

# Development of an Automotive Scanner for Educational Application

J. Câmara, T. A. Cerqueira and V. L. da Silva

**Abstract**— This paper deals with the strategy for development of an automotive scanner software for educational application, supplying the gaps created by the shortcomings of automotive electronics embedded systems diagnosis scanners market with respect to use in the classroom. The application of electronic diagnostic devices has become essential in view of the rapid development and growth of electronic embedded systems in automobiles, combined with increasing specialization necessary for professionals working in the maintenance segment and automotive repair. Using a low cost cable interface controller and application protocols established by the Society of Automotive Engineers (SAE), a Java PC application was developed. It allows the teacher to perform fault simulations without the need to modify parts or systems in the vehicle that is being used in class, ensuring greater productivity and safety in their classes.

**Keywords**— OBD diagnosis, Automotive Scanner, Automotive electronics, automotive training.

## I. INTRODUÇÃO

O DESENVOLVIMENTO tecnológico dos sistemas eletroeletrônicos embarcados nos automóveis incrementou as suas funcionalidades, permitindo que a operação de um automóvel garanta maior conforto, segurança, bem como uma redução do impacto de suas emissões ao meio ambiente. O uso de computadores e softwares embarcados, antes restritos a poucos sistemas de conforto e conveniência de modelos mais sofisticados, se tornou equipamento de série de modelos populares [1]. Esse desenvolvimento, por outro lado, determinou um notável aumento na complexidade do sistema e, conseqüentemente, uma maior dificuldade no diagnóstico de falhas [2,3].

Sistemas OBD (*On Board Diagnostics*, ou Diagnóstico de bordo) foram criados para monitorar os vários sistemas eletrônicos de controle, bem como seus sensores e atuadores [2], e auxiliar a identificação de falhas nos mesmos [3]. Técnicos de manutenção automotiva utilizam ferramentas computacionais, denominadas de *scanners*, para acessar o sistema OBD através de um protocolo de comunicação padronizado [4] e obter informações sobre essas falhas [3]. A versatilidade do protocolo possibilita diversas aplicações como, por exemplo, o acesso dessas informações pelos computadores de bordo do próprio veículo, através de informações básicas no painel de instrumentos; configurações

dos acessórios que equipam o veículo no fim de linha de produção; monitoramento das condições de uso do veículo, para estabelecer prazos de manutenção; e acesso remoto dos dados através de interface LAN [5,6] por computadores pessoais [3] ou dispositivos móveis [6, 7, 8].

Para o correto desempenho de suas atividades, no entanto, não é suficiente ao técnico apenas compreender o software de conexão com o veículo. É imprescindível que o mesmo domine as peças do sistema, assim como a interação entre elas, além de possuir conhecimento de como utilizar a ferramenta *scanner* para obter as informações do sistema OBD. Em vista da complexidade do diagnóstico, alguns autores propuseram métodos automáticos de identificação de algumas falhas, como por exemplo, reportado por [9, 10, 11]. Apesar de se tratar uma área ativa, ainda não é possível substituir o técnico mecânico, que necessita de uma base de conhecimento cada vez mais diversa.

Vale a pena enfatizar que o profissional de reparação e manutenção enfrenta um enorme desafio, onde o “aprender fazendo” e a transmissão do ofício de pai para filho, tornou-se não só obsoleta, como inviável, diante da vasta quantidade e variedade de tecnologias envolvidas em um veículo, bem como da variedade de marcas e modelos presentes no mercado [12]. Além disso, o rápido incremento e obsolescência de tecnologias automotivas [13] dificultam ainda mais a capacitação desses profissionais. Numa tentativa de superar esse problema, alguns autores investigaram o uso de realidade aumentada [14, 15] para treinamento desses profissionais. No entanto, realidade aumentada ainda é uma tecnologia nova e de adoção incipiente e seu sucesso limitado [15].

A aplicação do aprendizado baseado na solução de problemas é bastante efetiva no treinamento de tecnologias automotivas [16, 17, 18]. O método se baseia na proposição de um problema para ser solucionado por uma equipe de estudantes, através de dados coletados, observação e consulta à literatura técnica. No treinamento de profissionais de manutenção, os professores inserem peças defeituosas em um automóvel e usam o scanner para leitura do sistema OBD durante a aula. Esta abordagem limita o número de falhas que podem ser simuladas com segurança e consome um tempo significativo do instrutor na preparação da aula. Para resolver este problema, desenvolvemos uma interface de software em JAVA, que permite ao instrutor modificar os valores lidos e simular falhas no veículo modelo sem a necessidade de intervenção física. Dessa forma, aumentamos o número de falhas que podem ser demonstradas na aula de forma segura. Testes feitos por instrutores demonstraram uma redução significativa no tempo de preparação da aula. Esse é um resultado importante, considerando o pequeno tempo

J. Câmara, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia, Brasil, [jcamara@fieb.org.br](mailto:jcamara@fieb.org.br)

T. A. Cerqueira, Rio de Janeiro, Marinha do Brasil, Brasil. [tcerqueirafba@gmail.com](mailto:tcerqueirafba@gmail.com)

V. L. da Silva, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia, Brasil, [valeria.dasilva@fieb.org.br](mailto:valeria.dasilva@fieb.org.br)

disponível para preparação de aula de que os instrutores de cursos técnicos e profissionalizantes dispõem. Esperamos, assim, que a disponibilidade dessa nova ferramenta permita um maior número de demonstrações e exercícios práticos que são vitais para um aprendizado efetivo dos alunos.

## II. TREINAMENTO DE TÉCNICOS NA REPARAÇÃO DE SISTEMAS AUTOMOTIVOS

O SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - atua na área de educação profissional desde 1942, formando desde ajudantes de mecânico a técnicos, engenheiros, mestres e doutores. Nos treinamentos que envolvem tecnologia automotiva, são desenvolvidas aulas práticas em automóveis reais, onde se aborda diagnóstico de falhas e demonstrações de uso. A estratégia de ensino utilizada é a solução de problemas, aliando aulas práticas a aulas teóricas expositivas. No decorrer das aulas práticas, o scanner automotivo é uma ferramenta largamente utilizada, seja para demonstrar o funcionamento e características dos sistemas eletrônicos embarcados, seja para simular falhas. No entanto, o uso do scanner como ferramenta didática apresenta algumas limitações.

As ferramentas de diagnósticos e reparação foram desenvolvidas para ajudar o técnico a localizar e corrigir falhas que efetivamente existem naquele sistema ou veículo que está sendo avaliado. Quando um docente deseja que uma falha ocorra em uma aula, para demonstrar aos alunos seus efeitos, é necessário que ele, efetivamente, provoque a falha, ou seja, é indispensável que o sistema ou veículo tenha o seu correto funcionamento alterado ou interrompido. Tal limitação nas simulação de falhas pode provocar algum prejuízo ao processo de ensino aprendizagem.

Foram desenvolvidas entrevistas com oito docentes do curso Técnico de Mecânica Automotiva do Senai-BA, responsáveis pelas aulas práticas envolvendo sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos. Nessas entrevistas, os docentes revelaram o procedimento que executam para essas aulas.

O procedimento de inserção de falhas em sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos envolve a substituição de sensores e atuadores bons por danificados, inserção de resistências elétricas em série ou paralelo, modificação de chicotes elétricos e até a modificação mecânica de atuadores buscando a apresentação de algum comportamento errático. Foi relatado que essas modificações em um veículo que originalmente esteja em perfeito funcionamento, acarretam riscos, além de algumas limitações que a própria atividade impõe, a saber:

- Nem sempre é possível simular determinadas falhas, devido à restrição na disponibilidade de componentes eletroeletrônicos com o comportamento que se deseja demonstrar;
- Algumas falhas são inviáveis de serem simuladas em um laboratório de aula, como por exemplo, as que envolvem veículo em movimento ou situações extremas de temperatura;

- A modificação de um veículo envolve desgaste e danos, tornando custosas as atividades práticas e diminuindo a vida útil do veículo didático;
- Determinadas modificações, pela sua própria natureza de não originalidade, tornam-se facilmente identificáveis pelos alunos, reduzindo a efetividade da atividade;
- A preparação de uma aula prática, que exija a modificação de um veículo, demanda um tempo razoável ao docente, diminuindo sua produtividade.

Os docentes relataram que o scanner de diagnóstico automotivo utilizado na reparação não consegue atender em sua plenitude as atividades docentes. Quando utilizados para fins didáticos, os scanner automotivos apresentam as seguintes limitações:

- Acesso restrito a determinados modelos e versões: mesmo em modelos ditos universais, há uma forte dependência de uma relação entre uma lista de veículos habilitados e o software que está instalado no equipamento;
- Equipamento não permite simular defeitos ou inserir variáveis que não sejam os reais;
- Vasta variedade de modelos de scanner: a diversidade promove a necessidade de diferentes estratégias de aula, bem como restringe as atividades práticas elencadas;
- Equipamento tem custo elevado, o que limita seu uso: um equipamento com um pacote mínimo de veículos para acesso tem custo superior a dois mil dólares;
- A tela é pequena e há restrições para conexões a projetor multimídia ou monitor externo de vídeo: a maioria dos equipamentos disponíveis dispõe de uma pequena tela com duas linhas de dados, o que torna sua exibição extremamente difícil;
- Algumas operações exigem que o veículo esteja desligado ou completamente parado, o que restringe o uso educacional, sendo que essa restrição ocorre por motivos de segurança ou por limitação técnica de hardware ou software.

## III. FERRAMENTA PROPOSTA

Com base nos dados levantados nas entrevistas, foram identificados requisitos para o desenvolvimento de uma nova ferramenta (scanner) mais apropriada ao uso em educação:

- Software para plataforma Windows através de um PC ou tablet / smartfone;
- Possibilidade de comunicação com o veículo via interface serial, USB, Wi-fi ou Bluetooth;
- Dados exibidos em tela de fácil visualização;
- Interface de comunicação padrão OBD - *On Board Diagnosis* - padrão internacional que permite comunicação com qualquer tipo de veículo;

- Identificação do VIN - Vehicle Identification Number, que identifica características básicas, como fabricante, modelo, motorização e anos de fabricação e modelo;
- Dois perfis de acesso - docente e aluno - permitindo configurar dados;
- Possibilidade de simular falhas, através da alteração dos dados exibidos e inserção de códigos de falha inexistentes, através de um acesso específico do docente;
- Software leve e de fácil instalação e utilização, de modo a permitir ampla difusão e uso;
- Uso semelhante a um scanner tradicional.

### III.a O padrão OBD nos automóveis

A SAE – Sociedade dos Engenheiros Automotivos - estabeleceu os padrões para o OBD – *On Board Diagnosis*, que estão detalhados na norma SAE J1979 [4]. Esse padrão, seguido por todas as montadoras mundialmente, estabelece o protocolo de comunicação entre centrais de controle eletrônico assim como de um conector (Fig. 1), que está presente na totalidade dos automóveis atuais. Este conector é a porta de comunicação entre as diversas centrais de controle presentes no automóvel [19], bem como porta de comunicação com a rede CAN automotiva [21], padrão desenvolvido pela empresa Bosch [19]. Cabe salientar que, atualmente, um automóvel básico possui ao menos duas centrais de controle, uma para controle do motor de combustão interna e outra para o painel de instrumentos, sendo bastante comuns automóveis com mais de uma dezena de centrais, em especial aqueles de maior custo e equipado com diversos sistemas eletroeletrônicos de conforto e segurança [22].



Figura 1. Aspecto da porta OBD.

### III.b. O Scanner Automotivo Tradicional

O scanner automotivo é uma poderosa ferramenta à disposição do técnico reparador para uso nas suas atividades de diagnóstico dos sistemas eletroeletrônicos embarcados presentes em um veículo moderno.

Na Fig. 2 podemos visualizar como o scanner automotivo opera. Uma interface OBD / WiFi, utilizando o micro controlador ELM327 [23], estabelece uma comunicação com a

rede CAN e as centrais eletroeletrônicas do veículo, ao mesmo tempo em que permite uma conexão via rede WiFi com um computador externo [23]. Esse computador, uma vez equipado com um software específico, atua como um scanner, realizando a varredura dos sistemas eletroeletrônicos embarcados no veículo [24].



Figura 2. Operação de um scanner automotivo.

Uma vez estabelecidas as devidas conexões, que são efetuadas tão logo se conecte a interface ao conector OBD no veículo com a ignição ligada, o software scanner envia pela porta um código referente à central e subsistema que se deseja acessar. A central responde ao que foi solicitado, para, em seguida, enviar o valor para ser interpretado.

Os códigos usados para requerimento de um dado à rede CAN são denominados OBD-II PIDs (*Parameter IDs*). Esses parâmetros são padronizados na norma SAE J/1979 [4].

O valor respondido pelo sistema eletroeletrônico do veículo pode ser interpretado com base em tabelas existentes na norma SAE [4]. Esse valor, originalmente enviado em hexadecimal, é submetido a uma fórmula específica, também estabelecida pela mesma norma. O valor, então, é calculado e exibido em uma tela, juntamente com a unidade de medida correspondente.

A cada parâmetro corresponde um código de acesso e uma fórmula para leitura/interpretação. Limitado a uma velocidade de leitura prévia, é possível listar uma série de parâmetros e obter a leitura dos mesmos, sendo que são atualizados numa frequência pre-determinada. A depender da interface do software do scanner, esta leitura pode ser exposta na forma de uma tabela, gráfico ou comparativo entre valor medido e faixa de leitura esperada [24].

Ao reparador cabe a tarefa de, conhecendo o problema que o veículo possui, selecionar os itens cuja leitura de dados deseja realizar e interpretar os mesmos, consultando manuais técnicos para checar se os valores estão dentro as faixas consideradas normais para aquela situação específica de operação do motor ou qualquer outro sistema que esteja sendo diagnosticado no momento.

### III.c. Funcionamento do scanner automotivo educacional

Foi utilizada uma interface que possui embarcada um micro controlador ELM327 [23] mostrado na Fig. 3. O IP da interface (192.168.0.10), assim como a porta de comunicação COM (35000) são especificados pelo fabricante da mesma.



Figura 3. Interface OBD – WiFi.

Uma vez bem sucedida a conexão, é criado um fluxo de dados para permitir o envio e recebimento de informação do “Servidor” (automóvel) para o “cliente” (computador), onde está instalado o software desenvolvido para o scanner educacional, conforme descrito na Fig. 4. Inicialmente é necessária a escolha adequada do perfil do usuário: aluno ou professor. O perfil professor permite selecionar a quais parâmetros os alunos terão acesso, além de possibilitar ao docente alterar artificialmente os valores medidos possibilitando, desta forma, simular falhas não existentes. Ao salvar as informações, retorna-se à escolha do perfil, onde os alunos poderão entrar e dar início às simulações previstas na aula, ou simplesmente ter acesso às informações reais das centrais do veículo utilizado, caso o docente não tenha feito nenhuma modificação nos dados selecionados.

Seguindo o estabelecido pela norma SAE [4], para leitura de determinado parâmetro, é enviado um código de 2 Bytes (mode+PID), correspondendo ao parâmetro que se deseja acessar. A Central endereçada responde via rede CAN através de 1 ou 2 Bytes (A e B). Um comando ENTER é devolvido pelo software. A central responde uma mensagem que contém o parâmetro solicitado e o valor do mesmo em hexadecimal. Este valor é submetido a um cálculo, utilizando-se a fórmula padronizada para aquele parâmetro na SAEJ/1979.

O valor já calculado é submetido às eventuais alterações estabelecidas previamente pelo docente em seu respectivo perfil. Por fim, a variável, o valor modificado e a unidade de medida são exibidas na tela.

O fluxo contínuo tem como função manter o dado de leitura constantemente atualizado, uma vez que o funcionamento de um automóvel é bastante dinâmico em seus parâmetros.

Para melhor compreensão do fluxo de dados do perfil do aluno, vamos considerar, como exemplo, que o docente selecionou um único parâmetro a ser lido, “rotação do motor”:

- O comando “010c” (Rotação do Motor) é enviado à rede CAN;
- O servidor envia o “eco” da informação, retornando “010c”;
- O caractere ENTER é enviado ao servidor, que corresponde ao Decimal “13”;
- Com isso, o servidor envia a seguinte texto para o cliente: {0D}41 0C xx xx {0D} {0D}>
- {0D} corresponde ao caractere ENTER e xx são os caracteres que irão determinar o valor da rotação;
- O caractere “>” indica que o servidor terminou o envio de dados para o cliente;

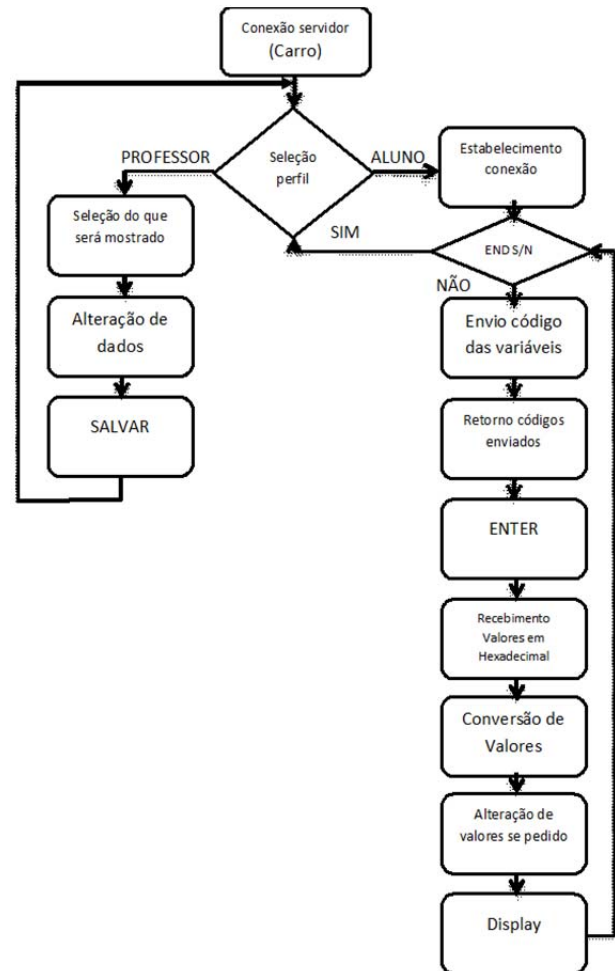


Figura 4. Fluxograma da operação do scanner educacional.

- Exemplo: {0D}41 0C 12 20 {0D} {0D}>
- A=12 e B=20 (Hexadecimal) e a fórmula é  $Rotação=(A*256+B)/4$ ;
- A=12(Hex)=18 e B=20(hex)=32, com isso podemos calcular o valor: Parâmetro de rotação lido =  $(18*256+32)/4=1.160$  rpm.
- O valor 1.160 é submetido a eventuais alterações estabelecidas pelo docente;
- O parâmetro, valor e unidade são exibidos;
- O parâmetro é requisitado novamente repetindo em loop até apertar VOLTAR, que retorna à opção de escolha do perfil.

#### Interfaces com o usuário

Tendo em vista a aplicação didática, foi necessário desenvolver uma interface amigável, logo após concluídas todas as funcionalidades no software. Com a facilidade de implementação de interfaces permitida pela linguagem JAVA, que admite a criação de janelas, botões de comando, caixas de textos, entre outras funcionalidades, o programa desenvolvido atingiu fácil manipulação, com foco no uso por partes dos professores e alunos.

Ao iniciar o software, o mesmo busca conexão com a interface OBD WiFi. Uma vez estabelecida a conexão com o servidor (veículo), a tela de escolha do perfil ilustrada na Fig. 5 aparece.



Figura 5. Seleção do perfil usuário.

Pode-se visualizar que é necessária a inserção de uma senha para acesso ao perfil do docente. Isto visa evitar que os alunos tenham acesso às eventuais modificações de valores de parâmetros, o que eliminaria o desafio imposto no diagnóstico de falhas simuladas.

O acesso ao perfil do aluno é liberado, sendo que os parâmetros aos quais ele terá acesso, bem como a veracidade dos valores, estarão condizentes com o último acesso feito pelo docente. Não é possível ao aluno zerar ajustes ou escolher outras variáveis que não as estabelecidas pelo docente por intermédio de sua senha.

A Fig. 6, por sua vez, ilustra a tela de seleção e ajuste, restrita ao docente.



Figura 6. Tela de seleção e ajuste de parâmetros.

Pode-se verificar que é possível selecionar e modificar o valor, ou não. As modificações possíveis são: fixação de um valor pré-determinado, multiplicação por um fator específico ou desabilitar, quando o parâmetro passaria a ser classificado na visualização como “indisponível”. Esta opção é especialmente útil quando se deseja simular falhas em sistemas eletroeletrônicos de veículos mais simples, quando o utilizado na aula é mais sofisticado. A simulação retornaria a ausência de um sensor específico, o que determinaria aos alunos a necessidade de usar uma estratégia e diagnóstico diferente, aumentando, assim, as opções de estratégias de aula para o docente.

A tela da Fig. 7 ilustra os parâmetros, valores e unidades, já com as alterações promovidas pelo docente. A Fig. 7 mostra essa tela, onde se pode verificar que o primeiro parâmetro demonstrado é o Número de Identificação do Veículo (VIN), também conhecido como número de chassi. Esta informação é

bastante relevante para busca correta de informações a fim de consultar manuais de reparação e valores padrão. O VIN não é passível de alteração por parte do professor, uma vez que sua modificação não traria qualquer vantagem ou aplicação para o aprendizado ou prática docente.



Figura 7. Exemplo de tela com parâmetros selecionados para leitura.

Uma funcionalidade interessante do scanner automotivo educacional é a rotina de inserção de novos parâmetros, que permite ao docente atualizar o scanner automotivo educacional com novos parâmetros que SAE venha a padronizar no futuro.

Com as informações de identificação do parâmetro da SAE – PID (*Parameter Id*), o nome do parâmetro, unidade de medida, número de casas decimais e respectiva fórmula de cálculo, o docente insere os dados na tela demonstrada na Fig. 8, permitindo ao scanner, a partir desse momento, acessar esse novo parâmetro para sua leitura.

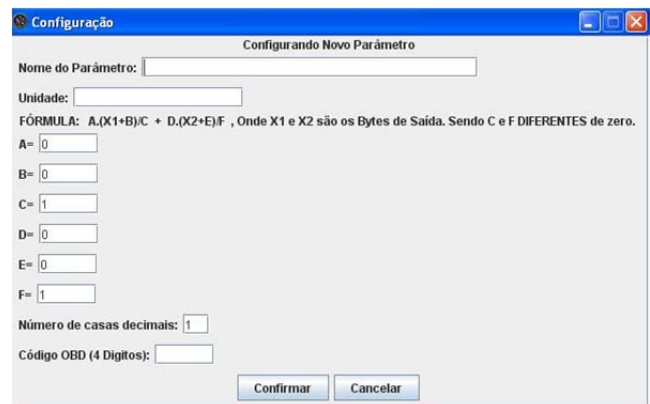


Figura 8. Tela de inserção de novo parâmetro.

Para utilização do scanner educacional, o docente criará uma situação problema baseada numa suposta falha em um veículo relatada pelo dono do mesmo. O docente fornecerá ao aluno, ou grupo de alunos, esse relato de problema, com respectivos sintomas percebidos pelo suposto cliente.

Uma vez conectado ao veículo, o aluno acessará a leitura de parâmetros previamente ajustados pelo docente, de acordo com a falha que está sendo simulada.

Com o veículo com a ignição ligada e em funcionamento, o aluno verificará entre os parâmetros listados, aqueles que não estão dentro do especificado. Para isso ele fará uso da literatura técnica e dos conhecimentos adquiridos em aulas teóricas. Com base nessas informações, o aluno elaborará uma estratégia de diagnóstico, que será avaliada e comentada pelo docente.

Tome como exemplo de uma atividade prática a simulação de um sensor de temperatura do motor danificado:

- Docente, previamente à aula, altera no software o parâmetro de temperatura do motor para valor 20 graus Celsius menor que o real;
- No início da atividade, relata que o proprietário do veículo indicou consumo elevado e dificuldade de partida em algumas situações;
- Alunos fazem leitura de parâmetros e buscam, entre os listados, valores que diferem do especificado ou esperado na condição de operação do motor;
- Alunos identificam que a temperatura do motor durante a partida é inferior à temperatura do ar, o que não é esperado;
- Alunos sugerem medir resistência elétrica do sensor de temperatura do motor e buscam a informação na literatura técnica.

#### IV. RESULTADOS

##### IV.a. Falhas que podem ser simuladas

O scanner educacional desenvolvido permite a simulação de um número maior de falhas, sem risco ao operador, conforme pode ser visto no comparativo da tabela 1.

As falhas mais comuns que ocorrem em sistemas eletrônicos de controle de motores automotivos estão listadas na tabela I, assim como a disponibilidade de se desenvolver simulações utilizando-se um scanner tradicional ou o scanner educacional desenvolvido.

TABELA I  
FALHAS EM MOTORES E SUAS SIMULAÇÕES

Falha	Simulação com Scanner tradicional	Simulação com Scanner Educacional	Observação
Sensor de temperatura da água em curto ou aberto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de temperatura da água valor incorreto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de temperatura do ar em curto ou aberto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de temperatura do ar valor incorreto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de velocidade em	SIM	NÃO*	*Risco de acidente

curto ou aberto			
Sensor de velocidade valor inconsistente	SIM	NÃO*	*Risco de acidente
Sensor de rotação valor incorreto	SIM	NÃO*	*Motor para de funcionar
Sensor de vazão de ar em curto ou aberto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar senso
Sensor de vazão de ar valor inconsistente	SIM	NÃO*	*Motor para de funcionar
Sensor da posição da borboleta inconsistente	SIM	NÃO*	*Modificação danifica veículo
Sensor da posição do pedal do acelerador inconsistente	SIM	NÃO*	*Modificação pode danificar veículo
Detonação no motor	SIM	NÃO*	*Simulação pode provocar danos ao motor

Como se pode verificar, algumas simulações não são possíveis de ser desenvolvidas com o scanner tradicional, por representar riscos de segurança ou por trazer dano ao veículo sob teste, enquanto outras envolvem efetivamente modificar o veículo. Estas modificações demandam tempo, disponibilidade de componentes danificados e, por vezes, são facilmente identificadas pelos alunos, por não serem originalmente do veículo que está sendo usado na aula.

##### IV.b. Avaliação do Scanner Educacional

A avaliação do scanner educacional foi feita após o treinamento dos docentes para uso do scanner. O treinamento consistiu de uma sessão de aproximadamente 10min, na qual as funcionalidades do scanner foram demonstradas aos docentes, seguida de um período de cerca de 15 minutos para eles vivenciarem o scanner e tirarem dúvidas. Em seguida, foi pedido a cada docente para simular a falha no sensor de temperatura do motor utilizando um scanner tradicional e o scanner educacional. Durante este processo, foram registrados comentários feitos pelos docentes relativos ao uso do scanner educacional, sendo os principais:

- O uso do scanner educativo é semelhante ao tradicional
- É menos trabalhoso, não precisa identificar o modelo do veículo e funciona com qualquer modelo
- Pode simular mais falhas
- Não precisa esperar o motor resfriar
- É mais rápido
- Interface tem custo baixo

Os comentários mostram que o scanner desenvolvido satisfaz todos os requisitos descritos na seção III.

O teste executado fez uso de um Chevrolet Onix. Para a simulação A, a falha simulada foi a do sensor de temperatura do motor, integrante do sistema eletrônico de controle do

motor, que no modelo testado era do fabricante Bosch. Este sensor foi escolhido por ser comum a todos os automóveis, de falha relativamente comum e impacto significativo no desempenho do motor, sendo, corriqueiramente, alvo de testes e simulações nos treinamentos. A simulação com o scanner tradicional envolveu modificação física do sensor, enquanto a simulação com o scanner educacional pode ser feita pela modificação do parâmetro lido no software. Ambos os scanners utilizam uma interface OBD WiFi, permitindo uma comparação ainda mais efetiva

O scanner tradicional utilizado foi o MDI, da General Motors, adequado para esta comparação por poder utilizar o mesmo tipo de interface WiFi e mesmo computador com Windows utilizado pelo scanner educacional.

Para quantificar a comparação, foram medidos os períodos necessários para desenvolver as atividades de teste do sensor de temperatura de gerenciamento do motor, com o uso do novo scanner e com o uso da metodologia tradicional. Os resultados apurados estão na Tabela II.

TABELA II  
TEMPO DE PREPARAÇÃO PARA SIMULAÇÃO DE FALHA NO  
SENSOR DE TEMPERATURA DO MOTOR PELOS 8 DOCENTES  
PARTICIPANTES DESTA ESTUDO

Atividade	Tempo usando scanner tradicional (minutos)			Tempo usando scanner educacional (minutos)			Observações
	Tempo mínimo	Tempo médio	Tempo máximo	Tempo mínimo	Tempo médio	Tempo máximo	
Localizar o sensor	1	3	5	N/A			
Medir resistência	4	5	6	4	5	6	
Medir tensão com chave ligada	4	4	4	Imediato - Na tela			
Verificar comportamento da tensão com multímetro	3	4	5	Imediato - Na tela			
Verificar comportamento da tensão com osciloscópio	5	10	15	5	10	15	
Preparar falha para demonstração	15	30*	45	1	1	1	*Motor deve estar frio
Simular falha	10	10	10	1	1	1	Na tela do software
Diagnosticar falha	5	10	15	5	10min	15	
Identificar falha	5	5*	5	Imediato - Na tela			*Medições reais no veículo
Soma	52	81	110	16	27	38	

Nota-se que houve uma redução nas etapas a serem desenvolvidas, assim como uma redução de ~50 minutos, ou 67%, no tempo total médio para preparação dessa simulação. Considerando que uma aula de atividade prática pode envolver de 3-5 falhas, a utilização do scanner educacional pode reduzir em até ~4h o tempo de preparação para esta aula. Além disso, o uso do scanner educacional não requer dispêndio de tempo para retorno do automóvel às suas condições originais.

Outra grande vantagem do scanner educacional é a de que não há alteração física dos sensores ou chicotes elétricos que possam ser facilmente identificadas pelos alunos, o que reduziria a eficácia do treinamento, já que algumas das alterações físicas exigem a remoção do sensor ou inserção de resistências em série ou paralelo com o sensor. Além disso,

essas modificações físicas reduzem a vida útil do veículo didático e podem ser evitadas com o scanner educacional.

## V. CONCLUSÃO

Um Scanner Automotivo Educacional foi desenvolvido com o intuito de atender a demandas específicas de professores que atuam em tecnologia automotiva. Este scanner faz uso de um computador pessoal, utiliza hardware de interface de baixo custo, e pode ser aplicado a qualquer automóvel. Ele se assemelha a um scanner tradicional, porém possui um acesso específico ao docente que permite alterar os dados medidos para fins de simulação de falhas em atividades educacionais. O software desenvolvido permite:

- Eliminação de alterações físicas nos veículos didáticos que possam ser identificadas pelos alunos, reduzindo a eficácia da atividade de treinamento.
- Simulação de um maior número de falhas sem risco de segurança ou danos ao automóvel;
- Redução média de ~67% no tempo para preparação de aula prática.

Com o desenvolvimento do Scanner Automotivo Educacional, objetiva-se uma maior efetividade nos treinamentos de técnicos em tecnologia automotiva, notadamente aqueles que envolvem sistemas eletroeletrônicos embarcados.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe de docentes da área automotiva do SENAI CIMATEC de Salvador/BA, que se colocou à disposição para levantamento de requisitos em pesquisas e durante os testes do software.

## REFERÊNCIAS

- [1] LEEN, Gabriel; HEFFERNAN, Donal; DUNNE, Alan. Digital networks in the automotive vehicle. *Computing and Control Engineering Journal*, v. 10, n. 6, p. 257-66, 1999.
- [2] MARQUES, Marco Antonio; FRANCO, Lucia Regina Horta Rodrigues. *CAN Automotivo Sistemas de Monitoramento*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2004
- [3] JIE, Hu et al. Developing PC-Based Automobile Diagnostic System Based on OBD System. In: *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific*. IEEE, 2010. p. 1-5.
- [4] SAE J1979 – Standards and reporting requirements of On-Board Diagnostic (OBD) regulations. SAE, 2006
- [5] LEE, Young Seo; KIM, Jin Ho; JEON, Jae Wook. Diagnostic gateway based on DoIP for automotive systems. In: *Consumer Electronics (ISCE 2014), The 18th IEEE International Symposium on*. IEEE, 2014. p. 1-2.
- [6] PARK, Sang; LEE, Sang Yub. Development of On-Board Diagnosis via CAN for a HVI (Human Vehicle Interface) technology. *10th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications.. 2012*, Korea Electronics Technology Institute. Seongnam-si, Korea
- [7] NIAZI, M. Awai Khan et al. Development of an On-board Diagnostic (OBD) Kit for Troubleshooting of Compliant Vehicles. In *Emerging Technologies (ICET), 2013 IEEE 9th International Conference on*, 1-4
- [8] A. Tahat, A. Said, F. Jaouni and W. Qadamani, "Android-based universal vehicle diagnostic and tracking system," *Consumer Electronics (ISCE), 2012 IEEE 16th International Symposium on*, Harrisburg, PA, 2012, pp. 137-143. doi: 10.1109/ISCE.2012.6305105

- [9] NAMBURU, Setu Madhavi et al. Systematic data-driven approach to real-time fault detection and diagnosis in automotive engines. In: Autotestcon, 2006 IEEE. IEEE, 2006. p. 59-65.
- [10] VONG, C.M.; Wong, P.K.; Wong, K.I.; "Simultaneous-fault detection based on qualitative symptom descriptions or automotive engine diagnosis", Appl. Soft. Computing 22(2014) 238.
- [11] CHOUGULE, R.; Rajpathak, D.; Bandyopadhyay, P.; "An integrated framework for effective service and repair in the automotive domain: An application of association mining and case-based-reasoning", Computers in Industry, 62 (2011) 742.
- [12] BARBER, Jamie. Skill upgrading within informal training: lessons from the Indian auto mechanic. International Journal of Training and Development, v. 8, n. 2, p. 128-139, 2004.
- [13] DE ALMEIDA, Nelson Morato Pinto. Da prática multidisciplinar à ação transdisciplinar: O novo perfil do profissional de oficina de manutenção automotiva com a introdução das novas tecnologias nos veículos automotores. CETRANS, 2002.
- [14] ANASTASSOVA, Margarita, BURKHARDT, Jean-Marie. "Automotive technicians' training as a community-of-practice" Applied ergonomics 40.4 (2009): 713-721.
- [15] BORSCI, Simone; LAWSON, Glyn; BROOME, Simon. Empirical evidence, evaluation criteria and challenges for the effectiveness of virtual and mixed reality tools for training operators of car service maintenance. Computers in Industry, v. 67, p. 17-26, 2015.
- [16] MALVEZZI, Fernando; DE CAMPOS, José Roberto Augusto; NETO, Octavio Mattasoglio. Uma experiência da aplicação do ensino baseado em problemas em motores de combustão interna.
- [17] ERSOY, Sezgin; KÜÇÜK, Haluk. The effect of a new teaching methodology on learning performances of automotive-mechatronics students. Procedia-Social and Behavioral Sciences, v. 2, n. 2, p. 310-316, 2010.
- [18] EMADI, Ali; JACOBIUS, Thomas M. Interprofessional projects in advanced automotive power systems: An integrated education and research multidisciplinary approach. Education, IEEE Transactions on, v. 47, n. 3, p. 356-360, 2004.
- [19] LI, Renjun; LIU, Chu; LUO, Feng. A design for automotive CAN bus monitoring system. In: Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008. VPPC'08. IEEE. IEEE, 2008. p. 1-5.
- [20] BAEK, Sung-hyun; JANG, Jong-Wook. Implementation of integrated OBD-II connector with external network. Information Systems, v. 50, p. 69-75, 2015.
- [21] LI, Renjun; LIU, Chu; LUO, Feng. A design for automotive CAN bus monitoring system. In: Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008. VPPC'08. IEEE. IEEE, 2008. p. 1-5.
- [22] DE SOUZA, Marcelo Pires; DE ANDRADE, Ricardo; TOMIOKA, Jorge. Vulnerabilidade em Sistemas Automotivos. Blucher Engineering Proceedings, v. 2, n. 1, p. 360-372, 2015.
- [23] ELM327 OBD Interpreter datasheet. www.elmelectronics.com acessado em Junho 2015
- [24] MAHONEY, Sean. Creating a Wireless OBDII Scanner A Major Qualifying Report: Submitted to the Faculty Of the. 2008. Tese de Doutorado. Worcester Polytechnic Institute.

Trabalhou no SENAI, no Instituto SENAI de Inovação em Automação (ISI) inserido em projetos aprovados no Edital SENAI de Inovação. Tem interesse em pesquisa e desenvolvimento para as áreas de sistemas embarcados, interface homem-máquina, aquisição de dados com a transferência sem fio, controle preditivo, robótica e inteligência artificial. Atualmente trabalha na Marinha do Brasil, dentro do corpo de engenheiros, como engenheiro eletrônico.



**Valéria Loureiro da Silva** possui graduação (1984), Mestrado (1986) e Doutorado (1990) em Física pela Universidade Estadual de Campinas onde ela pesquisou a geração de pulsos ultracurtos utilizando efeitos não lineares em fibras ópticas. Fez o pós-doutorado no BELLCORE, EUA, e trabalhou no AT&T Bell Laboratories e na Corning Incorporated, EUA, inicialmente como pesquisadora na área de dispositivos de fibra óptica e do impacto de fenômenos ópticos não lineares em redes ópticas de alta capacidade. Gerenciou vários grupos de pesquisa, desenvolvimento de produtos e projetos tecnológicos envolvendo sistemas de transmissão WDM (2.5-40 Gbit/s), amplificadores ópticos com fibras dopada com érbio, vidros de sílica fundida ultrapura para sistemas litográficos em 193nm, novas fibras ópticas e novos sistemas de medidas para caracterização de materiais e dispositivos vítreos e cerâmicos. Atualmente é professora adjunta no SENAI - CIMATEC da Bahia onde atua nas áreas de desenvolvimento de novas aplicações de sensores ópticos na indústria e na área de saúde. Valeria é Fellow da Optical Society of America e membro da IEEE.



**Júlio César Chaves Câmara** é graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Bahia (1997), especialista em Engenharia Automotiva pelo Hashimoto Politecnico University (2000), mestre em Mecatrônica pela Universidade Federal da Bahia (2006) e doutorando em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial no SENAI Cimatec. É atualmente Consultor III do SENAI/BA Unidade Cimatec. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia Automotiva. Atuando principalmente nos seguintes temas: Realidade Virtual, Eletrônica Embarcada, Autotônica e Sistemas Automotivos.



**Tadeu Abreu Cerqueira** é graduado em engenharia elétrica pela UFBA - Universidade Federal da Bahia, Brasil. Possui especialização em Automação, Controle e Robótica pela Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Bahia, Brasil. Fez um intercâmbio acadêmico por 1 ano aprendendo sistemas embarcados na ENSEIRB - A Escola Nacional de Eletrônica Superior, TI, telecomunicações, matemática e mecânica de Bordeaux, na França. Suas competências técnicas são em programação de microcontroladores PIC ou MSP, concepção de sistemas embarcados, aquisição de dados e transmissão em Rádio Freqüência, desenvolvimento de redes neurais artificiais, controle preditivo, programação em Java, Matlab, Orcad, Multisim, Proteus e outros softwares.