

MÉTODO PARA VALIDAÇÃO DA INTERFACE E CORRELAÇÃO DE PARÂMETROS ENTRE MÓDULO ELETRÔNICO DE CONTROLE DO MOTOR E O PAINEL DE INSTRUMENTOS USANDO EQUIPAMENTO DE HARDWARE IN LOOP

Leandro dos Santos Scarazzato¹, Claudio Guercio Labate¹ e Fernando Sarracini Júnior¹

¹Ford Motor Company

E-mails: lscarazz@ford.com, clabate@ford.com, fsarraci@ford.com

RESUMO

Com objetivo de redução de custos e aumento de eficiência, as montadoras de veículos estão buscando alternativas para minimizar a demanda por protótipos veiculares durante a fase de desenvolvimento de projetos. Este estudo tem o intuito de demonstrar uma solução de Hardware in the Loop (HiL) que integra o Módulo Eletrônico de Controle do Motor (ECM) e o Painel de Instrumentos (IPC) em ambiente de bancada.

Testes automatizados foram criados e as condições de operação do motor foram simuladas através de diferentes ciclos de condução. Os dados obtidos do ECM foram comparados com a indicação física do IPC. Para capturar a informação do painel de instrumentos, uma câmera simples de resolução 480p foi utilizada em conjunto com um sistema de reconhecimento de imagem desenvolvido em Matlab. Os seguintes parâmetros foram comparados em tempo real entre o módulo de controle do motor e o painel de instrumentos: odômetro e consumo médio de combustível.

O foco deste estudo é analisar a correlação entre os dados provenientes do módulo de controle do motor e do painel de instrumentos através de diferentes ciclos de condução, sendo estes simulados a partir do uso do equipamento de HiL.

INTRODUÇÃO

A busca por aumentar a eficiência e reduzir custos está cada vez mais presente na indústria automotiva. A relação mais próxima entre empresas de tecnologia e indústrias de automóveis contribui para expandir os limites do mercado tradicional. Os clientes estão mudando, evoluindo, e aos poucos trocando a mentalidade de consumo impulsivo obrigando as montadoras a inovar em busca da excelência para se manterem competitivas no mercado [2].

O uso de ferramentas computacionais é fundamental para desenvolvimentos com menor tempo de duração e também de menor custo, o que reflete em vantagens competitivas. Para este trabalho foram utilizados os seguintes aplicativos computacionais: Matlab v2017b, ATI VISION 5.2.1, dSPACE ControlDesk 6.1.

1. Montagem da bancada incluindo o equipamento de HiL, ECM, IPC e instalação da câmera para reconhecimento de imagem (vide Figura 2);
2. Desenvolvimento de interface gráfica para inicialização (vide Figura 3) e monitoramento do sistema em tempo real (vide Figura 4).

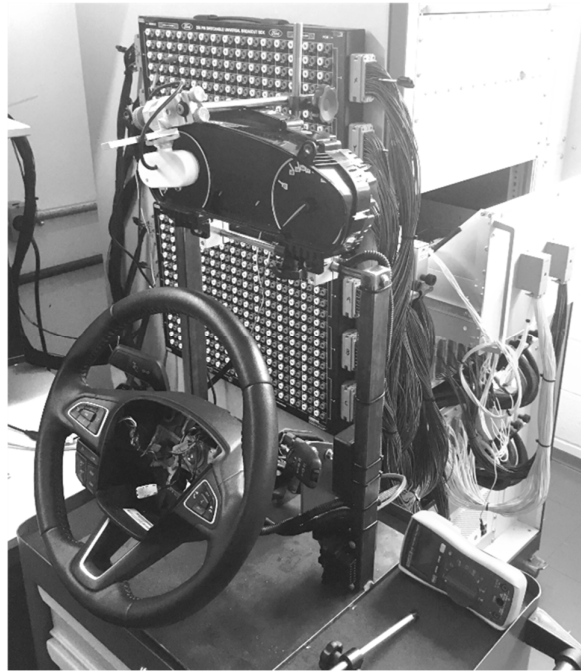


Figura 2: Montagem da bancada: interface entre HiL e IPC.

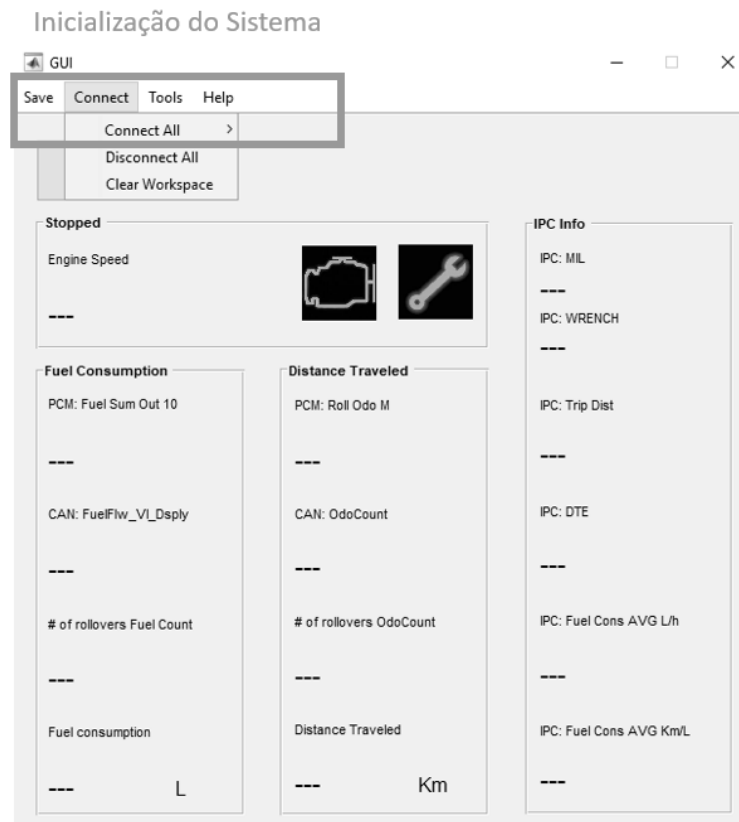


Figura 3: Inicialização do sistema.

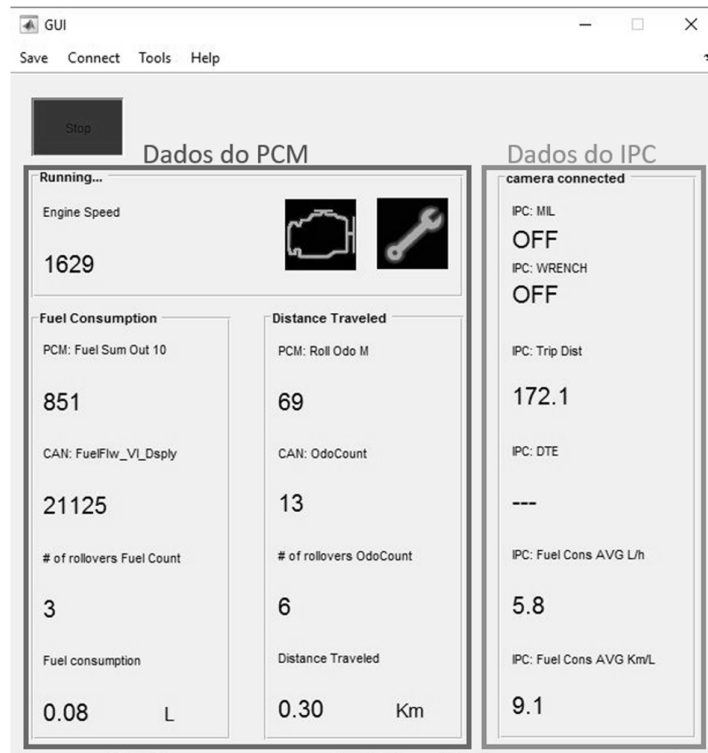


Figura 4: Dados coletados e disponibilizados em tempo real.

A interface gráfica desenvolvida possibilita o monitoramento da rotação do motor, do consumo de combustível, da quilometragem percorrida e da indicação da lâmpada de mau funcionamento do motor (MIL).

Para a leitura dos dados disponibilizados pelo painel de instrumentos, uma imagem em preto e branco é capturada a cada 2 segundos pela câmera, filtrada e *binarizada* (vide Figura 5). Dessa forma é possível aplicar técnicas de visão computacional (OCR - *Optical Character Recognition*) para o reconhecimento dos caracteres [3], [4], [5]. Estes dados “traduzidos” são então armazenados e disponibilizados na tabela “Relatório de Teste”.

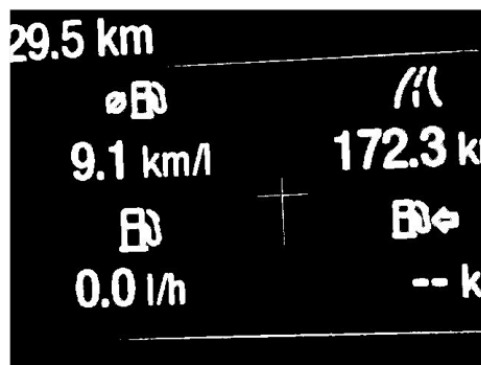


Figura 5: Imagem *binarizada* do Painel de Instrumentos.

Os dados disponibilizados pelo ECM relacionados à distância percorrida e consumo de combustível foram coletados diretamente da rede CAN utilizando o equipamento Vector CANcaseXL. Estes dados foram processados por um algoritmo desenvolvido em Matlab e os resultados acumulados foram armazenados na mesma tabela “Relatório de Teste”.

Ao final do ciclo de teste, o valor de odômetro calculado pelo ECM foi comparado com o valor lido pela câmera. O sistema é considerado aprovado se estiver dentro de uma tolerância de erro de $\pm 1\%$. Para o consumo médio de combustível, o teste é considerado aprovado quando a diferença entre o valor calculado do módulo de controle do motor e o valor lido do painel de instrumentos ficar entre $\pm 2\%$.

Para este estudo, uma simulação de aproximadamente 4 horas ininterruptas de rodagem foi realizada (vide Figura 6). O ciclo de condução simulado foi baseado nos mesmos ciclos de rodagem utilizados em laboratório de emissões (FTP75, FTP Highway e US06) [1].

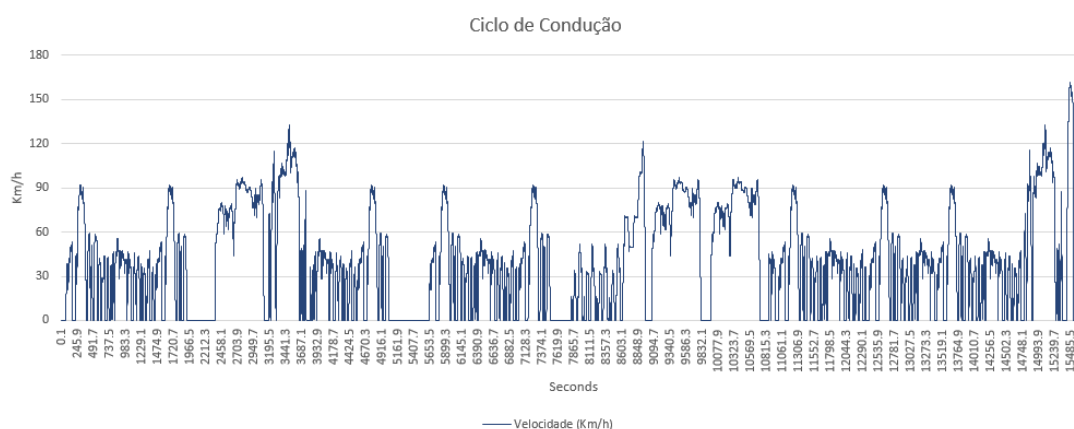


Figura 6: Ciclo de condução simulado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 4 horas de simulação de rodagem em ambiente virtual, os seguintes resultados foram observados:

- O valor de odômetro lido do IPC quando comparado com o valor calculado pelo ECM convergiu e estabilizou para dentro da tolerância especificada ($\pm 1\%$) após 8km rodados (vide Figura 7). O erro para o valor de odômetro ao final de aproximadamente 172km rodados foi de 0.77% (vide Figuras 8 e 11);

- Sobre a indicação de consumo médio de combustível, a diferença entre o valor calculado pelo módulo do motor e o valor lido do painel de instrumentos convergiu para dentro do especificado ($\pm 2\%$) após 40km rodados (vide Figura 9). Na metodologia utilizada neste estudo, o consumo médio de combustível foi “zerado” no IPC antes do início dos testes. Como o painel de instrumentos utiliza *buffers* internos para o cálculo de consumo médio antes de apresentar os valores ao motorista, é esperado que o erro seja maior do que o especificado nos primeiros quilômetros percorridos. O erro para o valor de consumo médio de combustível após aproximadamente 172km rodados foi de -0.08% (vide Figuras 10 e 11);

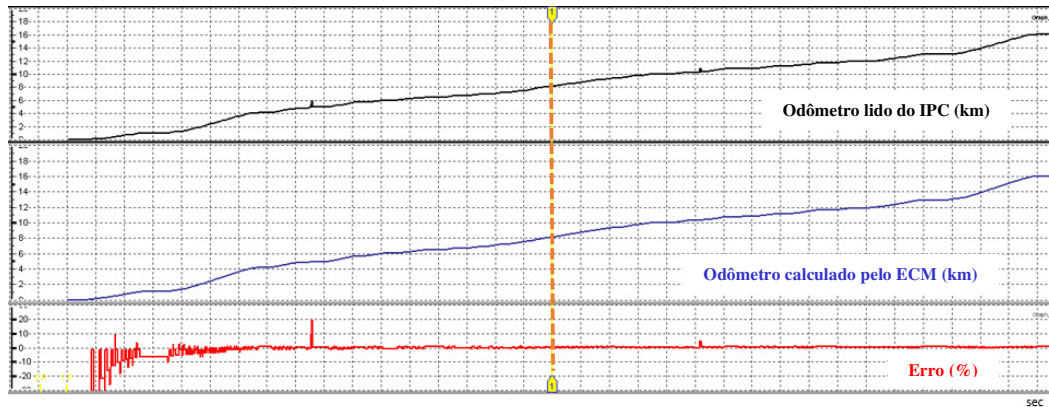


Figura 7: O cursor 1 indica o ponto em que o erro calculado entre a leitura de odômetro do IPC e calculado pelo ECM fica estável e dentro da faixa de tolerância.

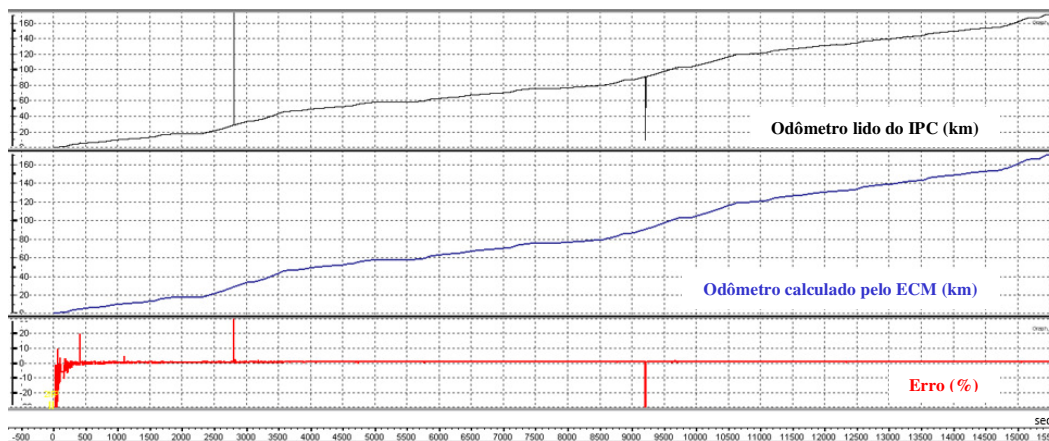


Figura 8: Comparação entre os valores de odômetro lido do IPC e calculado pelo ECM durante 4h ou 172km.

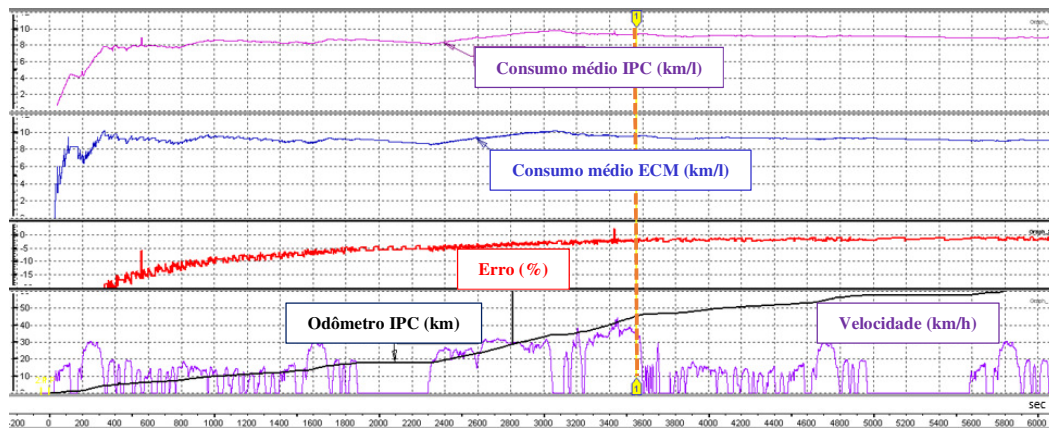


Figura 9: O cursor 1 indica o momento em que o erro calculado entre a leitura de consumo médio de combustível do IPC e calculado pelo ECM fica estável e dentro da faixa de tolerância.

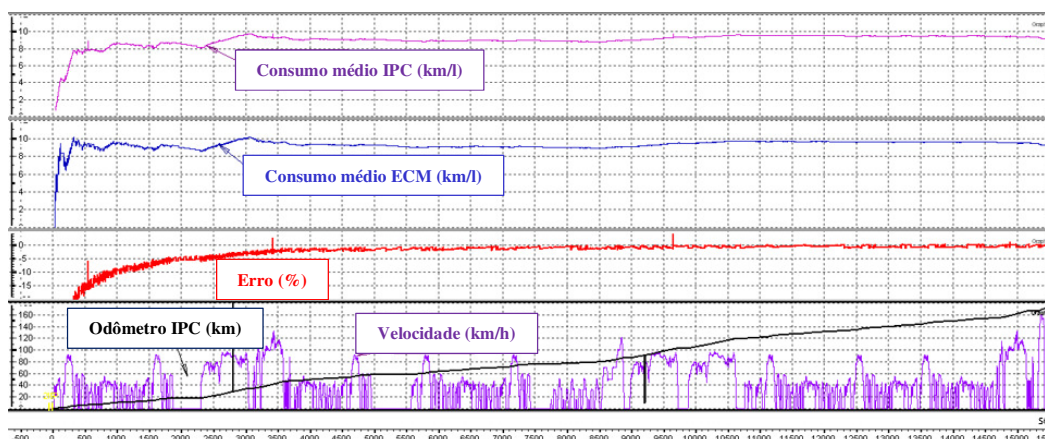


Figura 10: Comparação do consumo médio de combustível entre o valor lido do IPC e o valor calculado pelo ECM durante 4h ou 172km.

- A Figura 11 mostra a planilha “Relatório de Teste” que tem por finalidade comparar de forma automática os dados obtidos e verificar a convergência final dos resultados.

Import Data and Check Results	
Final Odometer PCM (Km)	170.4848
Final Odometer Cluster (Km)	171.8
Odometer Difference IPC x PCM (%)	0.771447 PASS
Final PCM Fuel Consumption (l)	18.5163
Final IPC Average Fuel Consumption (km/l)	9.2
Average Fuel Consumption PCM (Km/l)	9.207282
Fuel Consumption difference IPC x PCM (%)	-0.07909 PASS

Figura 11: Planilha “Relatório de Teste”.

CONCLUSÃO

Este trabalho confirmou a capacidade no uso do equipamento de HiL para validações associadas às interfaces entre o módulo eletrônico de controle do motor e o painel de instrumentos, reduzindo assim a demanda por protótipos veiculares físicos. Vale ressaltar que um único protótipo veicular pode custar centenas de milhares de reais para ser construído e, portanto, todas as iniciativas para redução no uso de tais protótipos são de grande importância para o ganho de competitividade no desenvolvimento do produto.

Resultados similares aos apresentados neste estudo seriam obtidos em veículo ao custo estimado de R\$ 2.000,00 por teste. Um projeto pode requerer múltiplas rodadas de teste devido ao uso de diferentes tipos de combustível e configurações de módulos envolvidos.

Com relação ao sistema estudado, todos os resultados obtidos para indicação da distância percorrida e consumo médio de combustível atenderam com sucesso aos critérios de aceitação do projeto.

A técnica utilizada neste trabalho pode ser aplicada para qualquer outra interface entre o ECM e o IPC, tais como rotação, velocidade, lâmpada de mau funcionamento do motor e indicações do piloto automático.

REFERÊNCIAS

- [1] OLMOS, A.; BANHARA, R.; PINTO, C. M. E.; GEORGES, M. R. R. **Emissions, Fuel Economy and Energy Consumption of a Flex Fuel Vehicle in Different Driving Cycles.** 27th SAE International Congress, 2018-36-0225.
- [2] KENDAL, I. R.; JONES, R. P. **An Investigation into the Use of Hardware-in-the-Loop Simulation Testing for Automotive Electronic Control Systems.** Control Engineering Practice 7, 1343-1356, 1999.
- [3] SMITH, R. **Hybrid Page Layout Analysis via Tab-Stop Detection.** Proceedings of the 10th international conference on document analysis and recognition, 2009.
- [4] BRADLEY, D.; ROTH, G. **Adapting Thresholding Using the Integral Image.** Journal of Graphics Tools, Vol. 12, No. 2, pp.13–21, 2007.
- [5] SMITH, R. **An Overview of the Tesseract OCR Engine.** Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007) Vol 2, pp. 629-633, 2007.