerômetro além das plataformas Arduino e ESP;
- Montagem de sistema embarcado com presença do acelerômetro além das plataformas Arduino e ESP;

- Validação do sistema embarcado com presença do acelerômetro além das plataformas Arduino e ESP;
- Escrita do relatório final do projeto de pesquisa, para divulgação dos resultados do mesmo em encontros, congressos e palestras.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

No estudo bibliográfico sobre sistemas embarcados com acelerômetro microcontrolados pelas plataformas Arduino e/ou ESP, 13 trabalhos foram considerados relevantes para o desenvolvimento do projeto, sendo estes divididos em 7 áreas de estudo:

- Análise de estruturas metálicas – 1 trabalho;
- Acionamento de servo motores – 3 trabalhos;
- Análise de vibrações em motores – 2 trabalhos;
- Monitoramento em veículos – 3 trabalhos;
- Desenvolvimento de VANT – 1 trabalho;
- Monitoramento de idosos – 1 trabalho;
- Reconhecimento de gestos humanos – 2 trabalhos.

Em cada área de estudo, avaliou-se a complexidade de implementação dos sistemas apresentados, ou de projetos similares aos mesmos. Aliado à complexidade, procurou-se identificar os trabalhos com menores custos financeiros e passíveis de realização dentro do prazo do projeto, ou seja, 8 meses. Feita a análise por estes fatores, reduziu-se a quantidade de trabalhos para 5, sendo 3 referentes ao acionamento de servo motores e 2 à análise de vibrações em motores.

Nos trabalhos relacionados ao acionamento de servo motores, Lage (2016), apresenta o desenvolvimento de um sistema microcontrolado pela plataforma Arduino Nano, que estabiliza uma plataforma por meio de 2 servo motores e do acelerômetro/giroscópio MPU-6050. Altamiro, Vallejo e Cruz (2017), fazem o acionamento de servo motores por meio da plataforma Arduino e sensor acelerômetro MMA 7361, sendo o Arduino programado pela ferramenta Simulink da companhia MathWorks. Por fim, Sánchez (2015), apresenta o desenvolvimento de um sistema para a orientação de uma antena de medição de descargas parciais, constituído por Arduino UNO, sensor acelerômetro ADXL 345 e servo motores.

Referente aos 2 trabalhos de análise de vibrações em motores, ambos são voltados para sistemas de auxílio em manutenções preditivas de máquinas rotativas. González (2014), utiliza o Arduino DUE em conjunto com acelerômetro ADXL 345, enquanto Macena (2019), utiliza o Arduino MEGA 2560 e acelerômetro/giroscópio MPU-6050.

Destaca-se que estes 5 projetos são de grande relevância para a tomada de decisão do sistema embarcado a ser desenvolvido no decorrer do projeto de pesquisa, sendo estes compostos por poucos elementos, porém, oferecem grande nível de controle e monitoramento.

## **CONCLUSÕES:**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados iniciais do projeto de pesquisa denominado “Desenvolvimento de sistema embarcado com acelerômetro”, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Formiga, conforme edital 03/2021. O projeto teve início em maio/2021, logo, encontra-se em estágio inicial, sendo apresentados somente resultados provenientes da pesquisa bibliográfica de trabalhos relacionados ao estudo em plataformas de busca acadêmica.

Os trabalhos levantados pela revisão bibliográfica foram avaliados perante a complexidade de aplicação, custo financeiro e se estes, eram passíveis de realização dentro do prazo de 8 meses do projeto. De acordo com esses fatores, reduziu-se o número de trabalhos de 13 para 5, sendo 3 referentes à área de acionamento de servo motores e 2 à área de análise de vibrações em motores.

Percebe-se que ambas as áreas selecionadas possuem grande potencial de aplicação, pois, oferecem elevado nível de controle e monitoramento com poucos elementos no sistema. Projetos envolvendo a manipulação de servo motores através de plataformas microcontroladas e sensores acelerômetros, são úteis para o estudo de desenvolvimento de sistemas estabilizadores de plataformas ou de orientação de objetos, como por exemplo, antenas de medições. Ainda mais simples, plataformas microcontroladas em conjunto com sensores acelerômetros, se mostram relevantes na manutenção preditiva de máquinas rotativas e, conseqüentemente, podem auxiliar a manter a vida útil das mesmas.

Com a explicitação das duas áreas de estudo, espera-se identificar os materiais mais comumente utilizados e, tomar a decisão final do sistema a ser desenvolvido com as plataformas microcontroladas Arduino e/ou ESP.

Portanto, mesmo perante os resultados iniciais apresentados, percebe-se que o acelerômetro possui ampla capacidade de aplicação em sistemas embarcados, sendo estes, de extrema relevância para a indústria e comunidade como um todo, aliando-se à temática da indústria 4.0.

#### **AGRADECIMENTOS:**

Autores agradecem ao IFMG – Campus Formiga, em especial ao GSE – Grupo de Soluções em Engenharia, pela colaboração à pesquisa aplicada que deu origem aos resultados apresentados neste documento.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- PERIM, V. G. de C. F.; NASCIMENTO, J. N. R. **Microcontroladores e microprocessadores**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. 2017.
- RITTA, Ramon Egídio Lepeck Santa. **Deteção da ação dos ventos sobre estruturas de engenharia utilizando sensores acelerômetros**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Cartográfica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- O que é Arduino. **Arduino**, 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- BERTOLETI, P. **Projetos com ESP32 e LoRa**. São Paulo: Editora Instituto Newton C. Braga, 2019.
- Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos. **Portal da Indústria**, [s.d]. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 15, fev de 2021.
- BBC. Por que o Brasil depende tanto do transporte rodoviário. **G1**, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/por-que-o-brasil-depende-tanto-do-transporte-rodoviario.ghtml>>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- SCHLAG, Fredy. **Monitoramento da agressividade na direção de caminhões através de acelerômetro e GPS**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2017.
- WENDLING, Marcelo. Sensores. **Universidade Estadual Paulista. São Paulo**, v. 2010, p. 20, 2010.
- ORMONDE, J. P.; PINEZI, V. R.; NETO, M. M. MONITORAMENTO DE VIBRAÇÕES EM MANCAIS COM ACELEROMETRO. **Revista Engenho**, v. 6, n. 9, p. 27-62, 2014. ISSN 2176-3860.
- LAGE, Vinicius Nunes. **Desenvolvimento de um controlador PID para estabilização de uma plataforma com dois graus de liberdade**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.
- ALTAMIRANO, S. V.; VALLEJO, V. G. E.; CRUZ, H. J. C. Manipulación de un servomotor con un módulo acelerómetro de 3 ejes MMA 7361 empleando “Arduino” y “Simulink”. **Domínio de las Ciencias**, Manta, v. 3, n. 2, p. 1006-1030, 15 abr./jun. 2017. ISSN 2477-8818.
- HERNÁNDEZ, Victor Manuel Sánchez. **Movimiento en acimut y altura controlado por gestos mediante un acelermetro conectado a Arduino**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia em Tecnologias Industriais) - Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2015.
- GONZÁLEZ, Roberto Carlos Diaz. **Desenvolvimento de um protótipo analisador de vibração de baixo custo para uso em manutenção preditiva**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- MACENA, Willian Germano de. **Tecnologia IOT como ferramenta para melhoria da performance da manutenção preditiva em equipamentos rotativos**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Centro Universitário Augusto Motta. Rio de Janeiro, 2019.

#### **Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:**

O projeto de pesquisa ainda não foi apresentado ou participou de algum evento.