

INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PARAIBANO
CAMPUS CAJAZEIRAS

JOSÉ BRYAN DE NORÕES SOUZA

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO E DO DIAGNÓSTICO DE UMA BANCADA
DIDÁTICA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA AUTOMOTIVA: ESTUDO DE CASO NO
INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PARAIBANO - *CAMPUS CAJAZEIRAS*.**

Cajazeiras-PB
2026

JOSÉ BRYAN DE NORÕES SOUZA

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO E DO DIAGNÓSTICO DE UMA BANCADA
DIDÁTICA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA AUTOMOTIVA: ESTUDO DE CASO NO
INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PARAIBANO - *CAMPUS* CAJAZEIRAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia de Controle e Automação do
Instituto Federal do Sertão Paraibano -
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia de Controle e
Automação, sob Orientação do Prof. José
Tavares de Luna Neto.

Cajazeiras-PB
2026

Ficha catalográfica a ser inserida no verso da folha de rosto (2ª folha deste documento) e deve ser providenciada APENAS junto à Biblioteca do *Campus*.

Catalogação da Publicação na Fonte. IFPB / Nome da Biblioteca

IFSPB / Campus Cajazeiras

Coordenação de Biblioteca

Biblioteca Prof. Ribamar da Silva

Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

S729a Souza, José Bryan de Norões.

Análise da manutenção e do diagnóstico de uma bancada didática de injeção eletrônica automotiva: estudo de caso no instituto federal do sertão paraibano - campus cajazeiras / José Bryan de Norões Souza.– 2026.

28f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2026.

Orientador(a): Prof. José Tavares de Luna Neto.

1. Automação industrial. 2. Bancada didática. 3. Sistema de injeção eletrônica. 4. Manutenção preventiva. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/CZ

CDU: 581.5(043.2)

JOSÉ BRYAN DE NORÕES SOUZA

**ANÁLISE DA MANUTENÇÃO E DO DIAGNÓSTICO DE UMA BANCADA
DIDÁTICA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA AUTOMOTIVA: ESTUDO DE CASO NO
INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PARAIBANO - CAMPUS CAJAZEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, sob forma de artigo, submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal do Sertão Paraibano, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Aprovado em 06 de agosto de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JOSE TAVARES DE LUNA NETO**
Data: 07/08/2026 21:25:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. José Tavares de Luna Neto – IFSPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **FABIO ARAUJO DE LIMA**
Data: 07/08/2026 20:49:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Fábio Araújo de Lima– IFSPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 **GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE**
Data: 07/08/2026 18:54:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Geronimo Barbosa Alexandre – IFSPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMACAO

Artigo apresentado à coordenação do curso como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

ANÁLISE DA MANUTENÇÃO E DO DIAGNÓSTICO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA AUTOMOTIVA: ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PARAIBANO - CAMPUS CAJAZEIRAS

José Bryan de Norões Souza
bryan.souza@academico.ifpb.edu.br

José Tavares de Luna Neto
jose.luna@ifpb.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise da manutenção e do diagnóstico de uma bancada didática de injeção eletrônica automotiva utilizada no Laboratório de Automação I do Instituto Federal do Sertão Paraibano - *Campus* Cajazeiras. O objetivo foi identificar as condições de funcionamento dos principais componentes do sistema de gerenciamento eletrônico e executar procedimentos de manutenção corretiva e preventiva capazes de restabelecer a funcionalidade do equipamento. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva. Inicialmente, realizou-se uma inspeção geral da bancada e uma tentativa de comunicação entre a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) e um *Scanner* automotivo, a qual não foi possível devido à incompatibilidade do sistema original. Como alternativa, sensores e atuadores foram avaliados em veículos compatíveis, além de serem submetidos a ensaios específicos com máquina de teste de injetores e medições elétricas com multímetro digital. Os resultados demonstraram que a maioria dos componentes se encontrava em condições adequadas de funcionamento, sendo necessária intervenção corretiva apenas nos eletroinjetores, que apresentaram redução de vazão causada por acúmulo de impurezas. Após o processo de limpeza, os componentes tiveram sua funcionalidade restabelecida. Conclui-se que a metodologia adotada foi eficaz para identificar as condições operacionais dos componentes e recuperar a bancada didática, contribuindo para sua reutilização em atividades práticas de ensino.

Palavras-Chave: bancada; diagnóstico; manutenção; sensores; atuadores.

ABSTRACT

This study presents the maintenance and diagnostic analysis of an automotive electronic fuel injection training bench used in the Automation Laboratory I at the Instituto Federal do Sertão Paraibano – *Campus* Cajazeiras. The objective was to identify the operating conditions of the main components of the electronic engine management system and to perform corrective and preventive maintenance procedures capable of restoring the equipment's functionality. The research is characterized as an applied case study with a qualitative and descriptive approach. Initially, a general inspection of the training bench was carried out, followed by an attempt to establish communication between the Electronic Control Unit (ECU) and an automotive diagnostic *Scanner*, which was unsuccessful due to incompatibility with the original system. As an alternative, the sensors and actuators were evaluated using a compatible vehicle and were also subjected to specific tests with an injector testing machine and electrical measurements performed using a digital multimeter. The results showed that most of the components were in satisfactory operating condition, with corrective intervention required only for the fuel injectors, which exhibited reduced flow caused by the accumulation of

impurities. After the cleaning procedure, the injectors had their functionality restored. It is concluded that the adopted methodology was effective in identifying the operational conditions of the components and restoring the functionality of the training bench, contributing to its reuse in practical educational activities.

Keywords: training bench; diagnostics; maintenance; sensors; actuators.

1 INTRODUÇÃO

A injeção eletrônica automotiva segundo Ferrari, Gurri e Vento (2024), é um sistema de gerenciamento eletrônico responsável por controlar, de forma precisa e automatizada, a quantidade de combustível injetada no motor, substituindo os antigos sistemas de alimentação por carburador. Essa tecnologia possibilitou maior eficiência na combustão, redução do consumo de combustível, diminuição das emissões de poluentes e melhoria do desempenho dos motores, tornando-se um dos principais avanços da engenharia automotiva moderna (Bosch, 2005). No Brasil, sua aplicação passou a se difundir a partir de 1989, com a introdução do sistema nos modelos Gol da Volkswagen, consolidando-se rapidamente como padrão na indústria automobilística nacional (Bosch, 2005).

A evolução dos sistemas de gerenciamento eletrônico para Yoshida e Fontanella (2025), ampliou a necessidade de metodologias de ensino capazes de aproximar os estudantes das tecnologias empregadas na indústria automotiva. Segundo Delatore *et al.* (2013), os meios didáticos e práticos assumem papel fundamental na formação de futuros profissionais, pois permitem a integração entre os conhecimentos teóricos e as atividades experimentais, possibilitando a análise prática do funcionamento de sensores, atuadores e da Unidade de Controle Eletrônico (ECU). Dessa forma, esses equipamentos contribuem significativamente para o desenvolvimento de competências relacionadas ao diagnóstico, à manutenção e à interpretação dos sinais envolvidos nos sistemas de injeção eletrônica.

Diversos estudos destacam que a utilização de atividades laboratoriais favorece o processo de ensino e aprendizagem em cursos de engenharia, proporcionando maior compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula e aproximando os estudantes das situações encontradas no ambiente profissional (Bueno *et al.*, 2022). Entretanto, a utilização contínua desses equipamentos, aliada ao envelhecimento natural de seus componentes, pode comprometer sua confiabilidade e disponibilidade para as atividades acadêmicas. Além da degradação de chicotes elétricos, sensores e atuadores, equipamentos fabricados há várias décadas frequentemente apresentam limitações decorrentes da obsolescência tecnológica, da indisponibilidade de peças de reposição e da incompatibilidade com ferramentas modernas de diagnóstico (Mendonça *et al.*, 2024).

Apesar da relevância das bancadas didáticas para o ensino de sistemas automotivos, observa-se que a maior parte dos trabalhos encontrados na literatura concentra-se no desenvolvimento e na construção desses equipamentos ou na proposição de novas metodologias de ensino. Em contrapartida, são escassos os estudos que abordam procedimentos sistemáticos de manutenção, diagnóstico e recuperação de bancadas já existentes, especialmente aquelas que apresentam limitações decorrentes da obsolescência tecnológica. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de pesquisas voltadas à preservação e ao reaproveitamento desses recursos laboratoriais, contribuindo para a ampliação de sua vida útil, para a redução de custos com substituição de equipamentos e para a continuidade das atividades práticas de ensino. Portanto, este estudo busca preencher parte dessa lacuna ao apresentar uma metodologia de diagnóstico e manutenção aplicada a uma bancada didática de injeção eletrônica automotiva em condições reais de utilização.

Fabricada em 1998, a bancada presente neste trabalho apresentava sinais de defasagem em componentes do sistema e dificuldades relacionadas ao processo de diagnóstico eletrônico. Durante as etapas iniciais da pesquisa, verificou-se que a Unidade de Controle Eletrônico originalmente instalada era proveniente de um veículo Fiat Punto 1.2 destinado ao mercado italiano, impossibilitando sua comunicação com as versões disponíveis do *Scanner* automotivo utilizado. Essa limitação impediu a obtenção dos parâmetros de funcionamento dos sensores e atuadores diretamente na bancada, tornando necessária a adoção de uma estratégia alternativa para a realização do diagnóstico.

Diante desse cenário, o presente trabalho não se restringiu somente à execução de procedimentos convencionais de manutenção corretiva e preventiva. Foi necessário desenvolver uma metodologia de diagnóstico que permitisse contornar a incompatibilidade entre a ECU da bancada e os equipamentos de leitura disponíveis, possibilitando a avaliação individual dos componentes em condições reais de funcionamento. Essa abordagem tornou possível identificar o estado operacional dos sensores e atuadores, definir as intervenções necessárias e recuperar a funcionalidade da bancada didática, preservando um importante recurso utilizado nas atividades de ensino.

Assim, este trabalho teve como objetivo realizar a manutenção corretiva e preventiva de uma bancada didática de injeção eletrônica automotiva, por meio do diagnóstico técnico de seus componentes, restabelecendo sua funcionalidade e contribuindo para sua reutilização nas atividades práticas do Laboratório de Automação I do Instituto Federal do Sertão Paraibano - Campus Cajazeiras. Além da recuperação do equipamento, o estudo apresenta uma estratégia de diagnóstico aplicável a bancadas didáticas que apresentam limitações de comunicação eletrônica, contribuindo para a preservação de recursos laboratoriais e para o fortalecimento das atividades experimentais no ensino de Engenharia de Controle e Automação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O embasamento teórico deste estudo fundamenta-se nos conceitos de gerenciamento eletrônico automotivo, técnicas de manutenção preventiva e corretiva, além dos princípios de diagnóstico e análise de funcionamento ou possíveis falhas de componentes em campo.

2.1 O SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA E SUA ARQUITETURA

O sistema de injeção eletrônica teve sua origem em 1959, desenvolvido pela Bosch, constituindo um marco na evolução dos motores a combustão (Bosch, 2026). Ao substituir gradualmente os carburadores, a injeção eletrônica passou a proporcionar maior precisão no controle da mistura, contribuindo significativamente para melhorias no desempenho, na eficiência energética e na redução de emissões. De acordo com Bosch (2005), esse avanço representou o início de uma transformação tecnológica na gestão automotiva, estabelecendo as bases dos modernos sistemas de gerenciamento eletrônico presentes nos veículos atuais.

A arquitetura desse sistema fundamenta-se em três elementos principais: sensores, atuadores e a Unidade de Controle Eletrônico (ECU), responsável pelo monitoramento e controle do funcionamento do motor. Nesse contexto, os sensores coletam dados em tempo real sobre as condições operacionais, enquanto os atuadores executam as correções determinadas pela ECU, assegurando o funcionamento adequado do sistema. A ECU atua como um sistema microprocessado que integra *hardware* de aquisição de dados e algoritmos de controle. Segundo Nunhês *et al.*, (2025), essa unidade processa sinais analógicos e digitais em tempo real, realizando cálculos que determinam o tempo de injeção e o ponto de ignição. Consequentemente, a centralização do controle possibilitou a ampla aplicação do sistema, não apenas em veículos de passeio, mas também em máquinas pesadas e agrícolas, nas quais a

precisão na injeção influencia diretamente o torque e o desempenho do motor (Russini *et al.*, 2023).

2.1.1 ECU

A Unidade de Controle Eletrônico (ECU), apresentada na Figura 1, é o principal elemento do sistema de injeção eletrônica, responsável por processar, em tempo real, os sinais provenientes dos sensores e comandar os atuadores, garantindo o funcionamento adequado do motor por meio do controle do tempo de injeção, do avanço da ignição e de outros parâmetros operacionais. Além disso, a ECU registra códigos de falhas que auxiliam nos procedimentos de diagnóstico e manutenção (Denso Corporation, 2024).

Figura 1 - Unidade de controle eletrônico



Fonte: Autor (2026).

2.1.2 Atuador de marcha lenta

O atuador de marcha lenta, também conhecido como motor de passo, é o componente responsável por controlar a rotação do motor quando o acelerador não está acionado, regulando a passagem de ar no corpo de borboleta conforme os comandos enviados pela ECU, como mostrado na Figura 2. Esse controle possibilita manter a marcha lenta estável em diferentes condições de operação do motor. No contexto deste trabalho, o atuador de marcha lenta fez parte do conjunto de componentes avaliados durante o diagnóstico da bancada didática, sendo verificados seu acionamento elétrico e sua resposta aos comandos da ECU, uma vez que falhas nesse dispositivo podem provocar instabilidade da rotação do motor e comprometer o funcionamento adequado do sistema (DS Indústria de Peças Automotivas, 2026).

Figura 2 - Atuador de marcha lenta



Fonte: Autor (2026).

2.1.3 Sensor de rotação

O sensor de rotação, mostrado na Figura 3, é um dispositivo do tipo indutivo responsável por monitorar a posição angular e a velocidade de rotação do virabrequim por meio da leitura da roda fônica. A partir dos sinais elétricos gerados pela passagem dos dentes da roda fônica, a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) identifica a posição do motor e sincroniza o tempo de injeção de combustível e o avanço da ignição, garantindo o funcionamento adequado do sistema. Devido à sua importância para o gerenciamento eletrônico, falhas nesse componente podem impedir a partida do motor ou comprometer seu desempenho (MTE-Thomson Indústria e Comércio Ltda, 2026).

Figura 3 - Sensor de rotação



Fonte: Autor (2026).

2.1.4 Vela de ignição

A vela de ignição, apresentada na Figura 4, é o componente responsável por gerar a centelha elétrica que inicia a combustão da mistura ar-combustível no interior da câmara de combustão (NITERA, 2026). Para isso, recebe a alta tensão fornecida pela bobina de ignição e a converte em uma descarga elétrica entre seus eletrodos, promovendo a queima da mistura no momento determinado pela Unidade de Controle Eletrônico (ECU). Devido à sua influência direta na eficiência da combustão, falhas como desgaste dos eletrodos, carbonização ou abertura incorreta da folga podem comprometer o desempenho do motor, aumentar o consumo de combustível e dificultar a partida.

Figura 4 – Vela de ignição



Fonte: Autor (2026).

2.1.5 Eletroinjeter

O eletroinjeter, também conhecido como bico injetor, é um atuador eletromagnético responsável por dosar e pulverizar o combustível no coletor de admissão ou diretamente na câmara de combustão, conforme a configuração do sistema de injeção eletrônica, como apresentado na Figura 5. O acionamento do eletroinjeter é realizado pela ECU, que determina o tempo de abertura do componente com base nas informações fornecidas pelos sensores, assegurando a formação adequada da mistura ar-combustível (Bosch, 2005). O funcionamento correto do eletroinjeter é essencial para o desempenho do motor, uma vez que obstruções,

vazamentos ou falhas elétricas podem comprometer a eficiência da combustão e aumentar o consumo de combustível.

Figura 5 - Eletroinjeter



Fonte: Autor (2026).

2.1.6 Bobina de ignição

A bobina de ignição, ilustrada na Figura 6, é o componente responsável por transformar a tensão de aproximadamente 12 V fornecida pela bateria em uma alta tensão necessária para a geração da centelha nas velas de ignição (Delphi, 2023). Esse processo ocorre por meio da indução eletromagnética entre os enrolamentos primário e secundário da bobina, permitindo que a energia seja transmitida às velas no instante determinado pela ECU. O correto funcionamento desse componente é primordial para a eficiência do sistema de ignição, uma vez que falhas podem ocasionar perda de potência, aumento do consumo de combustível, dificuldades na partida e funcionamento irregular do motor.

Figura 6 – Bobina de ignição



Fonte: Autor (2026).

2.1.7 Válvula do canister

A válvula do canister, também conhecida como válvula de purga, apresentada na Figura 7, é um componente responsável por controlar o fluxo dos vapores de combustível armazenados no canister de carvão ativado para o coletor de admissão do motor. Seu acionamento é realizado pela Unidade de Controle Eletrônico (ECU), que abre a válvula em condições específicas de funcionamento, permitindo que os vapores sejam direcionados para a câmara de combustão e queimados juntamente com a mistura ar-combustível. Dessa forma, o sistema contribui para a redução das emissões de hidrocarbonetos na atmosfera, melhora a eficiência do aproveitamento do combustível e atende às normas de controle ambiental (Valeo, 2024).

Figura 7 – Válvula do canister



Fonte: Autor (2026).

2.1.8 Sensor TPS

O sensor TPS (*Throttle Position Sensor*), apresentado na Figura 8, é responsável por informar à Unidade de Controle Eletrônico (ECU) a posição angular da borboleta de aceleração por meio da variação de um sinal de tensão elétrica (Bosch, 2005). Com base nessa informação, a ECU ajusta parâmetros como o tempo de injeção de combustível, o avanço da ignição e as estratégias de funcionamento do motor em diferentes condições de operação, como marcha lenta, aceleração, desaceleração e plena carga. Por desempenhar papel fundamental no gerenciamento eletrônico do sistema, falhas nesse sensor podem ocasionar respostas inadequadas do acelerador, perda de desempenho e aumento do consumo de combustível.

Figura 8 – Sensor TPS

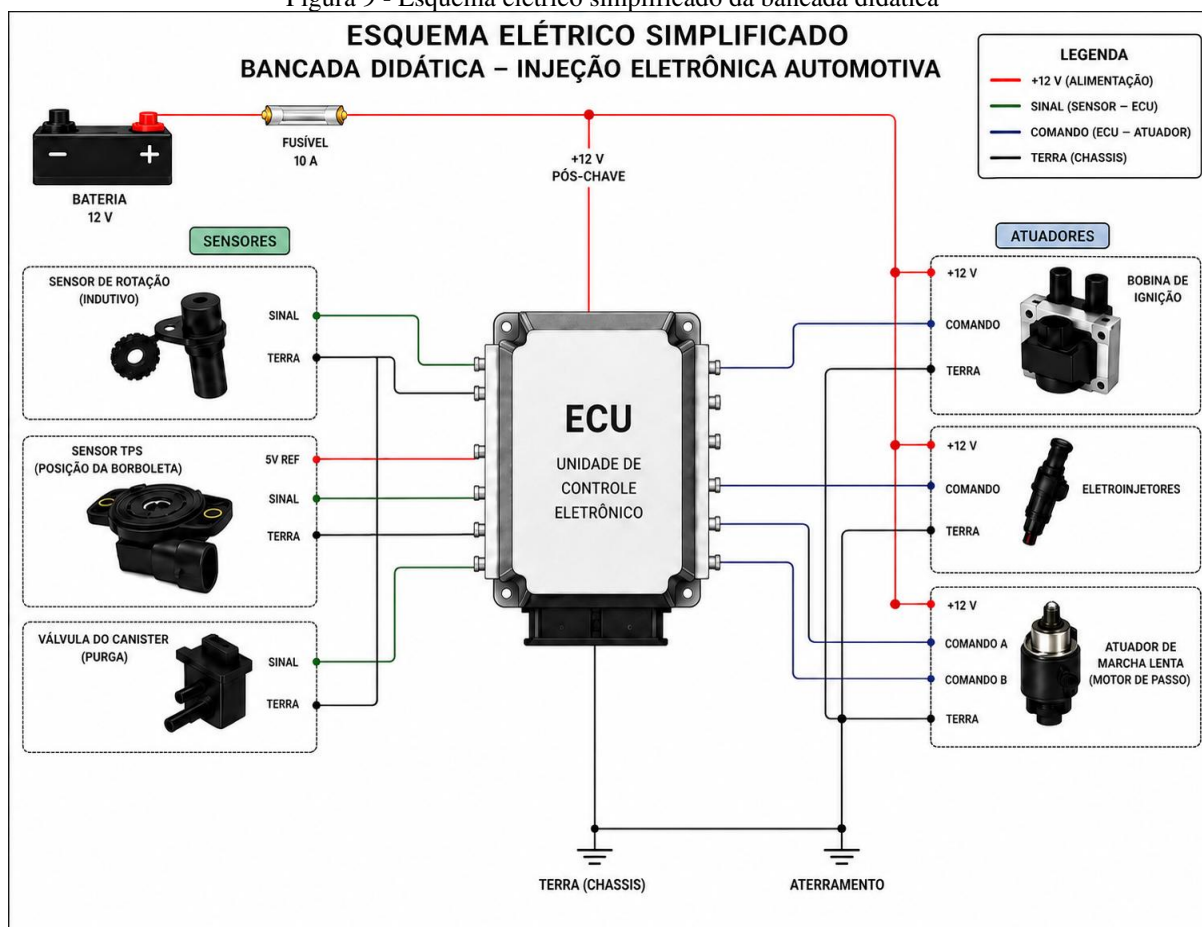


Fonte: Autor (2026).

2.1.9 Arquitetura da bancada didática

Após a apresentação dos principais sensores, atuadores e da Unidade de Controle Eletrônico (ECU), a Figura 9 apresenta um esquema elétrico simplificado da bancada didática utilizada neste trabalho. O diagrama ilustra a arquitetura básica do sistema, evidenciando a distribuição da alimentação elétrica, os sinais provenientes dos sensores e os comandos enviados pela ECU aos atuadores. Ressalta-se que o esquema possui finalidade exclusivamente didática, não representando o diagrama elétrico completo do sistema original do veículo.

Figura 9 - Esquema elétrico simplificado da bancada didática



Fonte: Autor (2026).

Ressalta-se que as velas de ignição não são representadas neste esquema, pois não possuem alimentação ou acionamento elétrico direto pela Unidade de Controle Eletrônico (ECU). A alta tensão necessária para a geração da centelha é fornecida pelas bobinas de ignição por meio dos cabos de vela, que conduzem a descarga elétrica até os eletrodos das velas (NITERA, 2026). Assim, optou-se por representar apenas os componentes que possuem conexões elétricas diretas com a ECU e que foram objeto dos ensaios realizados neste trabalho.

2.2 DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS AUTOMOTIVOS

Os sistemas de injeção eletrônica automotiva são constituídos por componentes eletroeletrônicos e mecânicos que operam de forma integrada, tornando indispensável a adoção de procedimentos de diagnóstico capazes de identificar falhas de maneira precisa antes da realização de qualquer intervenção (Denton, 2017). Segundo Almeida e Crisóstomo (2019), a interpretação correta dos parâmetros de funcionamento fornecidos pelos sensores e atuadores permite reduzir substituições desnecessárias de componentes, otimizar o tempo de manutenção e aumentar a confiabilidade do sistema. Nesse contexto, o diagnóstico constitui uma etapa essencial para a identificação da origem das falhas e para a definição das ações corretivas mais adequadas.

As atividades de manutenção podem ser classificadas em preventiva e corretiva. A manutenção preventiva consiste na realização de inspeções, ajustes e substituições programadas com o objetivo de minimizar a ocorrência de falhas e prolongar a vida útil dos

componentes (Abreu, 2023). Já a manutenção corretiva é executada após a identificação de uma anomalia, buscando restabelecer as condições normais de funcionamento do equipamento por meio da reparação ou substituição dos elementos comprometidos (Chies; Chies 2023). Em bancadas didáticas utilizadas em laboratórios de ensino, a aplicação dessas práticas contribui para aumentar a disponibilidade do equipamento, reduzir custos com reposição de componentes e garantir maior confiabilidade durante as atividades práticas desenvolvidas pelos estudantes.

Além da inspeção visual, o processo de diagnóstico envolve a realização de testes elétricos, medições de tensão, resistência e continuidade, bem como a análise dos sinais enviados pelos sensores e recebidos pela Unidade de Controle Eletrônico (ECU). Segundo Nunhês *et al.* (2025), o envelhecimento natural de componentes eletrônicos, a oxidação de conexões e a degradação dos materiais podem comprometer o funcionamento dos sistemas de gerenciamento eletrônico, tornando indispensável a verificação sistemática desses dispositivos antes da substituição de qualquer componente.

2.3 PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICO APLICADOS À MANUTENÇÃO DA BANCADA DIDÁTICA

A confiabilidade dos sistemas de injeção eletrônica depende diretamente da correta avaliação das condições de funcionamento de seus componentes (Lalli, 2020). Logo, a execução de procedimentos padronizados de diagnóstico permite identificar falhas elétricas e mecânicas com maior precisão, reduzindo intervenções desnecessárias e aumentando a eficiência das atividades de manutenção. Para Almeida e Crisóstomo (2019), a comparação entre os parâmetros medidos e os valores especificados pelo fabricante constitui uma das principais ferramentas para a validação do funcionamento de sensores e atuadores.

No contexto das bancadas didáticas, atividades práticas desenvolvidas em cursos de Engenharia têm adquirido crescente relevância de conhecimentos práticos, pois assim, levam os acadêmicos a aprenderem em situações reais (Teixeira; Scherer; Gorretti, 2019). Destinadas ao aprendizado de sistemas automotivos, como neste ensino, a aplicação de técnicas de diagnóstico possibilita não apenas a recuperação da funcionalidade do equipamento, mas também o desenvolvimento de competências relacionadas à análise de falhas, interpretação de sinais elétricos e utilização de instrumentos de medição. Segundo Oliveira *et al.* (2020), equipamentos laboratoriais em condições adequadas de funcionamento favorecem a integração entre teoria e prática, proporcionando aos estudantes experiências mais próximas das situações encontradas no ambiente profissional.

Dessa forma, a avaliação criteriosa dos componentes, associada à execução de procedimentos de manutenção corretiva e preventiva, constitui uma estratégia eficiente para prolongar a vida útil da bancada didática e assegurar sua disponibilidade para as atividades acadêmicas. Os procedimentos adotados neste estudo foram fundamentados nesses princípios, priorizando a identificação das falhas, a verificação das condições operacionais dos componentes e a recuperação da funcionalidade do sistema.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva, desenvolvido a partir da análise da manutenção e do diagnóstico de uma bancada didática de injeção eletrônica automotiva pertencente ao Laboratório de Automação I do Instituto Federal do Sertão Paraibano, *Campus* Cajazeiras. O estudo teve como objetivo identificar as condições de funcionamento dos componentes que integram o sistema de gerenciamento eletrônico da bancada, bem como executar

procedimentos de diagnóstico capazes de identificar falhas e subsidiar as intervenções necessárias para restabelecer sua funcionalidade.

Para atingir esse objetivo, foram empregadas técnicas de inspeção visual, medições elétricas e ensaios práticos em diferentes componentes do sistema de injeção eletrônica. Os resultados obtidos foram analisados com base nos parâmetros de funcionamento recomendados para cada componente, permitindo avaliar suas condições operacionais e definir as ações de manutenção mais adequadas.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo seguiram uma sequência lógica de atividades, desde a inspeção inicial da bancada até a análise dos componentes e definição das intervenções necessárias. A Figura 10 apresenta o fluxograma das etapas desenvolvidas durante a pesquisa.



Fonte: Autor (2026).

Inicialmente, foi realizada uma inspeção geral da bancada didática com o objetivo de avaliar o estado de conservação dos componentes, da fiação elétrica e do sistema de gerenciamento eletrônico. Em seguida, buscou-se estabelecer comunicação entre a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) instalada na bancada e um *Scanner* automotivo, visando realizar a leitura dos parâmetros de funcionamento dos sensores e atuadores.

Entretanto, verificou-se que a ECU originalmente instalada na bancada, pertencente ao sistema de gerenciamento eletrônico de um veículo Fiat Punto 1.2, ano 1998, destinado ao mercado italiano, não era compatível com as versões disponíveis no *Scanner* automotivo utilizado. Essa incompatibilidade impossibilitou a leitura dos dados em tempo real, comprometendo a realização do diagnóstico diretamente na bancada.

Diante dessa limitação, adotou-se como estratégia metodológica a utilização de um veículo Fiat Palio 1.5, ano/modelo 1998 e de um veículo Fiat Uno 1.0 ano/modelo 2000, equipados com sistema eletrônico compatível com os componentes presentes na bancada didática. Os sensores e atuadores foram removidos individualmente da bancada e instalados temporariamente no veículo, possibilitando a obtenção dos parâmetros de funcionamento por meio do *Scanner* automotivo em condições reais de operação.

Além dos ensaios realizados em veículos, alguns componentes foram submetidos a procedimentos específicos de avaliação. Os eletroinjetores e o atuador de marcha lenta foram

testados em uma máquina de ensaio e limpeza, na qual foram verificados aspectos como funcionamento e pulverização. Os demais componentes elétricos foram avaliados com auxílio de um multímetro digital, por meio de medições de tensão e resistência elétrica, de acordo com as características de funcionamento de cada dispositivo.

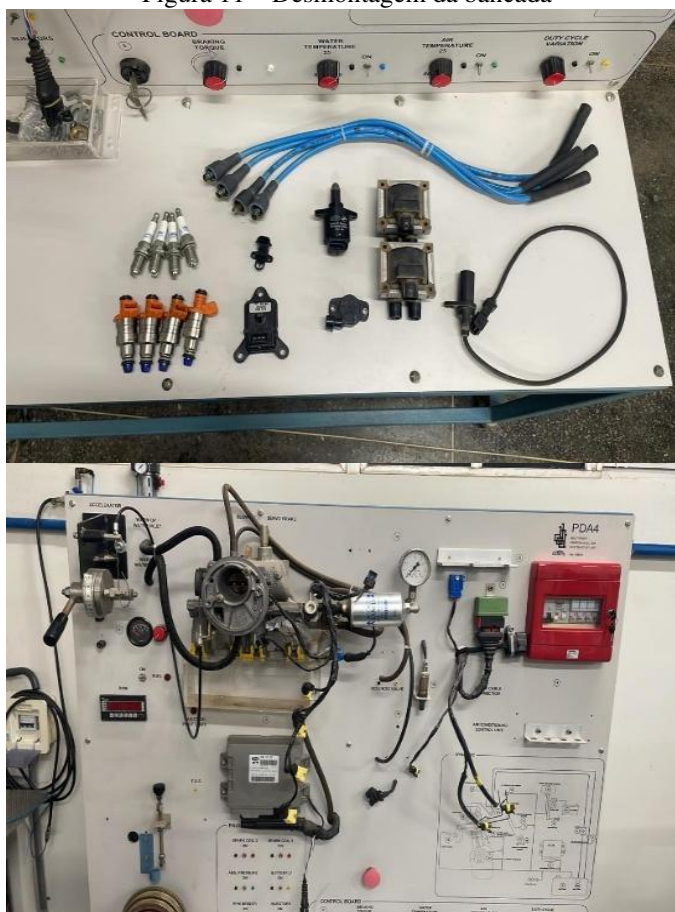
Após o protocolo experimental, os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros técnicos de referência, permitindo identificar componentes em condições adequadas de funcionamento, bem como aqueles que apresentavam falhas ou desgaste. Com base nessas informações, foram definidas as intervenções necessárias para recuperação da bancada didática, restabelecendo sua capacidade de utilização nas atividades práticas desenvolvidas no laboratório.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

4.1 INSPEÇÃO INICIAL DA BANCADA DIDÁTICA

A primeira etapa da pesquisa consistiu na inspeção inicial da bancada didática, com o objetivo de avaliar suas condições gerais de funcionamento e verificar a comunicação entre a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) e o *Scanner* automotivo. Como não foi possível estabelecer comunicação entre a ECU e o *Scanner*, optou-se por remover os sensores de mais relevância da bancada, realizando ensaios em campo com objetivo de coletar dados e parâmetros de funcionamento. A Figura 11 apresenta todos os componentes que foram retirados juntamente com a desmontagem da bancada.

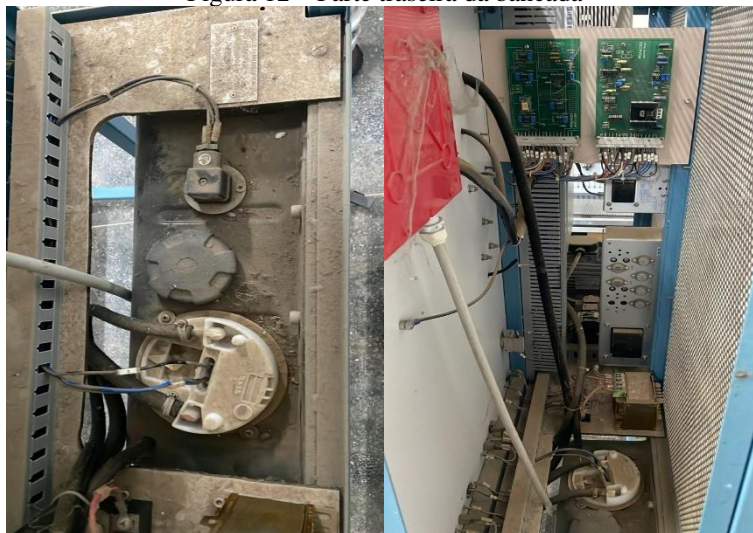
Figura 11 – Desmontagem da bancada



Fonte: Autor (2026).

Durante o processo de desmontagem da bancada, realizou-se uma limpeza geral nela. A bancada apresentava acúmulo de poeira e resíduos nas partes de fiação elétrica, conjunto motriz e nos seus módulos, assim como também resquícios de oxidação em alguns componentes. A Figura 12 apresenta as condições da bancada antes da realização da limpeza feita.

Figura 12 – Parte traseira da bancada



Fonte: Autor (2026).

Na Figura 13 observa-se um cenário diferente da bancada, logo após retirar toda a sujeira e limpar todos os contatos elétricos e chicotes de alimentação.

Figura 13 – Estado da bancada após limpeza



Fonte: Autor (2026).

4.2 TESTE DE CAMPO DOS ATUADORES E SENSORES

Após a constatação da falha de comunicação entre a ECU e o *Scanner* e sem a obtenção dos parâmetros de funcionamento, a alternativa metodológica adotada consistiu na utilização de veículos compatíveis. Sendo assim, foi selecionado um veículo Fiat Palio 1.5 MPI, ano/modelo 1998, que apresentava compatibilidade com três peças da bancada e um veículo Fiat Uno 1.0 ano/modelo 2000, apresentando compatibilidade com um dos sensores,

tendo ambos conexão ao *Scanner*. A Figura 14 apresenta o sistema do veículo Fiat Palio que foi utilizado como plataforma de testes.

Figura 14 – Motor para teste das peças



Fonte: Autor (2026).

O primeiro componente submetido aos ensaios foi a bobina de ignição, cuja aplicação era compatível com o sistema utilizado no veículo Fiat Palio 1.5 MPI. Como cada bobina era responsável pelo acionamento de dois cilindros, eventuais falhas poderiam provocar perda de centelha, funcionamento irregular do motor, redução de potência e registro de códigos de falha no *Scanner*. Durante o ensaio, o motor apresentou funcionamento estável em marcha lenta, sem interrupções na ignição e sem indicação de falhas nos cilindros. Na aba “Análise gráfica” do *Scanner*, o tempo de injeção permaneceu em aproximadamente 0,70 ms, valor inserido na faixa de referência de 0,50 a 1,20 ms. Além disso, verificou-se a presença de centelha adequada nas velas de ignição.

Os resultados obtidos estão de acordo com Delphi (2023), que destaca que falhas na bobina de ignição podem ocasionar dificuldades na partida, perda de potência, aumento do consumo de combustível e funcionamento irregular do motor. Como nenhum desses sintomas foi observado durante o teste, conclui-se que as bobinas avaliadas se encontravam em condições adequadas de funcionamento, não sendo necessária sua substituição.

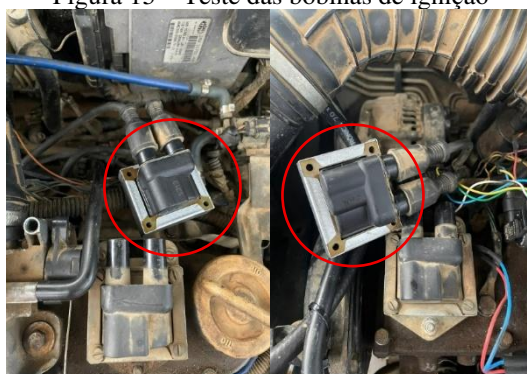
O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos, seguido da Figura 15, que mostra as bobinas instaladas no veículo durante o ensaio.

Quadro 1 – Resultado dos ensaios das bobinas de ignição

Parâmetro avaliado	Valor obtido	Faixa esperada	Situação
Funcionamento do motor	Sem falhas	Sem falhas	Adequado
Tempo de injeção	0,70 ms	0,50 - 1,20 ms	Adequado
Códigos de falha	Nenhum	Nenhum	Adequado

Fonte: Autor 2026

Figura 15 – Teste das bobinas de ignição



Fonte: Autor (2026).

O próximo componente submetido aos ensaios foi o sensor TPS, instalado no corpo de borboleta do veículo Fiat Palio 1.5 MPI. Para a realização do teste, o sensor original do veículo foi substituído pelo componente proveniente da bancada didática, permitindo avaliar seu funcionamento em condições reais de operação. Como esse sensor é responsável por informar à Unidade de Controle Eletrônico (ECU) a posição da borboleta de aceleração, eventuais falhas poderiam provocar oscilações na marcha lenta, aceleração irregular ou até mesmo o desligamento do motor durante o funcionamento.

Durante o ensaio, o motor apresentou marcha lenta estável e comportamento semelhante ao observado com o sensor original do veículo, não sendo registradas falhas pelo *Scanner*. Na aba "Análise gráfica", a posição do motor de passo permaneceu em 116 passos durante a marcha lenta, valor compreendido na faixa de referência de 50 a 120 passos. Esses resultados demonstram que o sensor forneceu informações coerentes à ECU, permitindo o correto gerenciamento do sistema de injeção eletrônica.

Os resultados obtidos corroboram Bosch (2005), que descreve o sensor TPS como um dos principais responsáveis pelo monitoramento da posição da borboleta de aceleração, informação utilizada pela ECU para controlar o tempo de injeção de combustível e outras estratégias de funcionamento do motor. Dessa forma, a ausência de oscilações na marcha lenta e de códigos de falha confirma que o componente permaneceu dentro das especificações de funcionamento, não sendo necessária qualquer intervenção corretiva.

Apresenta-se o Quadro 2 com os resultados obtidos, seguido da Figura 16, que ilustra o ensaio realizado.

Quadro 2 – Resultados do sensor TPS

Parâmetro	Valor obtido	Faixa esperada	Situação
Posição do motor de passo	116 passos	50 - 120 passos	Adequado
Marcha lenta	Estável	Estável	Adequado
Códigos de falha	Nenhum	Nenhum	Adequado

Fonte: Autor (2026).

Figura 16 – Testando Sensor TPS



Fonte: Autor (2026).

Seguindo a sequência dos ensaios, foi avaliada a válvula do canister, componente compatível com o sistema de gerenciamento eletrônico do veículo Fiat Palio 1.5 MPI. Como esse dispositivo é responsável pelo controle da passagem dos vapores de combustível armazenados no canister para o coletor de admissão, seu funcionamento inadequado pode alterar parâmetros relacionados à admissão de ar, comprometendo o desempenho do motor e aumentando as emissões de poluentes. Portanto, durante o ensaio foram monitorados, por meio do *Scanner* automotivo, os parâmetros de pressão absoluta do coletor e temperatura do ar admitido.

Os resultados indicaram que a pressão absoluta do coletor variou entre 300 mbar e 328 mbar, permanecendo dentro da faixa de referência de 300 mbar a 730 mbar. Da mesma forma, a temperatura do ar admitido foi de 36 °C, valor compatível com a faixa de funcionamento de 30 °C a 70 °C. Não foram registrados códigos de falha durante o funcionamento do motor, evidenciando que a válvula operou corretamente e permitiu o controle adequado da recirculação dos vapores de combustível.

Os resultados obtidos evidenciam Valeo (2024), que descreve a válvula do canister como um componente responsável pelo gerenciamento dos vapores de combustível e pela redução das emissões evaporativas, atuando sob comando da Unidade de Controle Eletrônico (ECU). Assim, os parâmetros obtidos durante os ensaios indicam que o componente permaneceu dentro das especificações de funcionamento, não sendo necessária qualquer intervenção corretiva.

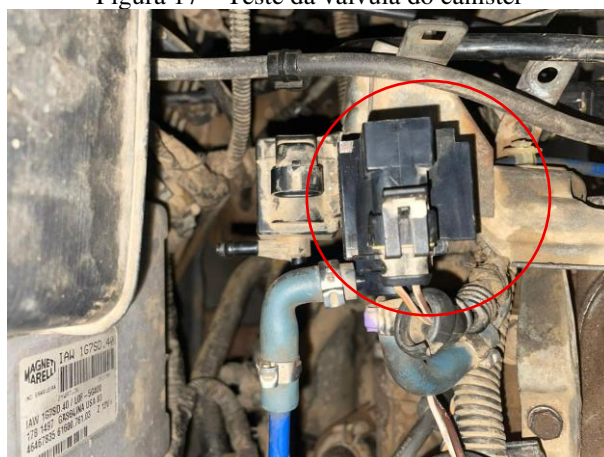
Apresenta-se o Quadro 3 com os resultados obtidos, seguido da Figura 17, que ilustra o ensaio realizado.

Quadro 3 – Teste da válvula do canister

Parâmetro	Valor obtido	Faixa esperada	Situação
Pressão absoluta	300 - 328 mbar	300 - 730 mbar	Adequado
Temperatura do ar	36 °C	30 - 70 °C	Adequado

Fonte: Autor (2026).

Figura 17 – Teste da válvula do canister



Fonte: Autor (2026).

Diferentemente dos componentes anteriormente avaliados, o sensor de rotação foi testado em um veículo Fiat Uno 1.0, ano/modelo 2000, cuja configuração apresentava compatibilidade com o sensor proveniente da bancada didática. Após a substituição do componente original pelo sensor em análise, foi dada partida no motor e monitorados os parâmetros de funcionamento por meio do *Scanner* automotivo. Como esse sensor é responsável por informar à Unidade de Controle Eletrônico (ECU) a posição angular e a velocidade de rotação do virabrequim, eventuais falhas impediriam o sincronismo dos sistemas de ignição e injeção de combustível, impossibilitando o funcionamento do motor.

Durante o ensaio, o motor entrou em funcionamento normalmente e o *Scanner* registrou uma rotação de aproximadamente 1000 RPM em marcha lenta, valor compatível com a faixa de referência de 850 a 1000 RPM. Além disso, não foram observadas falhas de funcionamento ou interrupções no sinal do sensor durante a operação do motor, evidenciando que o componente forneceu informações consistentes para o gerenciamento eletrônico.

Os resultados obtidos comprovam MTE-Thomson Indústria e Comércio Ltda (2026), que descreve o sensor de rotação como um componente indispensável para o sincronismo entre os sistemas de ignição e injeção eletrônica. Segundo o fabricante, falhas nesse sensor podem impedir a partida do motor ou provocar funcionamento irregular devido à perda da referência de posição do virabrequim. Como o motor entrou em funcionamento normalmente e os valores de rotação permaneceram dentro da faixa especificada, conclui-se que o sensor apresentou condições adequadas de funcionamento, não sendo necessária sua substituição.

Apresenta-se o Quadro 4 com os resultados obtidos, seguido da Figura 18, que ilustra o ensaio realizado.

Quadro 4 – Teste do sensor de rotação

Parâmetro	Valor obtido	Faixa esperada	Situação
Rotação	1000 RPM	850 - 1000 RPM	Adequado

Fonte: Autor (2026).

Figura 18 – Teste do sensor de rotação



Fonte: Autor (2026)

Na etapa seguinte, os quatro eletroinjetores da bancada didática foram submetidos a ensaios em uma máquina de teste e limpeza de injetores, com o objetivo de avaliar a qualidade da pulverização e a vazão de combustível fornecida por cada componente. Inicialmente, verificou-se que todos os injetores apresentavam vazão inferior a 5 mL, valor significativamente abaixo da referência de 10 mL estabelecida para o ensaio. Esse resultado indicou que os componentes apresentavam restrição na passagem de combustível, comprometendo sua capacidade de dosagem e pulverização.

Diante desse diagnóstico, os quatro eletroinjetores foram submetidos ao processo de limpeza na própria máquina de ensaio. Após a realização do procedimento, foi executado um novo teste de vazão, no qual todos os componentes atingiram aproximadamente 10 mL, restabelecendo a uniformidade entre os injetores e atendendo aos valores esperados. Esses resultados evidenciam que a redução da vazão estava associada ao acúmulo de impurezas e resíduos internos, e não à ocorrência de falhas elétricas ou defeitos mecânicos permanentes.

Os resultados obtidos apresentam concordância com Bosch (2005), que destaca que a obstrução parcial dos eletroinjetores compromete a pulverização e a quantidade de combustível injetada, podendo provocar aumento do consumo, perda de desempenho e funcionamento irregular do motor. Logo, a recuperação da vazão após o processo de limpeza demonstra que a manutenção corretiva adotada foi suficiente para restabelecer as condições de funcionamento dos componentes, dispensando sua substituição e evidenciando a importância da manutenção preventiva em equipamentos que permanecem longos períodos sem utilização.

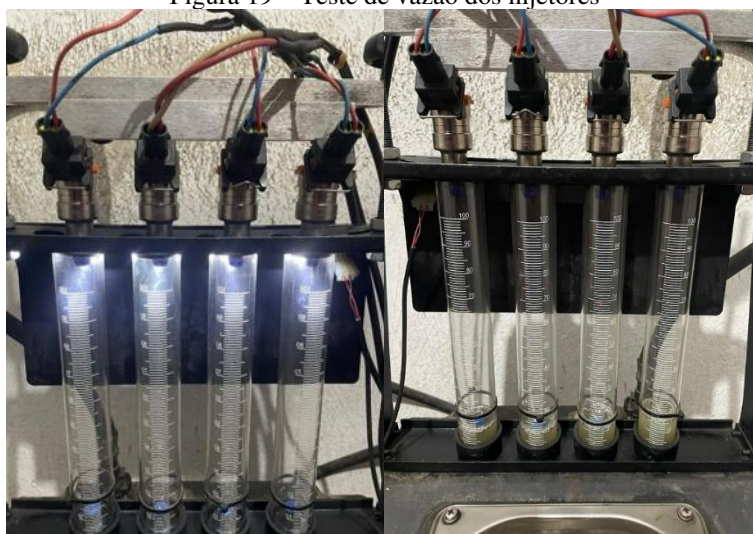
Apresenta-se o Quadro 5 com os resultados dos ensaios de vazão antes e após o processo de limpeza, seguido da Figura 19, que ilustra os testes realizados.

Quadro 5 – Teste de vazão dos injetores

Parâmetro	Antes da limpeza	Depois da limpeza	Faixa esperada
Vazão	< 5 mL	10 mL	10 mL

Fonte: Autor (2026).

Figura 19 – Teste de vazão dos injetores



Fonte: Autor (2026).

Na etapa seguinte, foi avaliado o atuador de marcha lenta utilizando a mesma máquina de teste empregada na análise dos eletroinjetores. Por se tratar de um atuador eletromecânico responsável pelo controle da passagem de ar durante a marcha lenta, seu funcionamento depende do avanço e recuo do pistão interno em resposta aos comandos enviados pela Unidade de Controle Eletrônico (ECU). Falhas nesse componente podem provocar instabilidade na marcha lenta, oscilações na rotação do motor e dificuldades de funcionamento em baixas rotações.

Durante o ensaio, observou-se que o atuador realizou corretamente os movimentos de avanço e recuo do pistão, respondendo de forma adequada aos comandos da máquina de teste. Não foram identificados travamentos, atrasos ou irregularidades no acionamento, evidenciando que o componente preservava suas características operacionais e permanecia apto para utilização na bancada didática.

Os resultados obtidos respaldam DS Indústria de Peças Automotivas (2026), que descreve o atuador de marcha lenta como o responsável pelo controle da quantidade de ar admitida pelo motor durante a marcha lenta, contribuindo para a estabilidade da rotação em diferentes condições de funcionamento. Dessa forma, o comportamento observado durante os ensaios demonstra que o componente permaneceu dentro das especificações de funcionamento, não sendo necessária a realização de manutenção corretiva ou sua substituição.

Apresenta-se o Quadro 6 com os resultados obtidos, seguido da Figura 20, que ilustra o ensaio realizado.

Quadro 6 – Teste do atuador de marcha lenta

Parâmetro	Valor obtido	Faixa esperada	Situação
Avanço e recuo do pistão	Funcionamento normal	Funcionamento normal	Adequado

Fonte: Autor (2026).

Figura 20 – Teste do atuador de marcha lenta



Fonte: Autor (2026).

O último componente submetido aos ensaios foram as quatro velas de ignição da bancada didática. Como essas velas pertenciam ao sistema original da bancada e não eram compatíveis com os veículos utilizados nos demais ensaios, sua avaliação foi realizada por meio da medição da resistência elétrica utilizando um multímetro digital, complementada pela verificação da geração de centelha durante o funcionamento da bancada. Esse procedimento permitiu avaliar a integridade elétrica dos componentes e verificar sua capacidade de desempenhar a função de ignição da mistura ar-combustível.

As medições realizadas apresentaram valores entre $39,3 \, \Omega$ e $40,1 \, \Omega$, permanecendo dentro da faixa de referência de $40 \pm 5 \, \Omega$. Além disso, durante o funcionamento da bancada, observou-se a geração adequada de centelha em todas as velas, indicando que os componentes mantinham suas características elétricas e operacionais. Consequentemente, não foram identificadas evidências de desgaste ou falhas que justificassem sua substituição.

Os resultados obtidos corroboram NITERA (2026), que destaca que velas de ignição em boas condições devem apresentar características elétricas compatíveis com as especificações do fabricante, garantindo a formação adequada da centelha necessária para o processo de combustão. Segundo o fabricante, desgastes excessivos ou alterações em suas características elétricas podem comprometer a eficiência da ignição, ocasionando dificuldades na partida, perda de desempenho e aumento do consumo de combustível. Como os valores medidos permaneceram dentro da faixa especificada e a geração de centelha ocorreu normalmente, conclui-se que as velas de ignição apresentaram condições adequadas de funcionamento.

Apresenta-se o Quadro 7 com os resultados das medições realizadas, seguido da Figura 21, que ilustra o ensaio de resistência elétrica.

Quadro 7 – Resultados das medições das velas de ignição

Parâmetro	Valor obtido	Faixa esperada	Situação
Resistência	$39,3 - 40,1 \, \Omega$	$40 \pm 5 \, \Omega$	Adequado

Fonte: Autor (2026).

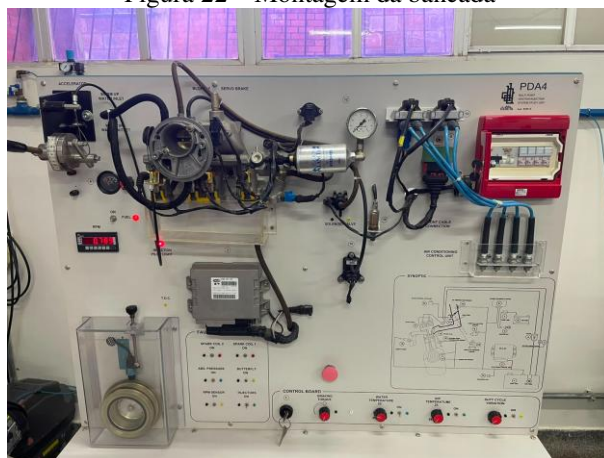
Figura 21 – Teste de resistência das velas



Fonte: Autor (2026).

Após a conclusão dos ensaios individuais, realizou-se a remontagem da bancada didática, reinstalando todos os componentes em suas respectivas posições. Em seguida, foram realizados testes de validação com o objetivo de verificar o funcionamento integrado do sistema e confirmar que os componentes mantiveram suas condições operacionais após as intervenções realizadas. A Figura 22 apresenta a bancada didática remontada após os ensaios experimentais, evidenciando o restabelecimento de sua funcionalidade. O registro em vídeo do ensaio confirma o funcionamento adequado do equipamento.

Figura 22 – Montagem da bancada



Fonte: Autor (2026).

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Ao término dos ensaios realizados, foi possível identificar as condições de funcionamento dos principais componentes da bancada didática e definir as intervenções necessárias para o restabelecimento de sua funcionalidade. A estratégia metodológica adotada, fundamentada na utilização de veículos compatíveis e em ensaios específicos para determinados componentes, possibilitou a avaliação individual de sensores e atuadores mesmo diante da impossibilidade de comunicação entre a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) original da bancada e o *Scanner* automotivo. O Quadro 8 apresenta uma síntese dos procedimentos de diagnóstico empregados e dos respectivos resultados obtidos.

Quadro 8 – Processo de testes dos componentes

Componente	Método de diagnóstico	Resultado obtido
Bobina de ignição	Teste em veículo e <i>Scanner</i>	Funcionamento adequado
Sensor TPS	Teste em veículo e <i>Scanner</i>	Funcionamento adequado
Válvula do Canister	Teste em veículo e <i>Scanner</i>	Funcionamento adequado
Injetores	Máquina de teste e limpeza	Vazão reduzida inicialmente; funcionalidade restabelecia após limpeza
Atuador de marcha lenta	Máquina de teste	Funcionamento adequado
Velas de Ignição	Medição de resistência e teste de centelha	Funcionamento adequado
Sensor de rotação	Teste em veículo e <i>Scanner</i>	Funcionamento adequado

Fonte: Autor (2026).

Os resultados demonstraram que, dentre todos os componentes avaliados, apenas os eletroinjetores necessitaram de manutenção corretiva, apresentando redução da vazão em decorrência do acúmulo de impurezas. Os demais componentes permaneceram dentro das especificações técnicas de funcionamento, indicando que a principal limitação da bancada estava relacionada à incompatibilidade entre a ECU e os equipamentos modernos de diagnóstico, e não à ocorrência de falhas generalizadas em sensores e atuadores. Esse resultado evidencia a importância da realização de procedimentos sistemáticos de diagnóstico antes da substituição de componentes, evitando intervenções desnecessárias e reduzindo custos de manutenção, conforme destacado por Almeida e Crisóstomo (2019).

A metodologia empregada mostrou-se eficiente ao contornar a limitação imposta pela incompatibilidade da ECU instalada na bancada. A utilização de veículos com sistemas eletrônicos compatíveis permitiu obter parâmetros de funcionamento em condições reais de operação, possibilitando a análise individual dos componentes por meio do *Scanner* automotivo. Essa estratégia representou uma alternativa tecnicamente viável para a realização do diagnóstico, demonstrando que, mesmo em equipamentos didáticos com elevado grau de obsolescência tecnológica, é possível desenvolver procedimentos capazes de fornecer informações confiáveis para a tomada de decisão durante a manutenção.

Outro aspecto relevante observado durante a pesquisa refere-se à confiabilidade dos ensaios realizados. A combinação de diferentes métodos de avaliação, incluindo inspeção visual, medições elétricas com multímetro digital, testes em máquina de ensaio de injetores e validação em veículos compatíveis, possibilitou a obtenção de resultados consistentes por diferentes abordagens. A utilização de múltiplos procedimentos de diagnóstico reduziu a possibilidade de interpretações equivocadas e aumentou a segurança na avaliação das condições operacionais dos componentes, corroborando o que Denton (2017) descreve como uma das principais características dos processos modernos de diagnóstico automotivo.

Além da recuperação funcional da bancada didática, os resultados obtidos evidenciam a importância da manutenção preventiva em equipamentos laboratoriais utilizados em atividades de ensino. A identificação de componentes que permaneciam em condições adequadas de funcionamento evitou substituições desnecessárias, enquanto a recuperação dos eletroinjetores demonstrou que procedimentos relativamente simples, como a limpeza especializada, podem restabelecer o desempenho original de componentes sujeitos ao acúmulo de resíduos durante longos períodos de inatividade. Sob esse aspecto, a metodologia empregada contribui não apenas para a redução dos custos de manutenção, mas também para o prolongamento da vida útil dos equipamentos laboratoriais.

Por fim, considera-se que a metodologia desenvolvida apresenta potencial para aplicação em outras bancadas didáticas de injeção eletrônica automotiva que enfrentem

dificuldades semelhantes de diagnóstico, especialmente aquelas equipadas com sistemas eletrônicos antigos ou incompatíveis com ferramentas modernas de leitura. Dessa forma, além de atender aos objetivos propostos neste estudo, a pesquisa oferece uma alternativa prática para a recuperação de equipamentos utilizados no ensino de Engenharia de Controle e Automação, favorecendo a preservação de recursos laboratoriais e ampliando as possibilidades de realização de atividades experimentais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar a análise da manutenção e do diagnóstico de uma bancada didática de injeção eletrônica automotiva, por meio da identificação das condições de funcionamento de seus componentes e da execução de procedimentos capazes de restabelecer sua funcionalidade. A partir da metodologia empregada, foi possível diagnosticar as limitações existentes na bancada, avaliar o desempenho dos principais sensores e atuadores e definir as intervenções necessárias para sua recuperação.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, constatou-se que a principal dificuldade encontrada esteve relacionada à impossibilidade de comunicação entre a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) original da bancada e o *Scanner* automotivo disponível, em razão da incompatibilidade entre os sistemas. Diante dessa limitação, foi necessária a adoção de uma estratégia alternativa de diagnóstico, utilizando veículos compatíveis como plataforma de testes, assim como máquinas, o que possibilitou a avaliação individual de componentes em condições reais de funcionamento.

Os ensaios realizados demonstraram que a maior parte dos sensores e atuadores avaliados se encontrava em condições adequadas de funcionamento, não sendo identificadas falhas que justificassem sua substituição. Apenas os injetores apresentaram redução na vazão de combustível devido ao acúmulo de impurezas, sendo necessária a realização do processo de limpeza, após o qual os componentes voltaram a operar dentro dos parâmetros esperados. Além disso, a inspeção geral da bancada permitiu identificar a necessidade de limpeza e organização da estrutura física e da fiação elétrica, contribuindo para a recuperação completa do equipamento.

Os resultados obtidos evidenciam que a aplicação sistemática de técnicas de diagnóstico, associada à execução de procedimentos de manutenção preventiva e corretiva, constitui uma alternativa eficiente para a recuperação de bancadas didáticas utilizadas no ensino de sistemas automotivos. Nesse contexto, os objetivos propostos foram plenamente alcançados, uma vez que foi possível identificar as condições operacionais dos componentes, realizar as intervenções necessárias e restabelecer a funcionalidade da bancada para utilização em atividades práticas de ensino.

Além dos resultados técnicos obtidos, a recuperação da bancada didática proporcionou benefícios diretos ao Laboratório de Automação I do Instituto Federal do Sertão Paraibano - Campus Cajazeiras. A restauração do equipamento permitiu o reaproveitamento de um importante recurso utilizado nas atividades práticas de ensino, reduzindo a necessidade de aquisição de novos equipamentos e ampliando as possibilidades de experimentação nas disciplinas relacionadas à eletrônica automotiva e aos sistemas de controle. Portanto, o trabalho contribui não apenas para a manutenção do patrimônio institucional, mas também para o fortalecimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas no laboratório.

Como contribuição científica e tecnológica, este estudo apresentou uma metodologia alternativa para o diagnóstico de sistemas de injeção eletrônica automotiva em situações de incompatibilidade entre a Unidade de Controle Eletrônico (ECU) e ferramentas modernas de

diagnóstico. A estratégia baseada na utilização de veículos compatíveis, associada a ensaios específicos em bancada e medições elétricas, demonstrou ser uma solução viável para a avaliação das condições operacionais dos componentes. Essa metodologia pode ser adaptada e aplicada em outros laboratórios de ensino que disponham de bancadas didáticas semelhantes, contribuindo para o reaproveitamento de equipamentos e para a formação prática de estudantes da área de Engenharia.

Sendo proposta para trabalhos futuros, recomenda-se a modernização da bancada por meio da substituição da ECU original por uma unidade compatível com equipamentos de diagnóstico atuais, bem como a integração de sistemas de aquisição de dados e monitoramento em tempo real, permitindo ampliar as possibilidades de experimentação e contribuir para o aprimoramento das atividades desenvolvidas em laboratório.

REFERÊNCIAS

ABREU, Rafael Andrade de. Eficácia da manutenção preventiva. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 3, p. 2112-2119, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i3.9085>.

ALMEIDA, Paulo Ricardo Lima; CRISÓSTOMO, Daniel Carlos de Carvalho. Metodologia de didatização de medições elétricas em sistemas de injeção eletrônica automotiva. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2019.

BOSCH. **Manual de tecnologia automotiva**. Tradução de Euryale de Jesus Zerbini, Gunter W. Prokesch, Helga Madjderey e Suely Pfefferman. 25. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 1222 p.

BOSCH. **1960-1989**: novas linhas de negócios e eletrônicos. 2026. Disponível em: <https://www.bosch.com.br/noticias-e-historias/1960-1989-novas-linhas-de-negocios-e-eletronicos/>. Acesso em: 15 abr. 2026.

BUENO, Grazielli; OLIVEIRA, Gabriella Ritter Gonçalves de; SANTANA, Marcelo Augusto de Lima; JORGE, Natália Izabel Neumann; ANJOS, Karine Cristine Paulino dos; OLIVEIRA, Adriana Ferla de. O ensino e aprendizagem por meio de aulas práticas no curso de Engenharia de Energia: disciplina Laboratório de Energia 1. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 6, n. 1, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/17285>. Acesso em: 29 abr. 2026.

CARVALHO, Layra Beatriz da Silva; ALVARES, Gabriel Coelho Rodrigues; CUNHA, Alex Pereira da; KASHANI, Masoud Ghanbari; SANTOS, Paulo Sergio Barbosa dos. Sistema independente de injeção de etanol em motores de ignição por compressão: revisão sistemática. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 6, n. 4, p. 1-32, abr. 2025. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/6417>. Acesso em: 15 abr. 2026.

CHIES, Giovane André; CHIES, Gabriel Antônio Flores. Manutenção: uma revisão da literatura para a graduação. **Revista FT**, v. 27, n. 127, out. 2023. DOI: 10.5281/zenodo.10056459. Disponível em: <https://revistaft.com.br/manutencao-uma-revisao-da-literatura-para-a-graduacao/>. Acesso em: 01 jul. 2026.

DELATORE, Fabio; ALBALADEJO, Felipe Serafim; MORIOKA, Carlos Alberto; CARVALHO, Alexsander Tressino; LEONARDI, Fabrizio. (2013). Conjunto Didático de

Maquetes para o Desenvolvimento de Estudantes em Eletrônica Automotiva. **International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)**, 3 (S3), pp. 47–51. Disponível em: <https://doi.org/10.3991/ijep.v3iS3.2776>. Acesso em: 03 jul. 2026.

DELPHI. Bobinas de ignição. 2023. **Delphi auto parts Brasil**. Disponível em: <https://www.delphiautoparts.com/pt-br/produtos-e-tecnologias/eletr%C3%B4nica-veicular-gest%C3%A3o-de-motor/igni%C3%A7%C3%A3o/bobinas-de-igni%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 04 jul. 2026.

DENSO CORPORATION. **Engine ECU**. 2024. Disponível em: <https://www.denso.com/global/en/business/products-and-services/mobility/pick-up/e-ecu/>. Acesso em: 03 jul. 2026.

DENTON, Tom. **Automobile electrical and electronic systems**. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017, p. 700. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=XGhQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 01 jul. 2026.

DS INDÚSTRIA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS. **Idle Air Control (IAC)**. 2026. Disponível em: <https://www.ds.ind.br/en/products/idle-air-control-iac/1607>. Acesso em: 03 jul. 2026.

FERRARI, Alessandro; GURRI, Simona; VENTO, Oscar. Injected fuel mass and flow rate control in internal combustion engines: a systematic literature review. **Energies, Basel**, v. 17, n. 24, art. 6455, 2024. DOI: 10.3390/en17246455. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en17246455>. Acesso em: 03 jul. 2026.

LALLI, Fernando. Confira como efetuar o diagnóstico de injeção e ignição do HB20. **Revista O Mecânico**, 13 out. 2020. Disponível em: <https://omecanico.com.br/injecao-e-ignicao-diagnostico-basico-de-bobinas-e-velas-no-hyundai-hb20-1-0/>. Acesso em: 01 jul. 2026.

MENDONÇA, Rafael da Silva; SANTOS, Kelly Vinente dos; MEDEIROS, Renan Landau Paiva de; SILVA, Mariélio da; LUCENA JUNIOR, Vicente Ferreira de. Proposta de metodologia retrofit aplicada em um processo produtivo legado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, **Proceedings [...]**, SBA Sociedade Brasileira de Automática, 2024. v. 1, n. 1, p. 1-6. <http://dx.doi.org/10.20906/cba2024/4830>.

MTE-THOMSON INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Sensor de rotação**. MTE-Thomson. 2026. Disponível em: <https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-de-rotacao/>. Acesso em: 04 jul. 2026.

NIEMEYER, C. Leona; GEHRKE, Inga; MÜLLER, Kai; KÜSTERS, Dennis; GRIES, Thomas. Getting small medium enterprises started on Industry 4.0 using retrofitting solutions. **Procedia Manufacturing**, v. 45, p. 208-214, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.096>. Acesso em: 15 abr. 2026.

NITERA. **Velas de ignição**. 2026. Disponível em: <https://www.ngkntk.com/pt/produtos/velas-de-ignicao/>. Acesso em: 16 jul. 2026.

NUNHÊS, Carlos Matheus Santana; ROSA, Guilherme Américo; TSUKADA, Jackson; AMORIM, Mauro Vanderlei de. Desenvolvimento e aplicação de um sistema de teste de ECU para motores de ciclo otto com reprodução de sinais de sensores automotivos. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 12, p. 1-20, 21 out. 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.54033/cadpedv22n12-214>. Acesso em: 15 abr. 2026.

OLIVEIRA, Gabriel Antônio Francisco de; BISPO, Lucas Frazão; SANTOS, Mariana Guimarães dos; OLIVEIRA, Patrick Santos de; MOURA, Renan Souza; PAGANOTTI, André Luiz. Desenvolvimento de uma bancada didática de instalações elétricas prediais, de baixo custo, para utilização em laboratórios de engenharia elétrica e cursos afins. **Revista de Ciências e Tecnologia – RCT**, Formiga, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2020.

RUSSINI, Alexandre; SCHLOSSER, José Fernando; BRANDELERO, Catize; BERTOLLO, Gilvan; FARIAS, Marcelo Silveira de; HERZOG, Daniela; GALAFASSI, Cristiano; VARGAS, Rogério Rodrigues de. Caracterização dos sistemas de injeção de combustível e admissão de ar em motores de tratores agrícolas. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 11, p. 20884-20896, 21 nov. 2023. South Florida Publishing LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/oelv21n11-125>. Acesso em 15 abr. 2026.

SANTOS, Aline Gabriella Nascimento Ramiro; SALUME, Paula Karina; FREITAS, Lauro Soares de. Restauração e modernização de equipamentos industriais: um estudo de caso sob a perspectiva de gestão de projeto em parada de manutenção. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 19, n. 4, p. 187-211, 30 set. 2019. Fundação Pedro Leopoldo. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20397/2177-6652/2019.v19i4.1555>. Acesso em 15 abr. 2026.

TEIXEIRA, Angélico Loreto; SCHERER, Lucas Giuliani; GORRETTI, Ana Alice Timm. Projeto de bancadas didáticas para laboratório de instalações elétricas. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 48-52, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X35498>.

VALEO. Canister Purge Valve. **Paris**: Valeo, 2024. Disponível em: <https://www.valeo.com/en/catalogue/pts/canister-purge-valve/>. Acesso em: 14 jul. 2026.

YOSHIDA, Lucas Silva; FONTANELLA, Eduardo Batista. Speed.IFSC: acelerando o ensino de tecnologia automotiva com sistemas de injeções programáveis. **Caderno de Resumos da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFSC**, Florianópolis, v. 9, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/snctifsc/article/view/4233/5274>. Acesso em: 03 jul. 2026.

MATERIAL COMPLEMENTAR

QR code dos ensaios feitos nos sensores e atuadores da bancada

Os vídeos dos ensaios experimentais encontram-se disponíveis como material suplementar do trabalho, acessíveis por meio de QR Code apresentado no Apêndice.





INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus Cajazeiras - Código INEP: 25008978
Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, CEP 58.900-000, Cajazeiras (PB)
CNPJ: 10.783.898/0005-07 - Telefone: (83) 3532-4100

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega do TCC

Assunto:	Entrega do TCC
Assinado por:	José Souza
Tipo do Documento:	Termo de Apresentação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- José Bryan de Norões Souza, ALUNO (202012240040) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CAMPUS CAJAZEIRAS, em 07/08/2026 22:37:09.

Este documento foi armazenado no SUAP em 07/08/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1942057

Código de Autenticação: 867f6221e1

