

ÍNDICES DE DESEMPENHO DE TRATOR AGRÍCOLA COMO FERRAMENTA DE SUPERVISÃO ATRAVÉS DE INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

Palavras-Chave: velocidade angular; consumo de combustível;

Autores(as):

Pedro César Franco de Lima - LADE - FEAGRI

Profa^(a). Dra^(a). Barbara Janet Teruel Mederos (orientadora), LADE - FEAGRI

MSc. Fernando Finger (coorientador), LADE - FEAGRI

INTRODUÇÃO:

Os tratores convencionais tradicionalmente possuem motores movidos a diesel, motores esses que em média tem eficiência de 34% a 40% (ÇENGEL, Y.A, BOLES, M.A, 2006). Consequentemente, há mais perdas do que geração de potência efetivamente, havendo muitos gastos com combustível que poderiam ser parcialmente evitados, pois a perda de eficiência não é só devida a combustão do motor, mas depende também do tipo de operação, do tipo do combustível, das cilindradas do motor, da marcha e velocidade que estas operações são realizadas. Para aumentar a eficiência, existem algumas estratégias, por exemplo, o método “*Gear-Up and Throttle-Down*” (GRISSE, 2001) para cargas leves, em que se economiza combustível ao requerer menos de 75% da potência de um trator. Este método, porém, precisa que o operador tenha conhecimento das condições do trator naquele instante, para que ele possa ajustar a velocidade, a rotação do motor ou que haja uma indicação de qual marcha ele irá utilizar que atingirá uma operação mais eficiente possível. Um estudo recente apresenta a eficiência de motores diesel modernos um pouco acima de 45% (MIHYAR *et al.*, 2023), indicando que, apesar das melhorias, motores à combustão ainda apresentam perdas significativas, justificando esforços contínuos para aumentar a eficiência energética.

Para analisar esses e outros demais parâmetros, a utilização de componentes eletrônicos é fundamental para desenvolvimento de uma interface que possa disponibilizar essa visualização de indicação de marchas e velocidade para o operador. Desta forma, não há interferência humana nas leituras (CORRÊA JR, 2017), sendo assim, o processamento rápido dos componentes eletrônicos permitirá realizar as recomendações com precisão favorável e em tempo real, possibilitando correções de eventuais erros de operação.

Esta iniciação científica está inserida em projeto multidisciplinar, que trata sobre Desempenho Mecânico de Trator Agrícola com Biocombustíveis de Nova Geração, e está dividido em várias frentes, que incluem, além da instrumentação do trator, o desenvolvimento de Interface Digital para Acesso aos Índices de Desempenho; Testes Mecânicos e Análise dos Gases de Exaustão, através de Técnicas Experimentais, Processamento de Imagens e Inteligência Artificial. Formam parte da equipe de projeto, dois discentes do curso de doutorado, um de mestrado, e dois alunos de graduação, e espera-se incorporar mais discentes nos diferentes níveis

O projeto faz parte de Eixo Temático: Bioenergia na Agricultura, integrado ao Centro Paulista de Estudos para a Transição Energética do Estado de São Paulo- CPTEn (<https://cpten.unicamp.br/>), um dos Centros de Desenvolvimento para a Ciência financiados pela FAPESP, órgãos de governos e empresas, e que foi instaurado na UNICAMP em 2022.

Para o desenvolvimento da proposta aqui em análise (Índices de desempenho de trator agrícola como ferramenta de supervisão através de interface digital acessível ao operador), conta-se com a infraestrutura necessária, nas dependências do Laboratório de Agricultura Digital e Energia-LADE, do Laboratório de Protótipos e de Instrumentação e Controle, na Faculdade de Engenharia Agrícola. O LADE, através de convênios de colaboração assinados entre as partes, conta com um trator da fabricante indiana Mahindra, que tem presença em mais de 100 países, sendo um deles a Mahindra do Brasil Industrial Ltda. A parceria com a empresa Horiba Automotive, facilitará o uso de um equipamento analisador de gases, de alto desempenho, PEMS (*Portable Emission Measurement System*). A tramitação de convênio de parceria com a empresa Be8, fabricante do biocombustível de nova geração que será utilizado na pesquisa está sendo finalizada.

METODOLOGIA:

O sistema foi embarcado em um trator da marca Mahindra e modelo 6060, equipado com um motor aspirado de 4 cilindros e 57 HP, o qual possui tração 4x4, que atende a legislação MAR-1 de emissões. O sistema de injeção é composto por uma bomba Bosch em linha. A unidade de aquisição de dados utilizada no sistema é um ESP32, microcontrolador com portas de entrada para sinais analógicos e digitais, o qual é responsável pela aquisição dos dados elétricos lidos pelos diversos sensores, realizando a conversão de escala desses dados e o cálculo de indicadores.

Os dados coletados e indicadores calculados pelo ESP32 são enviados a um microprocessador Raspberry Pi 3, que é responsável pelo armazenamento desses dados em um banco de dados SQLite em um cartão de memória, além de hospedar a IHM construída no Node-RED, que através de um smartphone, tablet ou notebook pode ser acessada. O microprocessador Raspberry Pi 3 versão b+, é o dispositivo responsável por gerar a rede WiFi em que os microcontroladores, dispositivos de IHM serão conectados, além de abrigar o cartão de memória para armazenamento dos dados e os softwares de comunicação, banco de dados e IHM.

A forma de comunicação entre os dispositivos foi o Mosquitto Broker MQTT, que é um software que gerencia as mensagens entre os remetentes e receptores que utilizam o protocolo MQTT. Está instalado no microprocessador Raspberry Pi e encaminha as mensagens aos clientes que são o microcontrolador ESP 32 e o software Node-RED. Para o banco de dados, foi utilizado o software SQLite, o qual recebe os dados dos sensores e os armazena no cartão SD do Raspberry Pi, para análises posteriores. A IHM foi desenvolvida por meio do software Node-RED, que é um software *low-code* que permite a criação de interfaces gráficas por meio de um navegador de internet.

A IHM possibilita visualizar os índices de desempenho em tempo real e dar entrada no sistema de qual marcha está em operação. O tipo de interface entre cada sensor e o microcontrolador varia conforme a natureza do sinal transmitido (digital ou analógico). A tabela 1 apresenta os sensores utilizados na solução proposta, destacando o tipo de dado medido, a natureza da interface de comunicação e se o sensor é embarcado ou não no trator.

Dado medido	Tipo	Interface	Embarcado de fábrica	Fabricante / Modelo
Velocidade angular do motor (rpm)	Alternador	Digital	Sim	-
Velocidade de operação (km/h)	GPS	Digital	Não	Quescan / QU33N
Consumo de combustível (l/h)	Sensor de vazão	Digital	Não	Aichi / OF05ZAT
Posicionamento geográfico e altitude	GPS	Digital	Não	Quescan / QU33N
Marcha de operação	Inserção manual	Manual	Não	-

Tabela 1: Tipos de sensores selecionados

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

De acordo com a arquitetura do sistema proposto, elaborou-se o diagrama de instrumentação apresentando as interligações de sensores e componentes do projeto (Figura 1). O desenvolvimento de um dispositivo acessível e amigável ao usuário, de software aberto e componentes comerciais de baixo custo, que

pode ser embarcado no trator Mahindra 6060, tem entre as funcionalidades a coleta, processamento e armazenamento dos dados das medições.

Contendo um painel que possui uma série de informações, como uma representação de um mapa, que indica a sua geolocalização; Um indicador de velocidade de deslocamento em km/h, no qual relaciona o tempo de deslocamento com o deslocamento geográfico, indicado pelo sensor GPS; Consumo de combustível instantâneo e o consumo total de combustível a partir da inicialização do sistema, em litros por hora e litros, respectivamente. Os dois índices sendo coletados pelo sensor de vazão instalados na mangueira responsável pela admissão e pelo retorno de combustível ao tanque; Rotação do motor em rotações por minuto, sendo coletado pelos pulsos elétricos gerados pelo alternador do trator e por fim, a seleção das marchas em utilização de forma manual.

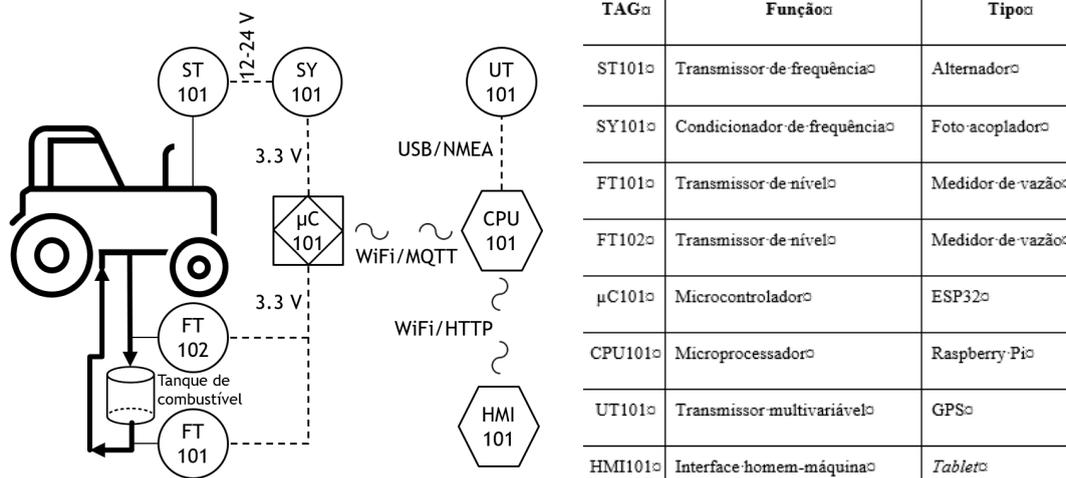


Figura 1: Diagrama de instrumentação

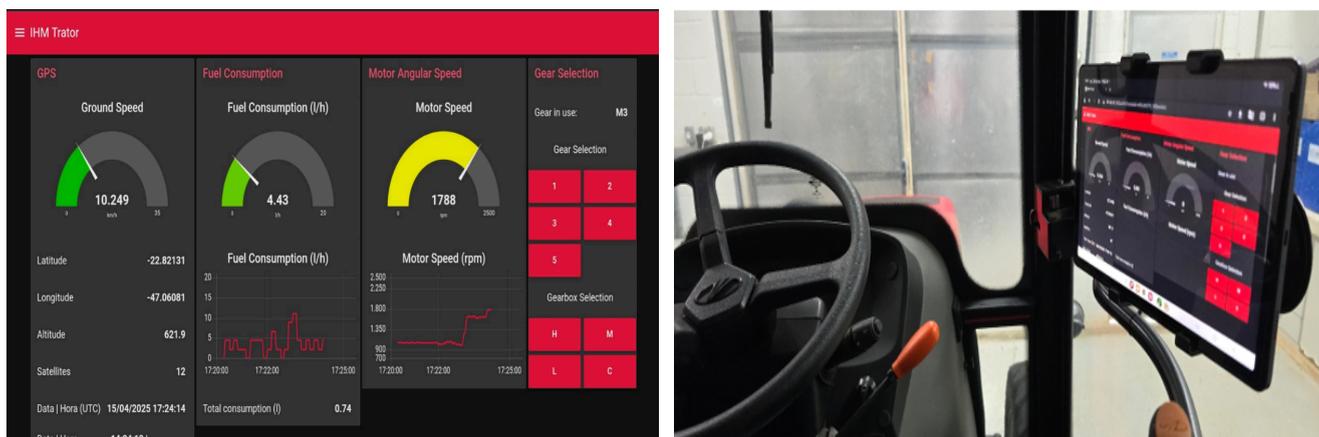


Figura 2: Captura de tela da IHM em funcionamento e instalada no trator Mahindra.

CONCLUSÕES:

O dispositivo foi desenvolvido com sucesso, atendendo plenamente às premissas estabelecidas. A interface homem-máquina (IHM) funcionou embarcada no trator, demonstrando estabilidade e capacidade de apresentar ao operador os dados operacionais em tempo real, além de ser compatível com vários tipos de dispositivos. Os sensores de consumo de combustível, velocidade angular do motor (rpm) e GPS operaram de forma consistente nos testes realizados em ambiente controlado, nas imediações do laboratório.

O protótipo foi construído com hardware comercial amplamente disponível, dispensando o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso personalizada. Essa escolha reduziu a complexidade das conexões elétricas, facilitando a montagem, instalação e manutenção do sistema. A solução foi testada em ambiente de operação representativo, permitindo validar o desempenho do sistema embarcado em condições semelhantes com operações agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- AMAZON, AWS, **O que é MQTT**, Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/mqtt/>
- CENGEL, Y.A. and BOLES, M.A. (2006) **Thermodynamics: An Engineering Approach**. Fifth Edition, McGraw Hill, New York.
- CORRÊA JÚNIOR, Delorme. **Desenvolvimento E Validação de Um Sistema Embarcado Para Monitoramento de Operações Agrícolas Com Tratores**. Universidade Federal de Lavras, 2017.
- IORESE et al. **Desempenho de um trator agrícola em operações de preparo de solo no estado de Mato Grosso Nativa**, Sinop, v. 7, n. 3, p. 288-295, mai/jun. 2019. Pesquisas Agrárias e Ambientais DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i3.7554>
- GRISSE, Robert. **“Gear Up and Throttle Down” to Save Fuel**. Virginia Cooperative Extension, 2001.
- MIHYAR T.; ŞEN, E.; SOYHAN H. S.; Impact of the JAZARI technology piston motion profile on the indicated thermal efficiency of a 4-cylinder diesel engine, **Fuel**, v. 351, 2023. DOI: [10.1016/j.fuel.2023.128904](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128904)
- OLIVEIRA DE PAULA, Fábio. **Sistema de Gerenciamento de Maquinário Agrícola Baseado em Internet Das Coisas**. Universidade Federal de Lavras, 2018.
- SANTOS, T. S. dos et al. **Desenvolvimento de um sistema embarcado de baixo custo para monitoramento de desempenho energético de trator**. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 36045–36054, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n5-218.
- SILVA, Rodrigo Peixoto et al. **Uma Jornada Pelos Contrastes do Brasil: Cem Anos do Censo Agropecuário**, cap. 10, 2020. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0>.
- SQLite, Disponível em: <https://www.sqlite.org/about.html>
- OpenJS Foundation & Contributors, Node-RED, Disponível em: <https://nodered.org>