

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

CLOVIS SHINJII TAKIGAMI
GABRIEL BARBOSA DA SILVA
ISMAEL BARBOSA DA SILVA

GIGA DE TESTE PARA BOMBA DE
COMBUSTÍVEL

Santo André – São Paulo

2018

FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

CLOVIS SHINJII TAKIGAMI
GABRIEL BARBOSA DA SILVA
ISMAEL BARBOSA DA SILVA

GIGA DE TESTE PARA BOMBA DE
COMBUSTÍVEL

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva da FATEC Santo André, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Professor Dr. Edson Caoru Kitani

Santo André – São Paulo

2018

T136g

Takigami, Clovis Shinjii

Giga de teste para bomba de combustível / Clovis Shinjii Takigami, Gabriel Barbosa da Silva, Ismael Barbosa da Silva. - Santo André, 2018. – 75f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Edson C. Kitani

1. Eletrônica automotiva. 2. Bomba de combustível. 3. Teste. 4. Equipamento. 5. Veículos. 6. Microempreendedor. I. Silva, Barbosa Gabriel da II. Silva, Ismael Barbosa da III. Giga de teste para bomba de combustível

621.43

FOLHA DE APROVAÇÃO



Faculdade de Tecnologia de Santo André

CENTRO PAULA SOUZA

GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 13 DE JULHO DE 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA “GIGA DE
TESTES DE BOMBA DE COMBUSTÍVEL” DOS ALUNOS DO 6º
SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:
PROF. EDSON CAORU KITANI

MEMBROS:
PROF. MARCO AURÉLIO FRÓES

PROF. FERNANDO GARUP DALBO

ALUNO:

CLOVIS SHINJII TAKIGAMI

GABRIEL BARBOSA

ISMAEL BARBOSA

AGRADECIMENTOS

Gratidão a todos os docentes, em especial aos professores Edson Caoru Kitani e Fernando Garup, que nos acompanharam durante todo o processo de desenvolvimento deste projeto e nos agregaram muito conhecimento ao decorrer do curso. Gratidão também aos amigos Caio Roberto do Santos, Flavson Francisco da Silva e à todos os familiares que contribuíram conosco direta ou indiretamente.

RESUMO

No mercado atual, as gigas de testes para bombas de combustível têm um valor muito elevado. O equipamento proposto neste trabalho deverá ter o preço acessível aos seus consumidores, de modo a atender aquele microempreendedor da área de reparação automotiva, que na sua maioria, não possuem equipamentos eficazes para realização do seu trabalho, com garantia e qualidade. Esse equipamento poderia gerar um maior lucro aos empreendedores da área de reparação diminuindo também o tempo gasto para fazer a manutenção, conseqüentemente maiores lucros.

Palavras-chaves: Giga de testes, Bomba de Combustível, Combustível, Motor, Injeção Eletrônica.

ABSTRACT

In the current market the equipment testing for fuel pumps have a very high value. This equipment should have affordable to consumers in order to meet that micro entrepreneur automotive repair area, which mostly do not have effective equipment for carrying out theirs works with guarantee and quality. This equipment could generate a higher profit to entrepreneurs of repair area also decreasing the time spent to service consequently higher profits.

Key-words: Giga Test, Fuel Pump, Fuel, Motor, Eletronic Injection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de uma bomba de combustível mecânica.	15
Figura 2. Bomba mecânica em acionamento.	16
Figura 3. Vista interna de uma bomba de combustível elétrica.	17
Figura 4. Bomba de combustível Magneti Marelli MAM00209.	19
Figura 5. Bomba de combustível Magneti Marelli MAM00213.	19
Figura 6. Bomba de combustível Magneti Marelli MAM00218.	20
Figura 7. Ilustração de uma bomba de combustível de roletes.	21
Figura 8. Representação do funcionamento da bomba de combustível centrífuga. ...	22
Figura 9. Sistema de Injeção eletrônica.	23
Figura 10. Equipamento de teste de bomba de combustível Planatc TVPA-4500	25
Figura 11. Equipamento comercial para teste de Bombas.	26
Figura 12. Medidor de pressão, vazão, tensão e corrente.	27
Figura 13. Especificações equipamento DELPHI SV10489.	28
Figura 14. Especificações equipamento DELPHI SV10489.	29
Figura 15. Imagem da CPU FATEC utilizado no projeto.	31
Figura 16. Circuito do divisor de tensão para medir a tensão da fonte.	32
Figura 17. Fonte de alimentação auxiliar para a bomba.	32
Figura 18. Sensor de Corrente.	33
Figura 19. Circuito sensor de corrente.	33
Figura 20. Gráfico sensor de corrente.	34
Figura 21. Circuito sensor de pressão MPX5700AP.	35
Figura 22. Sensor de pressão.	36
Figura 23. Dimensões e pinagem do sensor MPX5700AP.	36
Figura 24. Gráfico expressando a relação V_{out} x Pressão.	37

Figura 25. Sensor de vazão YF-S201.	37
Figura 26. Gráfico sensor de fluxo.	38
Figura 27. Diagrama do sistema.	39
Figura 28. Painel de operação	40
Figura 29. Sistema completo.....	40
Figura 30. Disposição da bomba e do sensor de fluxo no reservatório.	41
Figura 31. Disposição da alimentação da bomba no painel.	41
Figura 32. Fluxograma do sistema.	42
Figura 33. Equação da reta gerada pela relação Tensão x Pressão.....	44
Figura 34. Especificação bomba de combustível Magneti Marelli.	47
Figura 35. Bomba de combustível Bosch 0 580 454 113.	48
Figura 36. Apresentação dos valores de tensão e corrente.	49
Figura 37. Apresentação dos valores de pressão e vazão.....	49
Figura 38. Bomba de combustível Bosch 0 580 454 066.	50
Figura 39. Apresentação dos valores de corrente e tensão medidos.....	51
Figura 40. Apresentação dos valores de pressão e vazão medidos.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de avaliação de uma bomba nova.	52
Tabela 2. Parâmetros de avaliação de uma bomba nova.	52
Tabela 3. Comparativo de medições de parâmetros da bomba com equipamentos no mercado.	52

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	<i>Objetivos</i>	13
1.2	<i>Metas e Resultados Esperados</i>	14
2	Estudo de Caso	15
2.1	<i>Bombas de Combustíveis</i>	15
2.2	<i>Bomba elétrica</i>	17
2.3	<i>Funcionamentos da bomba elétrica</i>	20
2.4	<i>Bombas de combustível gasolina e FLEX</i>	23
2.5	<i>Principais falhas causadas pelas bombas de combustível</i>	24
2.6	<i>Equipamentos de testes de bombas</i>	24
3	METODOLOGIA	31
3.1	<i>Medição da Tensão de Alimentação</i>	32
3.2	<i>Medição da Corrente Consumida</i>	33
3.3	<i>Pressão</i>	34
3.4	<i>Vazão</i>	37
3.5	<i>Fluxograma</i>	42
3.6	<i>Equações</i>	42
4	Testes e Resultados	46
4.1	<i>Roteiro de testes</i>	46
4.2	<i>Bomba nova:</i>	48
4.3	<i>Bomba usada:</i>	50
5	Conclusão	54
5.1	<i>Propostas futuras</i>	54

1 Introdução

Vários componentes de motores têm se mantido constantes desde o início da era do automóvel, e a bomba de combustível é um desses componentes. No início, a bomba era acionada mecanicamente pela árvore de manivelas que movimentava uma alavanca e este pressionava um diafragma. Esse sistema durou enquanto os carburadores reinaram nos sistemas de alimentação veicular.

Com o crescimento das queixas devido à poluição ambiental, regulamentos oficiais contra emissões de gases foram crescendo. Isso obrigou os fabricantes de automóveis e caminhões a mudar o sistema de alimentação. No caso dos veículos de passeio, a mudança veio com a adoção dos sistemas de injeção eletrônica em substituição ao centenário carburador. Como o carburador possuía um reservatório de combustível próprio (cuba), a bomba poderia trabalhar de forma pulsada, sem que isso interferisse na alimentação. Contudo, com a chegada dos sistemas de injeção eletrônica e dos bicos injetores, houve a necessidade de se manter uma pressão e vazão constantes. Essa exigência inviabilizou o uso das bombas de diafragmas convencionais.

Como consequência, surgiram as bombas de combustíveis elétricas que ficam constantemente ligadas e ainda podem ser controladas eletronicamente ajustando os valores de pressão e vazão. Atualmente, todos os veículos saem de fábrica equipadas com o conjunto de alimentação baseado numa unidade de injeção eletrônica mais uma bomba de combustível elétrica.

Apesar da simplicidade e robustez das bombas elétricas, elas ainda apresentam alto grau problemas e falhas fazendo com que o reparador consuma muito tempo na diagnose do sistema. As montadoras dispõem de sistemas de testes eficientes que medem todos os parâmetros das bombas elétricas. Entretanto, o mesmo não ocorre nas oficinas de reparo independentes.

Existem no mercado alguns equipamentos prontos para realizar testes nas bombas, mas eles têm um custo de aquisição proibitivo para muitos reparadores independentes.

Este projeto consiste em desenvolver e construir um instrumento de medição que será de grande utilidade para diversos mecânicos e reparadores de automóveis. Esta ideia vem de uma necessidade observada em diversas oficinas mecânicas e até mesmo em pesquisas realizadas com objetivo de encontrar algum equipamento que realizasse testes eficazes e confiáveis para o reparador e cliente, além de ter um preço acessível para pequenas e médias oficinas.

Deste modo, foi projetado um equipamento que realiza testes em bombas de combustível, cujo componente gera grande dificuldade de análise e diagnóstico aos mecânicos e reparadores.

A viabilidade econômica deste projeto consiste na ausência de gasto exacerbado para construção e desenvolvimento do equipamento, fator de suma importância para garantir um preço baixo e acessível aos pequenos e microempreendedores do ramo de reparação automotiva. A princípio, o custo do equipamento não será maior do que R\$ 1000,00, sendo muito baixo se comparado com os equipamentos similares encontrados no mercado nacional.

1.1 Objetivos

Esse projeto tem como objetivo criar um equipamento que realize medições de tensão, corrente e pressão da bomba, de modo a apresentar valores indiquem a real condição da bomba de combustível sob teste.

O equipamento deverá ter um preço acessível aos seus consumidores, de modo a atender o pequeno e microempreendedor da área de reparação automotiva, que na sua maioria, não possuem equipamentos eficazes para realização do seu trabalho, com garantia e qualidade.

A facilidade de utilização é um grande valor agregado ao equipamento, pois quanto mais simples a operação melhor será o aproveitamento do tempo gasto na análise e conserto do veículo. Essa economia de tempo e recurso trará retorno financeiro ao mecânico por gastar menos tempo e ao cliente que terá um custo menor por hora de mão de obra.

1.2 Metas e Resultados Esperados

O projeto tem como maior expectativa projetar e construir um equipamento que facilite o diagnóstico da bomba de combustível nas oficinas em geral. O equipamento será mais compacto que o seu equivalente de mercado, além de ser mais flexível e reprogramável para atender novos testes ou bombas com diferentes perfis de funcionamento.

2 Estudo de Caso

Neste capítulo será apresentado um panorama geral das bombas de combustíveis elétricas existentes no mercado nacional, bem como algumas características e aplicações. Em seguidas são descritos alguns equipamentos de mercado que realizam os testes nos referidos componentes.

2.1 Bombas de Combustíveis

As bombas de combustíveis têm como função deslocar o combustível que está no tanque para o sistema de alimentação do motor, suprindo assim, alimentação para todas as suas condições de trabalho tais como: com/sem carga, alta ou baixa rotação e alta ou baixa temperatura externa. Existem dois tipos de bombas: a mecânica, presente nos carros carburados movida por um eixo, e a elétrica, que equipa os veículos com injeção eletrônica e é acionada por um motor elétrico.

Bomba Mecânica

Figura 1: Exemplo de uma bomba de combustível mecânica



(Fonte: www.diskpecas.com.br, junho 2018).

A bomba mecânica é um dispositivo acionado pelo próprio motor de combustão interna e é montada no bloco do motor de modo a receber seu acionamento por meio da árvore do comando de válvulas ou do virabrequim. Por conta disso, a bomba está sempre exposta a altas temperaturas proveniente motor. Seu regime de

funcionamento está diretamente ligado ao regime de funcionamento do motor. Assim, há uma variação do fluxo de combustível bombeado em função da rotação do motor.

Figura 2: Bomba mecânica em acionamento



(Fonte: wjww.fazerfacil.com.br, maio 2016).

Nessa construção a bomba é acionada pela árvore do motor, seja ela do comando de válvulas, do virabrequim ou qualquer eixo intermediário do sistema. Além disso, uma alavanca aciona o balancim que está conectado ao diafragma. Quando acionado, o balancim faz com que a haste desça puxando o diafragma e comprimindo a mola de retorno. O combustível presente na linha de alimentação entra pela válvula de entrada. A partir do momento que o balancim deixa de ser acionado, a força da mola sobrepõe-se e empurrando o diafragma para cima, comprimindo o combustível e enviando para o carburador pela válvula de saída.

As bombas mecânicas trabalhavam com uma pressão baixa em torno 0,2 a 0,4 bar. A pressão exercida para bombear o combustível do tanque para o carburador era insuficiente e fazia com que ele se perdesse nas paredes do coletor de admissão desperdiçando muito combustível.

Devido à necessidade das indústrias de automóvel em reduzir o índice de emissão de gases poluentes foi necessário introduzir um novo sistema de alimentação de combustível que atendesse as novas legislações.

O sistema de alimentação carburado foi substituído pelo sistema de injeção eletrônica o que permitiu um melhor controle da mistura admitida pelo motor, mantendo-a mais próxima da mistura estequiométrica (mistura ar / combustível), isso se

traduz em maior economia de combustível já que o motor trabalha sempre com a mistura adequada e também melhora o desempenho do motor.

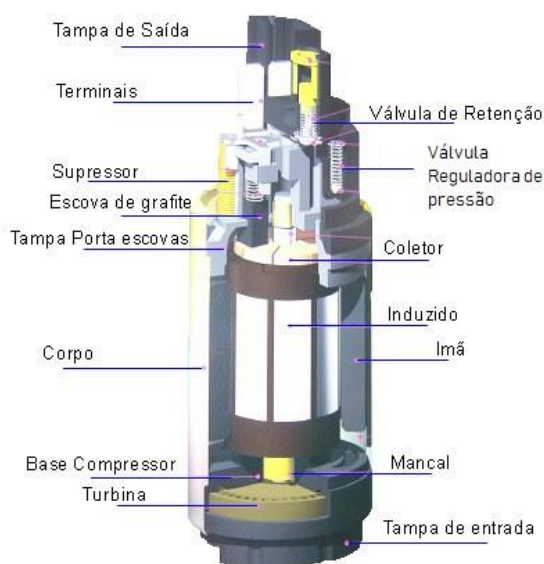
A implantação do sistema de injeção eletrônica trouxe consigo as bombas elétricas que conseguem manter uma pressão alta e constante de 3-6,5 Bar e, conseqüentemente, a injeção de combustível na melhor forma possível, que é a pulverizada. Isso fez com que a mistura do ar / combustível ocorra de forma mais homogênea.

2.2 Bomba elétrica

A principal função da bomba elétrica é deslocar o combustível que está no tanque para o sistema de alimentação do motor, suprindo, assim, todas as condições de trabalho tais como: carga, rotação e temperatura do motor.

Para que isso seja feito é preciso seguir uma sequência de trabalho: manter a pressão necessária para que o bico de injeção funcione corretamente e também manter a vazão para que não haja uma perda de pressão, mesmo em regime mais forçados (aceleração, diferenças climáticas) e que o excedente do líquido volte ao tanque. A Figura 3 ilustra os principais componentes de uma bomba elétrica:

Figura 3: Vista interna de uma bomba de combustível elétrica



(Fonte: www.edsolique.com/componentes-da-injecao-eletronica, junho 2018).

- Tampa de saída: local de saída do combustível;
- Terminais: terminais de conexão do cabo de alimentação da bomba;

- Válvula de retenção: responsável por manter o combustível dentro da bomba após a mesma ser desligada. Tal ação mantém os componentes lubrificados;
- Válvula reguladora de pressão: evita que a pressão gerada pela bomba ultrapasse os limites de segurança caso ocorra alguma obstrução no sistema. Diante disso, a mesma se abre e permite que o combustível a recirculação do combustível;
- Supressor: responsável por minimizar os ruídos elétricos gerados pela bomba que podem retornar ao módulo do veículo;
- Escova de grafite: contato físico responsável por conduzir a energia da alimentação para o circuito do rotor da bomba;
- Tampa porta escovas: responsável por isolar a escova do ambiente externo e mantê-la em contato com o circuito do rotor;
- Coletor: instalado no rotor recebe a energia elétrica transmitida pelas escovas de carvão;
- Induzido: componente do motor acoplado eletromagneticamente no indutor onde, por indução, é gerada uma força eletromotriz;
- Ímã: responsável por interagir com o induzido e, através da repulsão, fazer com que o rotor gire;
- Corpo: invólucro ou carcaça da bomba;
- Mancal: componente responsável pela ligação entre a turbina e o rotor;
- Base compressor: responsável por gerar a pressão na bomba;
- Turbina: componente que realiza a sucção do combustível;
- Tampa de entrada: entrada de acesso do combustível na bomba;

A bomba apresentada na Figura 4 é um modelo comercial da Magneti Marelli com pré-filtro instalado para veículos a gasolina com pressão de trabalho em 1,0 bar, vazão 105 l/h e consumo máximo de corrente de 6,5A:

Figura 4 – Bomba de combustível Magneti Marelli MAM00209



(Fonte: Catálogo Digital “Conhecimento do produto: Bomba de Combustível”, junho 2018).

A Figura 5 apresenta mais um modelo comercial de bomba fabricada pela Magneti Marelli com pré-filtro já instalado, agora para aplicação em veículos que utilizam como combustível apenas o etanol, com pressão de trabalho de 1,5 a 3,5 bar, vazão 120 l/h e consumo máximo de corrente de 9A:

Figura 5: Bomba de combustível Magneti Marelli MAM00213



(Fonte: Catálogo Digital “Conhecimento do produto: Bomba de Combustível”, junho 2018)

Já o modelo comercial da Magneti Marelli para veículo *flex* trabalha numa pressão de 4,0 bar, com vazão de 140 l/h e consumo máximo de corrente de 9,5A. A imagem a seguir ilustra esse tipo de bomba.

Figura 6: Bomba de combustível Magneti Marelli MAM00218



(Fonte: Catálogo Digital “Conhecimento do produto: Bomba de Combustível”, junho 2018).

2.3 Funcionamentos da bomba elétrica

O combustível é sugado do tanque através da bomba que fornece o combustível sobre pressão a um tubo distribuidor onde estão fixadas as válvulas de injeção. A bomba fornece mais combustível do que o necessário, a fim de manter no sistema de combustível a pressão necessária para todos os regimes de funcionamento do motor, o que excede retorna ao tanque.

Podemos dividir as bombas de combustível elétricas em dois tipos, interna e externa ao tanque. A bomba interna trabalha submersa aspirando ao combustível diretamente do fundo do tanque para as mangueiras de abastecimento que ligam aos bicos injetores. Já a bomba externa trabalha fixada ao chassi do veículo, próxima ao tanque ou ao motor, sugando o combustível do tubo coletor localizado no tanque.

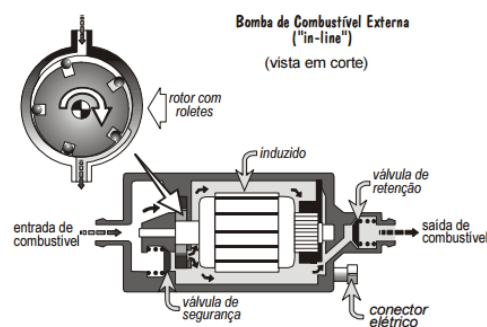
Existem três subdivisões básicas de bombas elétricas de combustível:

1. Bomba de roletes;
2. Bomba centrífuga;
3. Bomba de engrenagem.

Todos os três tipos de bomba possuem funcionamento semelhante, diferenciando-se apenas em seus componentes:

1. Bomba de Roletes: É constituída de um excêntrico dotado de ranhuras, em cada ranhura do excêntrico existe um rolete. Estes são ligados aos canais que sugam o combustível e que enviam o combustível com pressão de sistema para o tubo distribuidor (flauta).

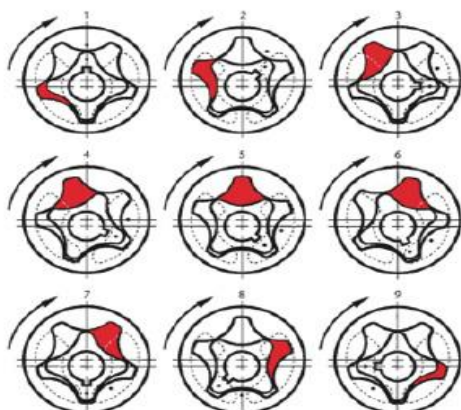
Figura 7. Ilustração de uma bomba de combustível de roletes.



(Fonte: fenomenosdaengenharia.blogspot.com.br, junho 2018).

2. Bomba Centrífuga: É constituída de um rotor (turbina) dotado de diversas pás (aletas). A turbina está ligada a tubulação de sucção e a de saída para o tubo distribuidor;

Figura 8. Representação do funcionamento da bomba de combustível centrífuga

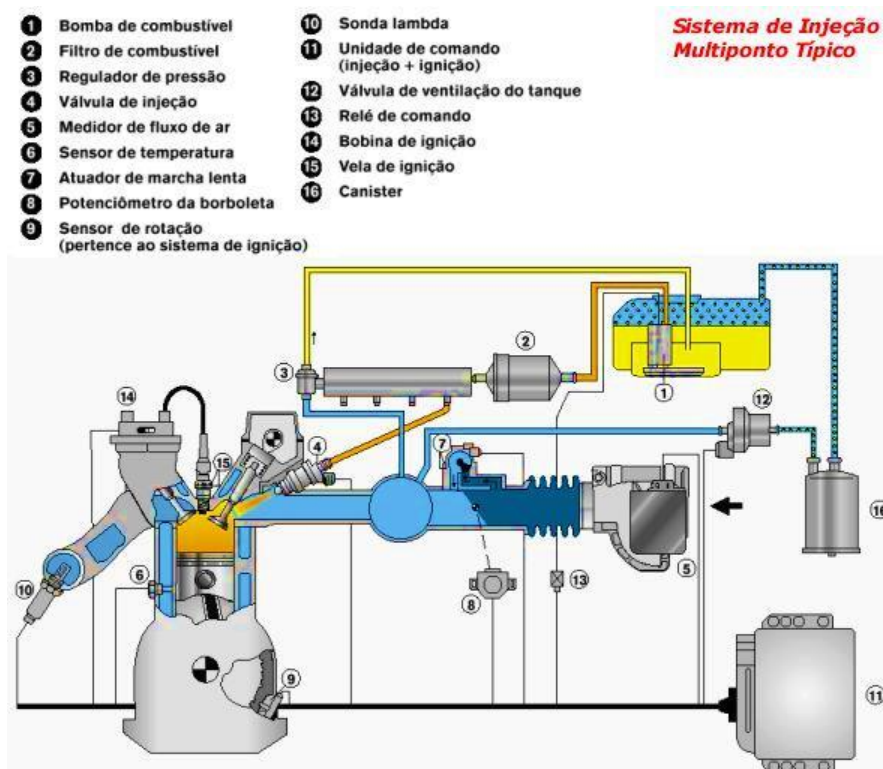


(Fonte: www.carrosinfoco.com.br/carros, junho 2018).

3. Bomba de Engrenagem: É constituída de um rotor e uma engrenagem interna. O rotor é ligado à tubulação de sucção e a de saída para o tubo distribuidor.

As três bombas descritas anteriormente sugam e pressurizam o combustível a partir do movimento giratório de seus componentes, respectivamente disco de ranhuras, ou turbina, ou rotor. De acordo com o tipo da bomba, os componentes citados estão ligados ao eixo do induzido de um motor elétrico. Quando o relé de comando da bomba é ativado pela ECU o motor elétrico é ativado. O movimento rotativo suga o combustível do tanque e empurra-o para a tubulação de saída em direção ao tubo distribuidor. O excesso de combustível bombeado retorna para o tanque de combustível através da ativação do Regulador de Pressão ou Válvula de Retorno.

Figura 9. Sistema de Injeção eletrônica



(Fonte: www.r19club.com/mecanica/como-realizar-manutencao-na-injecao-eletronica, junho 2018).

Esse processo pode ser observado na **Figura 9**. Quando a bomba (1) é acionada um fluxo de combustível começa a se formar a partir do tanque de combustível (em amarelo) em direção do filtro de combustível (2). A função desse filtro é reter resíduos sólidos que eventualmente sejam sugados pela bomba.

Em seguida, o fluxo de combustível é pressurizado na entrada da galeria de combustível dos bicos injetores (também conhecido como flauta) e tem a pressão de saída regulada por (3). O excedente do combustível então retorna para o tanque.

2.4 Bombas de combustível gasolina e FLEX

O funcionamento das bombas para veículos bicombustíveis é basicamente o mesmo das convencionais, com exceção de que alguns componentes internos são construídos com materiais adequados para trabalhar com os dois combustíveis, principalmente para evitar a corrosão pelo álcool. Essa corrosão pode provocar mau-contato e conseqüentemente produzir centelhas indesejáveis. Normalmente, a diferença está no coletor, que nas bombas de gasolina é de feito de cobre e não há nenhuma

proteção na bobina do rotor. Nas bombas FLEX, como o álcool corroe o coletor, o coletor é normalmente construído de carbono e tem uma proteção para que o álcool não retire o verniz da bobina.

2.5 Principais falhas causadas pelas bombas de combustível

Há cinco defeitos mais comuns que podem ocorrer nos veículos causados pela bomba de combustível:

1. Motor falhando em altas rotações pode ser perda de pressão da bomba;
2. Carro perde potência, bombas defeituosas não conseguem manter o nível de pressão exigido, sendo assim, o motor não consegue misturar ar e combustível da forma ideal;
3. Veículo perde de força repentinamente durante sua operação. Em condições normais, a bomba consegue manter um fluxo contínuo e preciso de combustível. Porém, se ela não suprir a mesma demanda continuamente, então existe um problema;
4. Afluência, quando o veículo emite solavancos sem que o motorista pise no acelerador. Algumas pessoas atribuem esse sintoma ao entupimento do filtro de combustível. Porém, isso acontece porque, com o tempo e o desgaste natural da bomba ela começa a apresentar pouca ou nenhuma resistência em relação ao seu próprio motor, resultando em aumentos repentinos de pressão;
5. O motor não liga e é possível ouvir as velas tentando queimar a mistura ar/combustível, mas como não há combustível não haverá combustão.

Observa-se que os defeitos descritos acima podem ser visualizados por pessoas não especializadas. Porém, é recomendável que um técnico em manutenção automotiva faça o diagnóstico e eventual reparo do veículo.

2.6 Equipamentos de testes de bombas

Existem vários equipamentos no mercado que testam bombas de combustível. Alguns deles testam apenas a pressão e vazão através de manômetros e rotâmetros, deixando de fora as grandezas elétricas de corrente e tensão.

Figura 10 – Equipamento de teste de bomba de combustível Planatc TVPA-4500



(Fonte: www.planatc.com.br/config/templates/pt_BR/manuais/MN3884.pdf, junho 2018).

A Figura 10 apresentou um modelo TVPA 4500, da Planatc, para testes on-board, com as características descritas anteriormente. Esse equipamento foi desenvolvido para ser acoplado ao veículo, mais precisamente entre o filtro e o distribuidor de combustível, podendo medir até 12 bar de pressão e 200 l/h de vazão. É possível encontra-lo no mercado por um custo médio de R\$465,00.¹

Composto por uma bancada SV10489, rotâmetro e kit de adaptadores e cabos, o equipamento da imagem abaixo é um modelo Delphi SV 10489 e dispõe de recursos para testes do módulo de combustível (bomba, sensor de nível e unidade de

¹ R\$465,00 – valor do equipamento Planatc TVPA 4500 [Informação obtida em <http://www.tudoparamecanico.com.br/TESTE-DE-PRESSAO-E-VAZAO-BOMBA-DE-COMBUSTIVEL-SIMULTANEA-TVPA-4500-13-PLANATC/prod-32328/> - junho 2018]

amortecimento) *on-board* ou em bancada, este último para uma avaliação mais criteriosa. Vide Figura 11:

Figura 11: Equipamento comercial para teste de Bombas



(Fonte: www.catalogoeletronicodelphi.com.br/Equipamentos/, junho 2018)

Para o teste *on-board*, através do Rotâmetro é possível medir a pressão e a vazão da bomba de combustível em tempo real, obtendo a leitura enquanto o motor opera normalmente. O mesmo é conectado em série ao circuito de alimentação do veículo, entre o filtro e as válvulas injetoras, permitindo que os valores medidos de pressão e vazão sejam apresentados no manômetro e no rotâmetro, respectivamente.

Já em bancada é possível realizar os testes do módulo de combustível para verificar pressão, vazão, consumo de corrente da bomba e o sensor de nível. O valor de corrente consumida e a tensão aplicada à bomba podem ser visualizados no *display* do equipamento, enquanto a pressão de trabalho, que deve ser regulada de acordo com a especificação do fabricante da bomba, é indicada no manômetro. No rotâmetro é visualiza-se a vazão. Vide Figura 12:

Figura 12: Medidor de pressão, vazão, tensão e corrente




(Fonte: <http://www.catalogoeletronicodelphi.com.br/Equipamentos/>, junho 2018).

Figura 13 – Especificações equipamento DELPHI SV10489

ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS DO SV10489	
<u>MEDIÇÕES:</u>	
<u>Corrente da Bomba:</u>	
Faixa de Valores:	0,3 ~ 16,5 A
Resolução:	0,1 A
Desvio Máximo:	0,2 A
<u>Tensão da Bomba:</u>	
Faixa de Valores:	8 ~ 16 V
Resolução:	0,1 V
Desvio Máximo:	0,1 V
<u>Tensão de saída do UAE:</u>	
Faixa de Valores:	0 ~ 7 V
Resolução:	0,01 V
Desvio Máximo:	0,04 V
<u>Resistência do Sensor de Nível:</u>	
Faixa de Valores:	4 ~ 450 Ω
Resolução:	1 Ω
Desvio Máximo:	2 Ω
<u>Tensão de saída do UAC (Álcool):</u>	
Faixa de Valores:	0,4 ~ 9V
Resolução:	0,01 V
Desvio Máximo:	0,05 V

(Fonte: <http://www.catalogoeletronicodelphi.com.br/Equipamentos/>, junho 2018).

Figura 14 – Especificações equipamento DELPHI SV10489

		SV 10489
<u>FONTES DE ALIMENTAÇÃO:</u>		
<u>Alimentação da Bomba:</u>		
Tensão Nominal.....	12,0V ± 0,5%	
Corrente Máxima.....	16 A	
Regulação de Carga.....	-1,67%	
c/ carga de 16 A		
Regulação de Carga.....	-0,42%	
c/ carga de 5 A		
Regulação de Linha.....	0%	
V _{REDE} = 90 ~ 160V _{AC}		
Regulação de Linha.....	0%	
V _{REDE} = 160 ~ 270V _{AC}		
<u>Alimentação da UAE:</u>		
Tensão Nominal.....	13,5V ± 0,5%	
Corrente Máxima.....	0,5 A	
Regulação de Carga.....	0,03%	
Regulação de Linha.....	0,02%	
V _{REDE} = 90 ~ 160V _{AC}		
Regulação de Linha.....	0,02%	
V _{REDE} = 160 ~ 270V _{AC}		
<u>Alimentação da UAC (Circuito Chopper - Álcool):</u>		
Tensão Nominal.....	10,0V ou 12,0V ± 0,5%	
Corrente Máxima.....	0,5 A	
Regulação de Carga.....	0,03%	
Regulação de Linha.....	0,02%	
V _{REDE} = 90 ~ 160V _{AC}		
Regulação de Linha.....	0,02%	
V _{REDE} = 160 ~ 270V _{AC}		

(Fonte: <http://www.catalogoeletronicodelphi.com.br/Equipamentos/>, junho 2018).

As bombas de combustível têm dados de funcionamento tabelados pelo fabricante e o reparador que faz a manutenção deve observar os seguintes parâmetros:

1. Pressão: é necessário verificar a pressão para notar se a mesma permanece constante.
2. Vazão: verifica-se é a mesma estipulada pelo fabricante ou se há algo que impeça a passagem do combustível.

3. Tensão: no *display* é mostrada a tensão aplicada em cima da bomba, que tecnicamente simula a tensão que seria aplicada caso a bomba estivesse ligada a bateria do veículo.
4. Amperímetro: utilizado para monitorar se a corrente está dentro do padrão estipulado pelo fabricante.

Para adquirir um equipamento do modelo descrito acima, o reparador terá de desembolsar, em média R\$3400,00.²

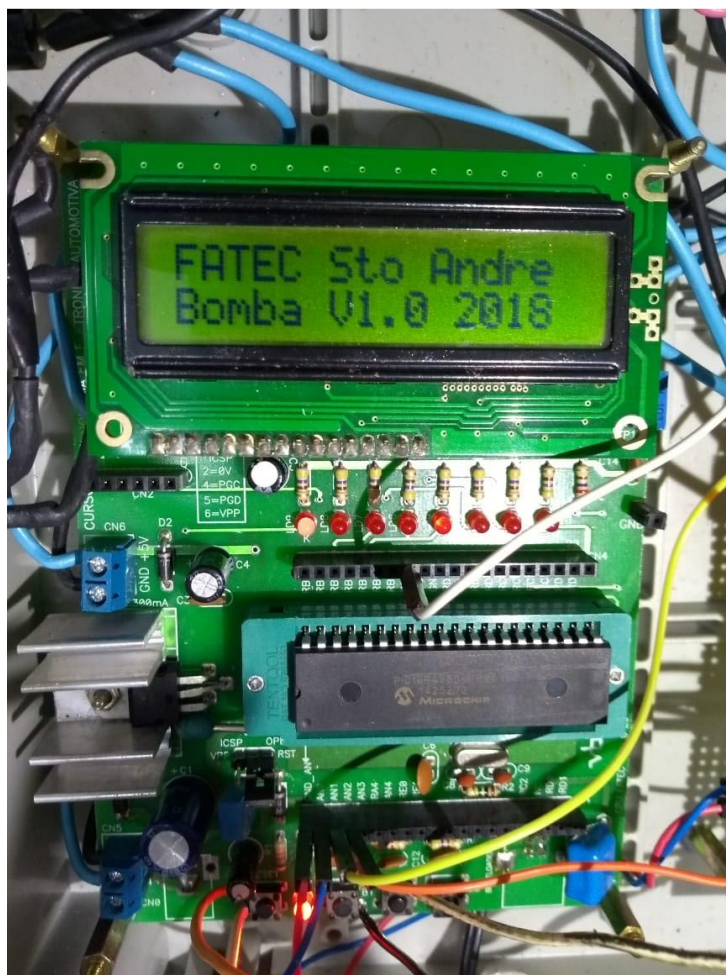
² R\$3400,00 – valor extraído do equipamento DELPHI SV 10489 [Informação obtida em <https://worktools.com.br/produto/ktb-01/> - junho 2018]

3 METODOLOGIA

Como já descrito no capítulo 1, a proposta deste projeto é desenvolver e construir um equipamento para testes e diagnose de bombas de combustíveis automotivos. Neste capítulo será detalhado esse desenvolvimento.

Para este projeto foi utilizada como base a CPU desenvolvida para as disciplinas de “Unidade de Gerenciamento de Motores”, “Carga e Partida” e “Sistemas de Conforto, Conveniência e Segurança”. A ideia é utilizar a CPU para medir grandezas físicas e controlar a bomba sob teste acoplado um circuito auxiliar responsável por realizar a leitura dos seguintes parâmetros: corrente, tensão pressão e vazão.

Figura 15: Imagem da CPU FATEC utilizado no projeto



(Fonte: Autoral, junho 2018).

3.2 Medição da Corrente Consumida

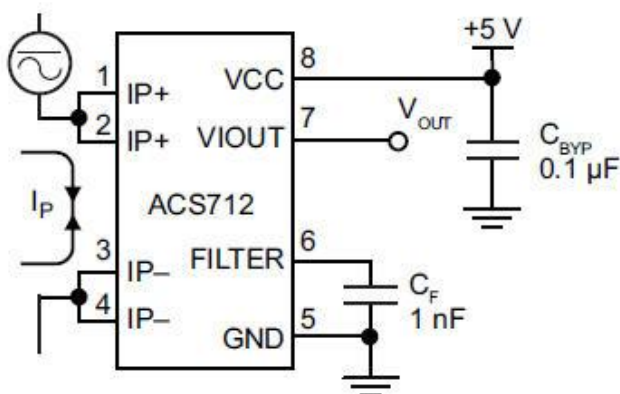
Para leitura de corrente consumida pela bomba elétrica, foi utilizado o sensor ACS712. Esse sensor utiliza o efeito Hall para medir o campo magnético gerado pela passagem de corrente. Como a intensidade de campo magnético é proporcional à corrente que a gerou, pode-se inferir o valor da corrente indiretamente. O sensor então gera uma tensão de saída proporcional à amplitude da corrente medida. A tensão de saída do sensor, que vai de 0 à 5V, será lida pela entrada AN0 do microcontrolador. Esse sinal será convertido pelo conversor AD e apresentado no *display* como valor da corrente que circula pela bomba. As figuras 18 e 19 ilustram o formato físico do sensor e o diagrama de conexões.

Figura 18: Sensor de Corrente



(Fonte: www.sermaker.com/index.php?route=product/product&product_id=111, junho 2018).

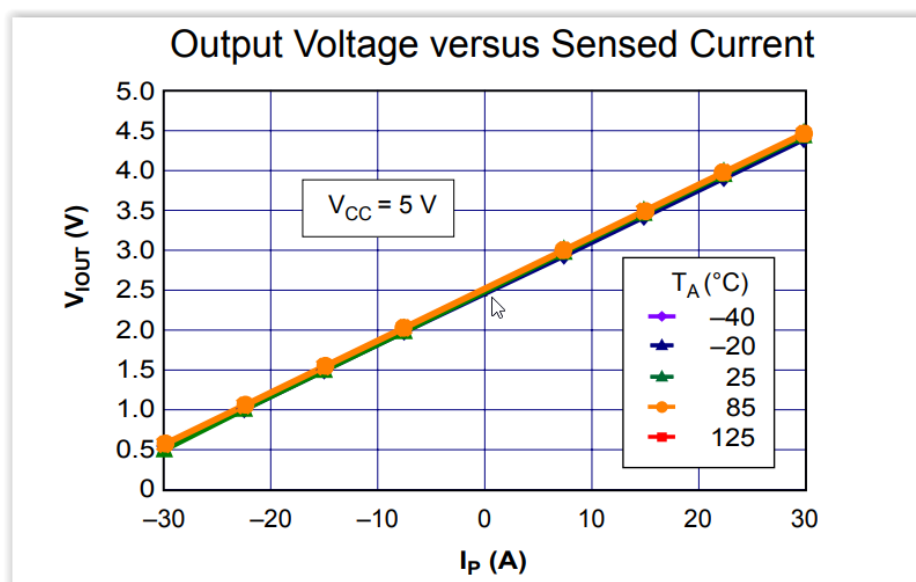
Figura 19: Circuito sensor de corrente



(Fonte: www.lucadentella.it/blog/wp-content/uploads/2011/11/ACS712.pdf, junho 2018).

Pela curva da Figura 20 é possível observar que o sensor é bastante linear, mesmo em temperaturas maiores do que o ambiente. É importante destacar o ajuste de escala que deve ser feito no programa, pois apesar da relação corrente medida com a tensão de saída do sensor ser linear, existe um deslocamento de zero.

Figura 20: Gráfico sensor de corrente



(Fonte: www.lucadentella.it/blog/wp-content/uploads/2011/11/ACS712.pdf, junho 2018).

Em outras palavras, quando a corrente está no menor valor negativo (-30 A) teremos na saída uma tensão de 0,5V. Quando temos a maior corrente positiva (+30 A) teremos na saída uma tensão de 4,5V.

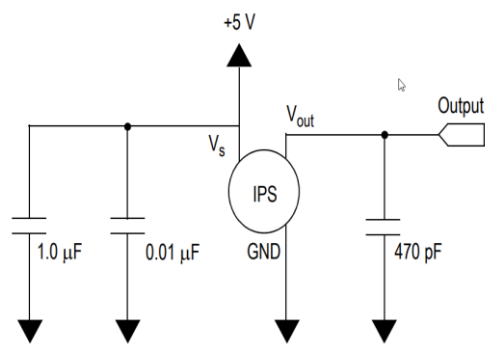
3.3 Pressão

A pressão exercida pela bomba ao sistema será lida pelo sensor MPX5700AP. A partir da pressão aplicada nele é gerada uma tensão proporcional no pino de saída. Essa tensão será lida pela a entrada AN2 do microcontrolador e apresentada no *display*. Para variações de pressão de 0,15 a 7 bar teremos respectivamente, de 0,2 à 4,7V de tensão de saída.

A tensão de saída do sensor será lida pelo PIC, interpretada e apresentada no *display* com seu valor correspondente em pressão (bar).

As figuras 21,22 e 23 ilustram o diagrama de conexões e uma foto do sensor de pressão. Tanto as conexões elétricas quanto hidráulicas do sensor são relativamente simples e seguras.

Figura 21: Circuito sensor de pressão MPX5700AP.



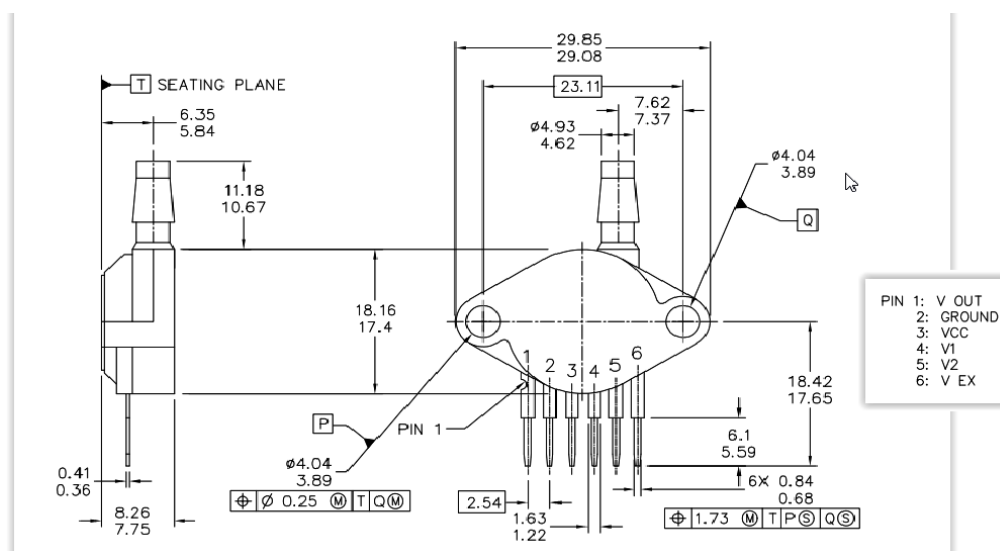
(Fonte: www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX5700.pdf, junho 2018).

Figura 22: Sensor de pressão



(Fonte: pt.aliexpress.com/w/wholesale-mpx5700ap.html, junho 2018).

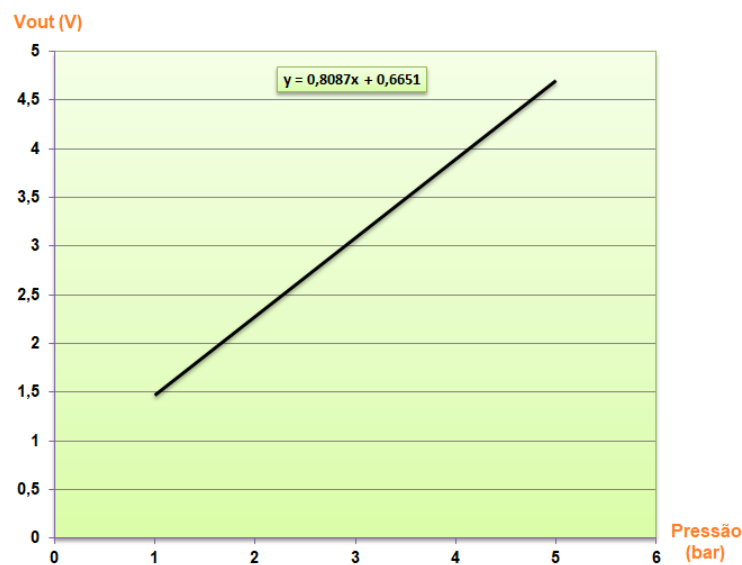
Figura 23: Dimensões e pinagem do sensor MPX5700AP



(Fonte: www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX5700.pdf, junho 2018)

O gráfico da Figura 24 ilustra como o sensor de pressão também é bastante linear. Contudo, assim como no sensor Hall é necessário realizar ajustes de escala de início e fim.

Figura 24: Gráfico expressando a relação Vout x Pressão



(Fonte: Autoral, junho 2018).

3.4 Vazão

A vazão da bomba foi medida com o sensor de fluxo YF-S201 que gera um sinal de onda quadrada, cuja frequência corresponde ao fluxo que circula pelo mesmo. Por exemplo: para 16Hz de frequência gerada pelo sensor a vazão correspondente é de aproximadamente 2 l/min, com tolerância de $\pm 10\%$.

O sinal gerado será lido pelo pino de interrupção externa RB0 do microcontrolador e convertido pelo *software* para ser apresentado no *display* como vazão em l/min.

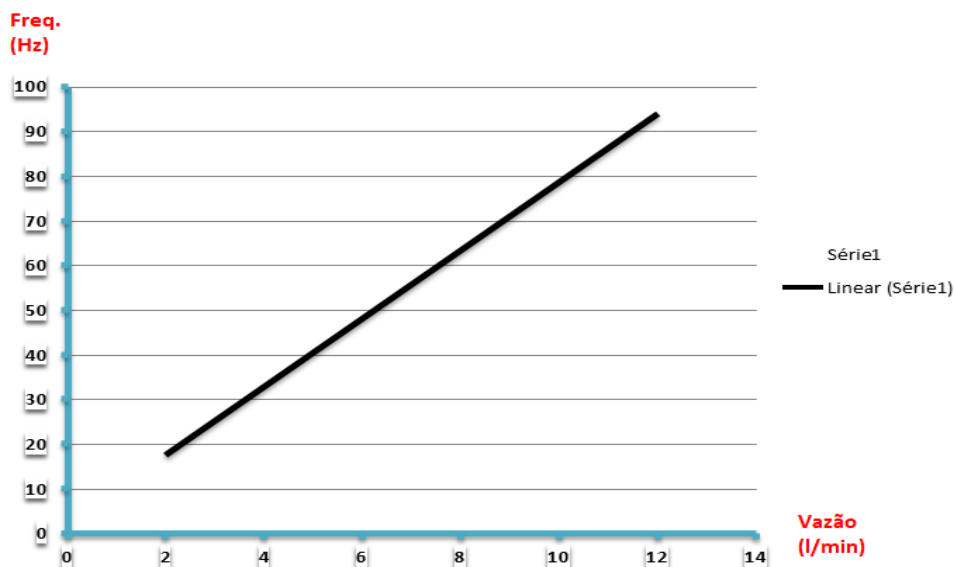
Figura 25: Sensor de vazão YF-S201



(Fonte: www.filipeflop.com/produto/sensor-de-fluxo-de-agua-12-yf-s201, junho 2018).

A Figura 26 representa a relação entre a vazão e a frequência de saída do sensor. Nota-se novamente que a relação é bastante linear.

Figura 26: Gráfico sensor de fluxo

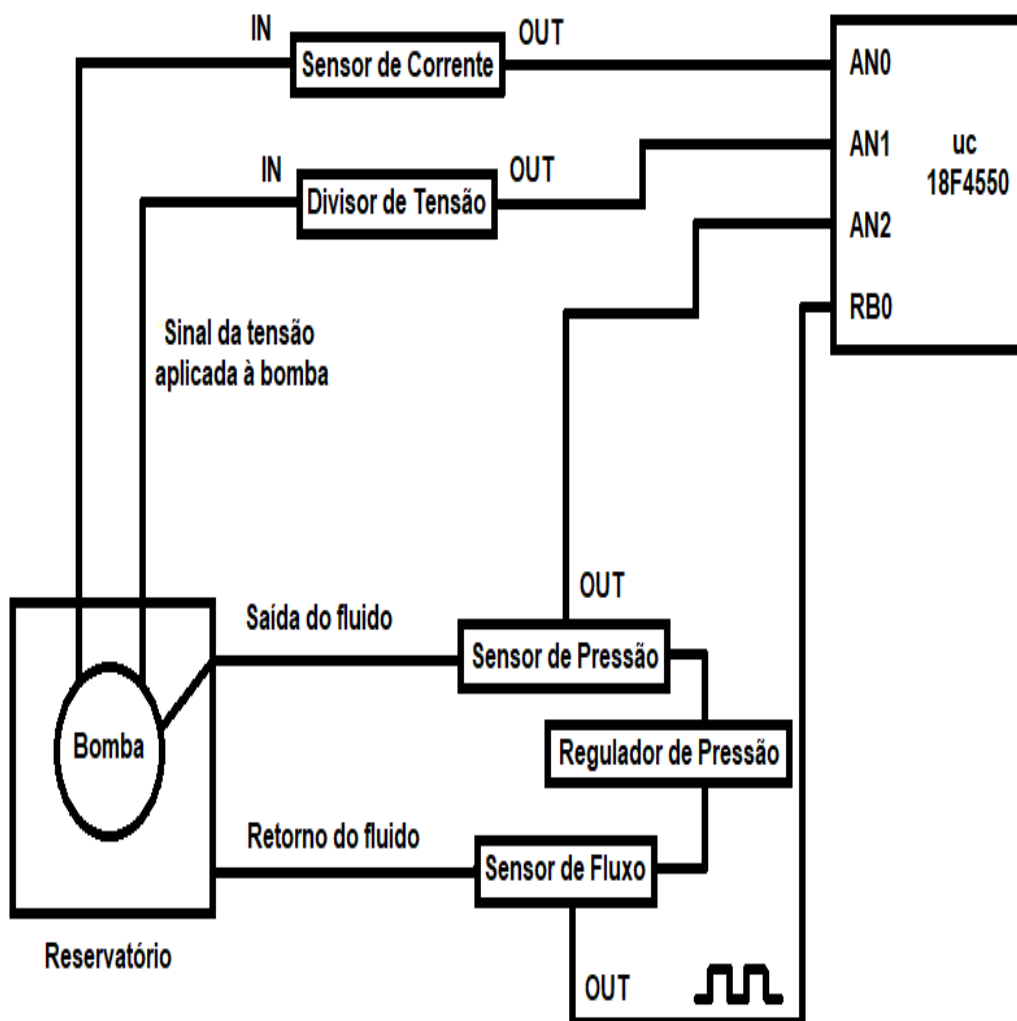


(Fonte: Autoral, junho 2018).

Além dos sensores descritos anteriormente, o sistema é composto de um reservatório com fluido onde a bomba sob teste será colocada. Mangueiras estão instaladas fechando um circuito para que o fluido passe pelos sensores de pressão e vazão.

O sensor de corrente está acoplado entre o positivo (+) da bomba e da fonte de alimentação auxiliar, enquanto o divisor de tensão encontra-se ligado em paralelo com a fonte. A pressão do sistema será regulada por uma válvula mecânica acoplada ao circuito do fluido. O diagrama a seguir ilustra as principais conexões entre a bomba, reservatório, sensores e placa da CPU-FATEC.

Figura 27: Diagrama do sistema



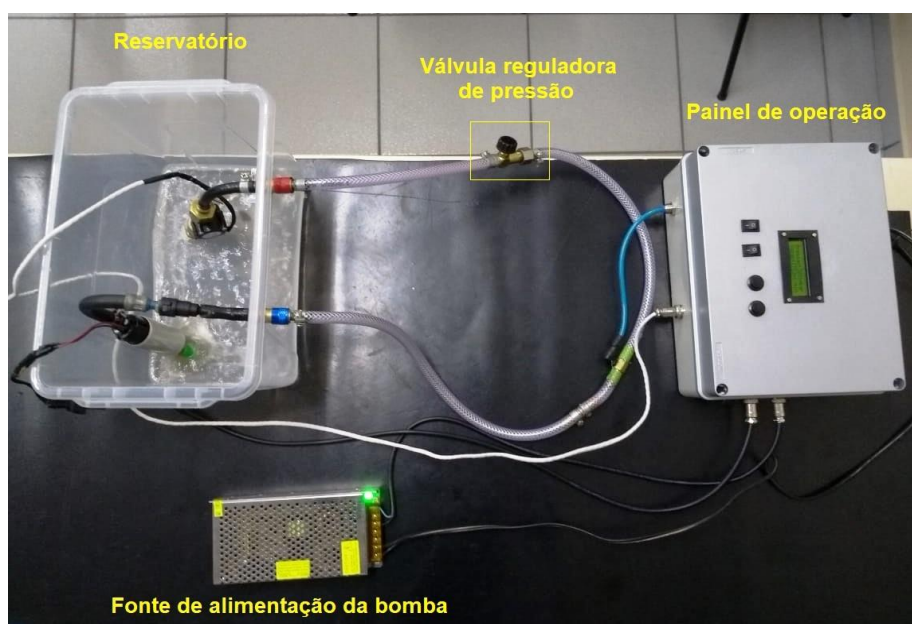
(Fonte: Autoral, junho 2018).

A Figura 28 ilustra a montagem do *display*, botões e chaves que compõem o painel de comando da giga de testes de bomba de combustíveis. A função de botão e chave será descrito mais adiante.

Figura 28: Painel de operação

(Fonte: Autoral, junho 2018).

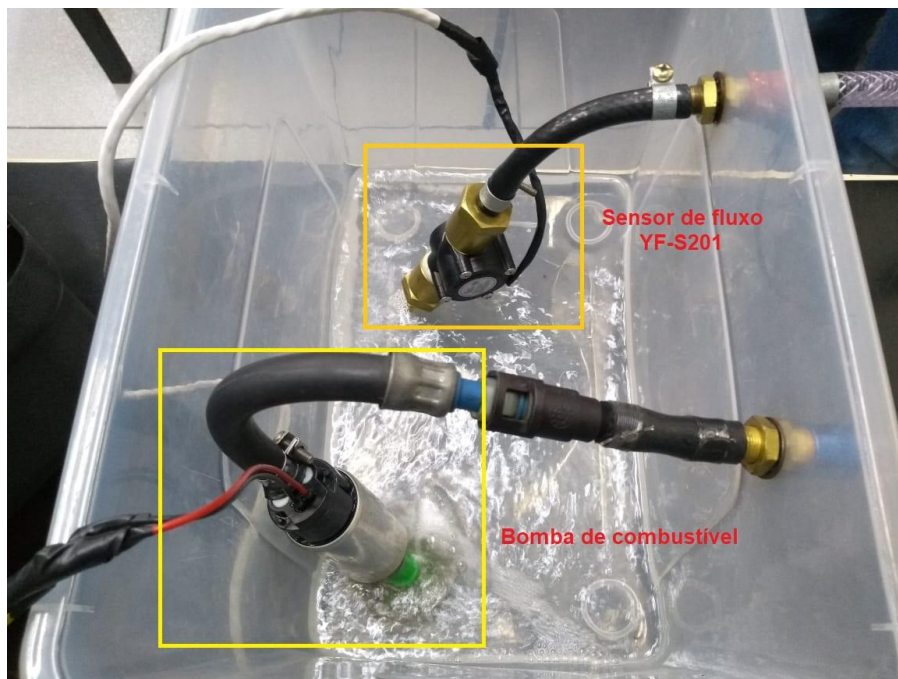
A Figura 29 oferece uma visão geral da montagem do conjunto e seus respectivos módulos.

Figura 29: Sistema completo.

(Fonte: Autoral, junho 2018).

A Figura 30 ilustra a conexão das mangueiras dentro do tanque com a bomba de combustível e o sensor de vazão.

Figura 30: Disposição da bomba e do sensor de fluxo no reservatório



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Para ilustrar a lateral da caixa de comando e as conexões elétricas entre a CPU e os dispositivos externos à caixa, foi inserida a Figura 31:

Figura 31: Disposição da alimentação da bomba no painel.

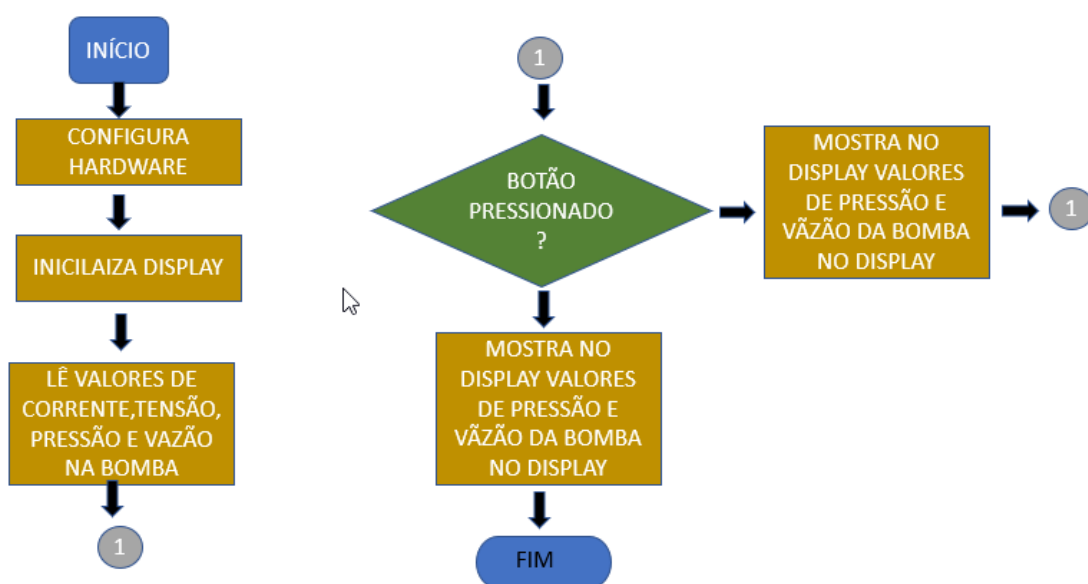


(Fonte: Autoral, junho 2018).

3.5 Fluxograma

Nesta seção será descrito o fluxograma de controle e sequência de testes da Giga de Testes de Combustíveis. A sequência de funcionamento pode ser acompanhada através do fluxograma ilustrado na Figura 32.

Figura 32: Fluxograma do sistema



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Para que o funcionamento da Giga, bem como do fluxograma acima sejam bem compreendidas, é necessário entender como foram realizados os cálculos do ajuste de curvas dos sensores.

3.6 Equações

Para o sensor de corrente foram utilizadas as seguintes equações:

1. 0,004885855 - Constante de multiplicação para converter o valor de tensão em binário lido pelo conversor AD (entrada AN0) para decimal:
 $5V/1023 = 0,004885855$

2. Fórmula de conversão do valor de tensão gerado pelo sensor ACS712 em relação à corrente que circula na bomba:

$$\text{Corrente (mA)} = ((\text{AN0} * 0,0048875855) - 2,4995) / 0,0979) * 1000$$

(OBS: parâmetros obtidos através de testes e medições realizadas no sistema).

Para a leitura de tensão foram utilizados os seguintes cálculos:

3. $V_{out} = (R2 / (R1 + R2)) / V_{in}$

Aplicando à R1 o valor comercial de 10k:

$$5V = (10 / (R1 + 10k) * 24,5V$$

$$R2 = 39K$$

Fórmula de conversão do valor de tensão de saída do divisor em relação à tensão aplicada na bomba:

$$24,5V / 1023 = 0,0239491691 \text{ (Constante de conversão)}$$

$$\text{Tensão (mV)} = (\text{AN1} * 0,0239491691) * 1000;$$

Para a leitura de pressão estão indicados os cálculos abaixo:

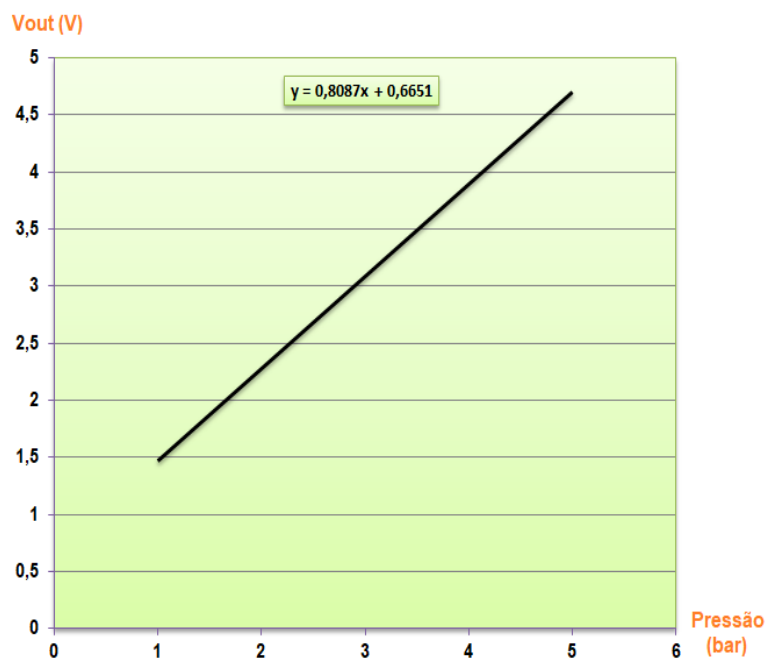
4. Fórmula de conversão do valor de tensão gerado em relação à pressão lida pelo sensor de pressão:

$$5V/1023 = 0,0048875855$$

$$\text{Pressão (bar)}: ((\text{AN2} * 0,0048875855) - 0,6651) / 0,8087) * 1000$$

OBS: as constantes 0,6651 e 0,8087 foram obtidas através do ajuste linear de curva através da inserção da linha de tendência em cima dos pontos da relação entre a pressão (bar) medida e a tensão (Vout) gerada pelo sensor em questão. O gráfico da figura 33 apresenta a curva de tendência linear.

Figura 33: Equação da reta gerada pela relação Tensão x Pressão



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Para leitura de vazão foram obtidos os seguintes cálculos:

5. Vazão (ml/min) = (Freq. / 7,5) * 1000 (fórmula disponibilizada no *datasheet* do sensor, mas adaptada para ml/min).

Finalmente, a lista abaixo sumariza os sensores utilizados no trabalho e as suas principais características.

Especificação dos sensores utilizados:

6. Sensor de corrente ACS712
 Faixa de medição: -30A a +30A
 Alimentação: 5V
 Tempo de resposta: 5us

Saída analógica proporcional de 66mV/A

Dimensões: 30 x 12 x 12 mm

7. Sensor de pressão MPX57000AP:

Faixa de medição: 15 a 700 kPa

Alimentação: 4,75V (mín) – 5V (padrão) – 5,25V (máx)

Tensão de saída (Vout): 0,2 a 4,7V

Temperatura de trabalho: 0 a 85°C

Tolerância: $\pm 2,5\%$

8. Sensor de fluxo YF-S201

Tensão de Operação: 5 a 24V

Faixa de fluxo: 1 a 30l/min

Pressão máxima: 2 Mpa

Pulsos por litro: 450

Temperatura de trabalho: -25 a 80°

Precisão: $\pm 10\%$

4 Testes e Resultados

Este capítulo descreve o roteiro de testes para se avaliar uma bomba de combustível e então validar se ela está ou não em condições de uso. Foram realizados testes com bombas novas (sem defeitos) e com várias bombas usadas e defeitos diversos.

4.1 Roteiro de testes

Para validar o funcionamento da bomba de combustível a ser testada é importante que o usuário tenha em mãos os dados técnicos fornecidos pelo fabricante, afim de ajustar a pressão do sistema e comparar os valores obtidos.

Dessa forma, a bomba a ser testada deve ser colocada dentro do reservatório com aguarrás (líquido referenciado pelo equipamento Delphi SV 10489), conectada a alimentação e ao engate rápido da mangueira de saída do reservatório. Após a conexão elétrica e hidráulica, o sistema deverá ser ligado através da chave liga/desliga da CPU e aguardar a inicialização do *software*. A primeira página apresentará os valores de tensão em corrente. Já a segunda, que deverá ser selecionada através do botão B1 da CP, apresentará os valores de pressão e vazão da bomba sob teste.

Inicialmente, todos os parâmetros a serem medidos apresentarão o valor “0”. A partir do momento em que a chave liga/desliga de alimentação da bomba for ativada e o fluido começar a circular no sistema serão visualizados os valores reais correspondentes a bomba instalada.

Os fabricantes das bombas normalmente fornecem tabelas ou documentos com os valores ideais de trabalho dos parâmetros a serem medidos. Um exemplo dessa documentação pode ser observado na figura a seguir. Como exemplo, tem-se o catálogo das bombas da Magneti Marelli modelo MAM00103, cuja aplicação é somente para motores à gasolina. Pode-se observar que a pressão máxima atingida será de 4,0 bar e uma vazão de 110 l/h máximo. O consumo de corrente máximo é de 9,5A

Figura 34: Especificação bomba de combustível Magneti Marelli



MAM00103

IDENTIFICAÇÃO: TTP-485

COMBUSTÍVEL: SOMENTE GASOLINA

ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA*: 12V

PRESSÃO: 4.0 bar

VAZÃO/FLUXO: 110 l/h

CONSUMO MÁXIMO: 9,5 A

APLICAÇÃO: TODOS OS VEÍCULOS QUE UTILIZAM ORIGINALMENTE UM MÓDULO DE COMBUSTÍVEL COM BOMBA TURBINA A GASOLINA, INDEPENDENTE DO FABRICANTE, E OPERAM COM PRESSÃO DE ATÉ 4.2 bar.

VANTAGENS: APLICAÇÃO ORIGINAL SEM NECESSIDADE DE ADAPTAÇÃO;
 DUPLO ESTÁGIO DE SUÇÃO E FILTRAGEM;
 ACOMPANHA CHICOTE PARA MONTAGEM E MANGUEIRA INTELIGENTE DE DOIS DIÂMETROS COM ABRAÇADEIRAS;

* Tensão de referência

(Fonte: Catálogo Digital “Conhecimento do produto: Bomba de Combustível”, junho 2018).

A válvula reguladora de pressão será responsável por ajustar o valor nominal especificado pelo fabricante, sendo necessário, após este passo, observar o comportamento da bomba e comparar os valores.

Trata-se de um procedimento simples, porém significativo, visto que o benefício gerado contempla tanto o reparador, quanto o cliente, levando em consideração que um diagnóstico mal feito do componente em questão pode gerar gastos desnecessários ao cliente e perda de tempo ao reparador, tendo como consequência um prejuízo financeiro.

A seguir são apresentados os resultados de um teste com uma nova e outra usada.

4.2 Bomba nova:

A bomba nova sob teste é um modelo da Bosch, cujas características estão listadas a seguir. A figura abaixo ilustra essa bomba sendo preparada para testes.

Figura 35: Bomba de combustível Bosch 0 580 454 113.



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Modelo: Bomba Bosch 0 580 454 113

Aplicação: Flex

Pressão de trabalho: 3 bar

Tensão: 12V

Vazão (nova): 85 l/h

Vazão (usada): 68 l/h

A bomba nova sob teste apresentou os seguintes resultados:

Corrente de Consumo: 4,722 A

Tensão Aplicada: 12,094 V

Vazão: 1,466 l/min ou 87,96 l/h

Pressão: 3.014 bar

Figura 36: Apresentação dos valores de tensão e corrente



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Figura 37: Apresentação dos valores de pressão e vazão



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Os resultados indicam que a bomba está dentro das especificações do fabricante.

O teste seguinte foi realizado com uma bomba Bosch usada.

4.3 Bomba usada:

Figura 38: Bomba de combustível Bosch 0 580 454 066



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Modelo: Bomba Bosch 0 580 454 066

Aplicação: Flex

Pressão de trabalho: 3 bar

Tensão: 12V

Vazão (nova): 85 l/h

Vazão (usada): 68 l/h

Figura 39: Apresentação dos valores de corrente e tensão medidos



(Fonte: Autoral, junho 2018).

Figura 40: Apresentação dos valores de pressão e vazão medidos



(Fonte: Autoral, 2018).

A bomba usada sob teste apresentou os seguintes resultados:

Consumo: 5,521A

Tensão aplicada: 12,022V

Pressão do sistema: 3,033 bar

Vazão: 31,98 l/h = 533 ml/min

Como pode ser observado pelos resultados, o valor da vazão está bem abaixo do especificado pelo fabricante.

Finalmente, na tabela abaixo estão sumarizadas os resultados dos testes e comparação dos valores especificados pelo fabricante e os valores medidos durante os testes de cada bomba (nova e usada) utilizando a Giga de Testes de Bombas de Combustíveis.

Tabela 1: Parâmetros de avaliação de uma bomba nova

Parâmetros	Bomba Bosch 0 580 454 113 (veículos flex)		
	Valores de referência para uma bomba nova fornecidas pela Bosch	Valores medidos em teste	Erro (%)
Pressão de trabalho (bar)	3	3,014	0,46
Tensão aplicada (V)	12V	12,094	0,78
Vazão (l/h)	85 l/h	87,96 (1466 ml/min)	3,48
Corrente consumida (A)	Não fornecida	4,722	-
Condição: Valores dentro da tolerância especificada pelo fabricante. Própria para uso.			

(Fonte: Autoral, junho 2018).

Tabela 2: Parâmetros de avaliação de uma bomba nova

Parâmetros	Bomba Bosch 0 580 454 066 (veículos flex)		
	Valores de referência para uma bomba usada fornecidas pela Bosch	Valores medidos em teste	Erro (%)
Pressão de trabalho (bar)	3	3,033	1,1
Tensão aplicada (V)	12V	12,022	0,18
Vazão (l/h)	68 l/h	31,98 (533 ml/min)	48,2
Corrente consumida (A)	Não fornecida	5,521	-
Condição: Vazão abaixo da especificada. Bomba danificada.			

(Fonte: Autoral, junho 2018).

Diante dos dados apresentados foi possível observar que a vazão da bomba nova superou o valor especificado, já bomba usada apresentou 20 l/h a menos do que o considerado pelo fabricante. Destaca-se assim a importância da apresentação dos valores de vazão, pois, mesmo a bomba alimentando o sistema, a vazão dá mesma não está de acordo com os dados especificados, impossibilitando assim a sua utilização.

Tabela 3: Comparativo de medições de parâmetros da bomba com equipamentos no mercado

Comparativo de medições de parâmetros da bomba com equipamentos no mercado			
Parâmetros	Giga de Teste	Planatc TVPA - 4500	Delphi SV 10489
Leitura de corrente	Disponível	-	Disponível
Leitura de tensão aplicada	Disponível	-	Disponível
Leitura de pressão	Disponível	Disponível	Disponível
Leitura de vazão	Disponível	Disponível	Disponível
Apresentação dos valores	<i>Display</i>	rotâmetro + manômetro	<i>Display</i> + rotâmetro + manômetro
Corrente medida	0,1 ~ 15A	-	0,3 ~ 16,5A
Sensor de nível	-	-	Disponível
Unidade de amortecimento	-	-	Disponível
Faixa de tensão medida	8,5 ~ 14	-	8 ~ 16V
Teste <i>on-board</i>	-	Disponível	Disponível
Teste em bancada	Disponível	-	Disponível
Fonte de alimentação da bomba	12V - 15A	-	12V - 16A
Custo médio	R\$1.000,00	R\$465,00	R\$3.400,00
Portátil	Disponível	Disponível	-
Dimensões (comprimento x largura x altura)	1000 x 500 x 300 mm	Informação indisponível	Informação indisponível
Alimentação do sistema	100 ~ 240V AC	-	90 ~ 270V AC

(Fonte: Autoral, junho 2018).

5 Conclusão

Diante do fora apresentado até aqui é possível concluir que a aplicação deste equipamento é viável técnica e economicamente, visto que o mesmo é de simples operação e dispõe de recursos suficientes para diagnóstico de uma bomba de combustível por um preço acessível em relação aos equipamentos.

Com base na tabela apresentada anteriormente, existem equipamentos de baixo custo que realizam testes apenas *on-board*, como o PLANATC TVPA-4500, porém com avaliação de dois parâmetros, pressão e vazão. Ainda, existem equipamentos que dispõem de recursos para um teste completo, tanto *on-board* quanto em bancada, avaliando também corrente e tensão aplicada, como o DELPHI SV 10489, com custo relativamente elevado. Já a *GIGA DE TESTES PARA BOMBA DE COMBUSTÍVEL* possibilita testes apenas em bancada para corrente consumida, tensão, pressão e vazão, porém com o custo de 46,5% à mais do que o PLANATC TVPA-4500 e cerca de 70% à menos do que o DELPHI SV10489. Além disso, trata-se de um equipamento inteiramente digital, com precisão de medição maior em relação aos outros, que utilização manômetros e rotômetros para leitura de pressão e vazão, respectivamente. Portanto, é possível considerar válida sua aplicação.

Além disso, o tempo de análise do teste de uma bomba de combustível será reduzido consideravelmente, visto que, apenas um equipamento avalia os quatro principais parâmetros a serem medidos na bomba: tensão aplicada, corrente consumida, pressão e vazão. Caso contrário, será necessário utilizar ao menos um aparelho medidor de tensão e corrente e outro para medir pressão e vazão, além de adaptações para leitura correta.

A possibilidade de avaliar a válvula limitadora de pressão da bomba de combustível também é um fator considerável que pode ser testado facilmente neste sistema apenas com fechamento da válvula reguladora de pressão, definindo assim se a mesma encontra-se própria ou imprópria para uso.

5.1 Propostas futuras

Para projetos futuros é possível considerar os seguintes pontos:

- Complementação de recursos para testes *on-board*, com disponibilidade de conectores e adaptadores para testes universais (em todos os modelos de veículos);
- Comunicação com o *Labview* afim de acrescentar recursos para geração de documentos com parâmetros de testes realizados e seus respectivos valores. Além disso, possibilitar maior interação do usuário com o equipamento, permitindo a ele selecionar os valores de referência para os testes a serem executados;
- *Upgrade* do *hardware* para aumentar a precisão dos valores lidos;

APÊNDICE

```

/** INCLUDES *****/
#include "config.h"
#include "displayLCD.h"
#include "stdlib.h"

/** FUNCOES *****/

void Delay(void)
{
    unsigned char Cnt1, Cnt2;

    for(Cnt1 = 0; Cnt1<30; Cnt1++)
    {
        NOP();
        for(Cnt2 = 0; Cnt2<30; Cnt2++)
        {
            NOP();
        }
    }
}

/*****
* Funcao:          void ConfiguraLCD(void)
* Entrada:        Nenhuma (void)
* Saída:          Nenhuma (void)
* Descrição:      Configura portas do PIC 18F4550 que estão conectadas ao
*                display LCD como saída. Essa rotina é baseada no controlador de LCD
*                Hitachi HD44780. Configura os parametros de comunicação com o display,
*                tais como:
*                - modo de operação (4 ou 8 data bits)
*                - tipo de cursor
*                - tamanho da fonte
*                Ao final da configuração limpa o display.
*****/
void ConfiguraLCD(void)

```



```

{
    // Configura os pinos de controle (RW,RS,E) como saída.
    TRIS_RW = 0;
    TRIS_RS = 0;
    TRIS_E = 0;

    // Configura os pinos de dados (D4,D5,D6,D7) como saída.
    TRIS_D4=0;
    TRIS_D5=0;
    TRIS_D6=0;
    TRIS_D7=0;

    // Inicio da rotina de inicialização do display LCD
    // Aguardar tempos e enviar 3 vezes o comando 0b0011XXXX como descrito no datasheet
    // do controlador HD44780 ou SPLC780D

    //Seleciona pinos de Controle para escrita do comando
    RW_PIN = 0;           //escrita=0, leitura=1
    RS_PIN = 0;           // comando=0, dados=1
    E_PIN = 0;           // desabilita=0, habilita=1

    //selecion pinos de dados com comando de inicialização 0b0011 no Nibble-High
    //(os 4 bits de dados mais significativos), os bits do Nibble-Low são Don't Care
    D7=0;
    D6=0;
    D5=1;
    D4=1;

    //Passo 1: Envio do comando de inicialização 0b0011

    // Delay inicial de 15ms após alimentar o LCD: Vdd > 4,5V
    __delay_ms(15);

    //Habilita leitura do comando pelo LCD, através do pino de enable, para tanto,
    //um pulso de 1ms com borda de descida é efetuado
    E_PIN = 1;
    Delay();
    E_PIN = 0;

```

```
Delay();

//Passo 2: Envio do comando de inicialização 0b0011

// Delay de pelo menos 4.1ms
__delay_ms(5);

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();

//Passo 3: Envio do comando de inicialização 0b0011

// Delay de pelo menos 100us
__delay_ms(5);

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();

//Passo 4: Envio da Configuração 0b0010 no Nibble-High
D7=0;
D6=0;
D5=1;
D4=0;

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();
```

```
//Envio dos comandos de Configuração do LCD
  EscreveComandoLCD(0b00101000);      // Function Set: 4bit interface, 2 lines, Font 5x7
  EscreveComandoLCD(0b00000110);      // Entry mode set: Increment, Shift OFF
  EscreveComandoLCD(0b00001110);      // Display Control: Display ON, Cursor ON, Blink OFF
  EscreveComandoLCD(0b00000001);      // Clear display
}
```

```

/*****
* Funcao:                void EscreveComandoLCD(unsigned char cmd)
* Entrada:               cmd: comando que será enviado para o LCD
* Saída:                 Nenhuma (void)
* Descrição:             (Write a command to the LCD)
*
*                       Escreve um comando para o display de LCD.
*****/

```

```
void EscreveComandoLCD(unsigned char cmd)
{
  //Seleciona pinos de Controle para escrita do comando
  RW_PIN = 0;                //escrita=0, leitura=1
  RS_PIN = 0;                // comando=0, dados=1
  E_PIN = 0;                 // desabilita=0, habilita=1

  //Seleciona pinos de Dados: Nibble-High
  if(cmd&0b00010000){D4=1;}
  else {D4=0;}
  if(cmd&0b00100000){D5=1;}
  else {D5=0;}
  if(cmd&0b01000000){D6=1;}
  else {D6=0;}
  if(cmd&0b10000000){D7=1;}
  else {D7=0;}

  //Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
  E_PIN = 1;
  Delay();
  E_PIN = 0;
  Delay();
}
```

```

//Seleciona pinos de Dados: Nibble-Low
if(cmd&0b00000001){D4=1;}
else {D4=0;}
if(cmd&0b00000010){D5=1;}
else {D5=0;}
if(cmd&0b00000100){D6=1;}
else {D6=0;}
if(cmd&0b00001000){D7=1;}
else {D7=0;}

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();

//Como os comandos Clear Display(0b00000001) e Cursor Home(0b0000001x),
//demoram mais tempo para serem executados,cerca de cerca de 1,5ms.
//Garante-se um atraso maior caso os mesmos sejam efetuados
if (cmd==0x01 || cmd==0x02 || cmd==0x03)
{ Delay(); }
}

/*****
* Funcao:                void EnderecoCursor(unsigned char endereco)
* Entrada:                endereco: endereço da memoria de dados do display que se
*                          colocar o cursor
* Saída:                  Nenhuma (void)
* Descrição:              (Set the Display Data RAM Address)
*                          Essa rotina posiciona o cursor no endereço desejado da memoria RAM do
*                          display LCD. Os comandos de escrita seguintes vão começar a partir da
*                          posição escolhida por esta função
*****/
void EnderecoCursor(unsigned char endereco)
{
//Seleciona pinos de Controle para escrita do comando
RW_PIN = 0;                //escrita=0, leitura=1

```

```

RS_PIN = 0;                // comando=0, dados=1
E_PIN = 0;                 // desabilita=0, habilita=1

//Seleciona pinos de Dados: Nibble-High
D7 = 1;
if(endereco&0b00010000){D4=1;}
else {D4=0;}
if(endereco&0b00100000){D5=1;}
else {D5=0;}
if(endereco&0b01000000){D6=1;}
else {D6=0;}

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();

//Seleciona pinos de Dados: Nibble-Low
if(endereco&0b00000001){D4=1;}
else {D4=0;}
if(endereco&0b00000010){D5=1;}
else {D5=0;}
if(endereco&0b00000100){D6=1;}
else {D6=0;}
if(endereco&0b00001000){D7=1;}
else {D7=0;}

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();
}

/*****
* Funcao:                void PosicaoCursorLCD(unsigned char linha, unsigned char coluna)

```

* Entrada: linha: número de 1 à 4 da linha em que se deseja deixar o cursor
 *
 * coluna: número de 1 à 16 coluna linha em que se
 deseja deixar o cursor

* Saída: Nenhuma (void)

* Descrição: Essa rotina posiciona o cursor na tela do display, na linha
 * e coluna desejados. Os comandos de escrita seguintes vão começar a partir
 * da posição escolhida por esta função

*****/

```
void PosicaoCursorLCD(unsigned char linha, unsigned char coluna)
```

```
{
```

```
  //endereço de inicio de cada linha
```

```
  #define linha1      0x00
```

```
  #define      linha2 0x40
```

```
  #define linha3      0x14
```

```
  #define      linha4 0x54
```

```
  unsigned char EnderecoLCD = 0x00;
```

```
  coluna--;
```

```
  if (coluna >= 0)
```

```
  {
```

```
      //Calcula o endereço da memória RAM do display que deve ser usado
```

```
      //para posicionar o cursor na linha e coluna desejados
```

```
      switch (linha)
```

```
      {
```

```
          case 1:
```

```
              EnderecoLCD = linha1 + coluna;
```

```
              EnderecoCursor(EnderecoLCD);
```

```
          break;
```

```
          case 2:
```

```
              EnderecoLCD = linha2 + coluna;
```

```
              EnderecoCursor(EnderecoLCD);
```

```
          break;
```

```

        case 3:
            EnderecoLCD = linha3 + coluna;
            EnderecoCursor(EnderecoLCD);
            break;

        case 4:
            EnderecoLCD = linha4 + coluna;
            EnderecoCursor(EnderecoLCD);
            break;

        default:
            EnderecoLCD = linha1;
            break;
    }
}
else
{
    EnderecoLCD = linha1;
}
}

/*****
* Funcao:          void EscreveCaractereLCD(unsigned char data)
* Entrada:        data: Byte de dados para ser escrito na memoria RAM do LCD
* Saída:         Nenhuma (void)
* Descrição:     (Write a Data byte to the LCD)
*               Essa rotina escreve o byte de caracteres no display a partir da posição
*               de memoria atual do cursor ou da posição de memória escolhida com
as               funções PosicaoCursorLCD() ou EnderecoCursor().
*               *****/
void EscreveCaractereLCD(char data)
{
    //Seleciona pinos de Controle para escrita do comando
    RW_PIN = 0;          //escrita=0, leitura=1
    RS_PIN = 1;          // comando=0, dados=1
    E_PIN = 0;           // desabilita=0, habilita=1

```

```

//Seleciona pinos de Dados: Nibble-High
if(data&0b00010000){D4=1;}
else {D4=0;}
if(data&0b00100000){D5=1;}
else {D5=0;}
if(data&0b01000000){D6=1;}
else {D6=0;}
if(data&0b10000000){D7=1;}
else {D7=0;}

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();

//Seleciona pinos de Dados: Nibble-Low
if(data&0b00000001){D4=1;}
else {D4=0;}
if(data&0b00000010){D5=1;}
else {D5=0;}
if(data&0b00000100){D6=1;}
else {D6=0;}
if(data&0b00001000){D7=1;}
else {D7=0;}

//Pulso no pino de Enable para habilitar leitura do LCD na borda de descida
E_PIN = 1;
Delay();
E_PIN = 0;
Delay();
}

/*****
* Funcao: void EscreveInteiroLCD(int valor)

```



```

* Saída:                Nenhuma (void)
* Descrição:           Essa rotina escreve o numero float no display a partir da posição
*                       atual do cursor com quantas casas decimais forem definidas no
*                       parâmetro formatacao.
*****/
/*void EscreveFloatLCD(float valor, char formatacao)
{
    int numInt = 0;           // Guarda parte inteira
    float numFloat = 0; // Guarda parte fracionária
    char n;                  // contador do comando for

    // Escreve parte inteira
    numInt = (int)valor;
    EscreveInteiroLCD(numInt);

    // Escreve as casas decimais indicada na formatação
    if( formatacao > 0 )
    {
        EscreveCaractereLCD('.');
        // Separa parte fracionária
        numFloat = (valor - numInt);
        // Se NumFloat é negativo, corrige o sinal
        numFloat = abs(numFloat);

        // Garante que so escreve ate 5 casas decimais
        if(formatacao>4)
            {formatacao=4;}

        // Calcula as casas decimais
        for (n = 0; n<formatacao; n++)
        {
            numFloat *= 10;
            // Escreve zeros após a virgula
            if(numFloat<1)
            {
                EscreveCaractereLCD('0');
            }
        }
    }
}

```

```

// Escreve parte fracionária
EscreveInteiroLCD((int)numFloat);

}
}*/

/*****
* Funcao:          void EscreveFraseRamLCD(char *buffer)
* Entrada:         *buffer: apontador para string na memoria de dados(RAM)
* Saída:          Nenhuma (void)
* Descrição:      Essa rotina copia uma string terminada com caracter nulo
*                da memoria de dados do microcontrolador para o display de LCD.
*                A string apontada por *buffer é copiada no display a partir da posição
*                de memoria atual do cursor ou da posição de memória
*                escolhida com as funções PosicaoCursorLCD() ou EnderecoCursor().
*****/
void EscreveFraseRamLCD(char *buffer)
{
    while(*buffer)          // escreve dados no LCD ate achar caracter nulo
    {
        EscreveCaractereLCD(*buffer); // escreve caracter no LCD
        buffer++;           // incrementa apontador
    }
}

/*****
* Funcao:          void EscreveFraseLCD(const char *buffer)
* Entrada:         *buffer: apontador para string na memoria de programa(ROM)
* Saída:          Nenhuma (void)
* Descrição:      Essa rotina copia uma string terminada com caracter nulo
*                da memoria de programa do microcontrolador para o display de LCD.
*                A string apontada por *buffer é copiada no display a partir da
*                posição de memoria atual do cursor ou da posição de memória escolhida
*                com as funções PosicaoCursorLCD() ou EnderecoCursor().
*****/
void EscreveFraseLCD(const char *buffer)
{
    while(*buffer)          // escreve dados no LCD ate achar caracter nulo

```

```

    {
        EscreveCaractereLCD(*buffer); // escreve caracter no LCD
        buffer++; // incrementa apontador
    }
}

/*****
* Funcao: void CriaCaractereLCD(unsigned char endereco, const char *buffer)
* Entrada: endereco: Numero de 0 à 7 que indica a posição da CGRAM que o
* caractere será criado.
*
* *buffer: apontador para o vetor de char com tamanho 8 que
* guarda cada linha de desenho do caractere que será criado.
*
* Saída: Nenhuma (void)
* Descrição: Essa rotina cria um caractere de usuário em uma das 7 posições
* disponíveis na CGRAM do display. O caractere criado tem tamanho 8x5 pixel
* (8 linhas e 5 colunas), portanto cada valor do vetor buffer representa
* uma linha, onde os 3 bits mais significativos de cada valor é desprezado.
*****/
void CriaCaractereLCD(unsigned char endereco, const char *buffer)
{
    unsigned char cmd; //guarda comando a ser enviado para LCD
    unsigned char n = 0; //contador do comando for

    //Dependendo do valor de endereco, seleciona o comando correto
    //Garante que enderco só tenha valores de 0 à 7
    endereco = endereco & 0b00000111;

    switch (endereco)
    {
        case 0: cmd = 0b01000000; break;
        case 1: cmd = 0b01001000; break;
        case 2: cmd = 0b01010000; break;
        case 3: cmd = 0b01011000; break;
        case 4: cmd = 0b01100000; break;
    }
}

```

```

        case 5: cmd = 0b01101000;    break;
        case 6: cmd = 0b01110000;    break;
        case 7: cmd = 0b01111000;    break;
        default:cmd = 0b01000000;    break;
    }
    //Comando de escrita na CGRAM (criação de caractere personalizado)
    EscreveComandoLCD(cmd);

    //Escreve cada linha do caractere com a sequencia de valores do buffer
    for(n=0; n<8; n++)
    {
        EscreveCaractereLCD(*buffer); // escreve caracter no LCD
        buffer++;                    // incrementa apontador
    }

    //Comando para sair do modo criação de caractere e posicionar cursor
    //na linha 1, coluna 1 da tela.
    EnderecoCursor(0x00);

}

#include "config.h"
#include "displayLCD.h"

#define botao_B1 PORTEbits.RE0
#define botao_B2 PORTEbits.RE1
#define botao_B3 PORTEbits.RE2

unsigned char mem1 = 0; // Troca de página botão B1
unsigned char FlagLCD = 0;
unsigned int incrementa = 0;
float _ANO = 0;//float _ANO = 0;
float _AN1 = 0;//float _AN1 = 0;
float _AN2 = 0;//float _AN2 = 0;

unsigned long tick_time = 0; // Contador de tempo incremental
unsigned long delay1 = 0; // Delay de tempo 1
unsigned int contador1 = 0;

```

```

unsigned long freq1 = 0;
unsigned long MostraF1 = 0;
int x=0;
unsigned long media=0;
int y=0;
unsigned long z=0;

// Define um região para alocar o código e evitar conflitos com o Bootloader

#ORG 0x1000, 0x3000

void interrupt high_priority Interrupcoes(void) // Define somente as interrupções de alta prioridade
{
    if(INTCONbits.TMROIF == 1)
    {
        PORTBbits.RB7 = !PORTBbits.RB7;
        INTCONbits.TMROIF = 0;
        incrementa++;
        contador1++;
        tick_time++;

        TMR0L = 107 + TMR0L;

        if(incrementa == 10000)
        {
            FlagLCD = 1;
            incrementa = 0;
        }
    }

    if(INTCONbits.INTOIF == 1 )
    {
        INTCONbits.INTOIF = 0; // Apaga flag de interrupção externa 0
        freq1 = contador1;
        contador1 = 0;
    }
}

```

```

void Init_hw(void)
{
    INTCONbits.TMR0IE = 1; // Habilita Timer 0 pelo flag de overflow

    INTCON2bits.INTEDG0 = 0; // Interrupção na borda de subida
    INTCON2bits.INTEDG1 = 0; // Interrupção na borda de descida

    INTCON2bits.TMR0IP = 1; // Prioridade alta para Timer 0
    RCONbits.IPEN = 0; // Habilita níveis de prioridades
    INTCONbits.PEIE_GIEL = 0; // Desabilita as interrupções de baixo nível
    INTCONbits.GIE_GIEH = 1; // Habilita as interrupções de alto nível
    INTCONbits.INT0IE = 1; // Habilita interrupção externa 0

    // Define as funções dos pinos e inicializa os buffers de saídas

    LATA = 0x00;
    LATB = 0xFF; // Carrega FF para apagar os LEDs
    LATC = 0x00;
    LATD = 0x00;
    LATE = 0x00;

    TRISA = 0x07;
    TRISB = 0x03; // Define PB como saídas e entradas
    TRISD = 0x00; // Define como saídas
    TRISE = 0xFF; // Define como entradas (Botões)

    //-----

    // Configura as entrada analógicas AN0, AN1, AN2, AN3 e todas as outras do byte RA para digital
    // Ver tabela da página 260 do Manual do PIC 18F4550 para outras configurações

    ADCON1bits.PCFG3 = 1;
    ADCON1bits.PCFG2 = 0;
    ADCON1bits.PCFG1 = 1;
    ADCON1bits.PCFG0 = 1;

    // ADC Setup
    // Ver tabela da página 261 do Manual do PIC 18F4550

```

```
ADCON2bits.ADFM = 1; //Ajusta justificação para direita
ADCON1bits.VCFG0 = 0; // Referência em VDD
ADCON1bits.VCFG1 = 0; // Referência em VSS

ADCON2bits.ADCS0 = 0; //Seleciona divisor FOSC/64
ADCON2bits.ADCS1 = 1;
ADCON2bits.ADCS2 = 1;

ADCON2bits.ACQT0 = 1; //Seleciona tempo de aquisição (2,66 us)
ADCON2bits.ACQT1 = 0;
ADCON2bits.ACQT2 = 0;
ADCON0bits.ADON = 1; //Ativar módulo de ADC

ADCON0bits.CHS0 = 0; //Seleciona AN0 para ligar no S/H
ADCON0bits.CHS1 = 0;
ADCON0bits.CHS2 = 0;
ADCON0bits.CHS3 = 0;

// Configura Timer 0 (Consulte o Manual do PIC 18F4550 na página 125)
// Lembre-se que o clock é de 48 MHz quando se trabalha com USB

TOCONbits.TMR0ON = 1; // Habilitar o Timer 0;
TOCONbits.T08BIT = 1; // Habilitar no modo 8 bits
TOCONbits.T0CS = 0; // Usa o oscilador interno como clock
TOCONbits.T0SE = 0; // Irrelevante na seleção interna
TOCONbits.PSA = 0; // Ativa o Prescaler para dividir o sinal do clock
TOCONbits.T0PS = 0b010; // Prescaler divisor por 8

// Carrega o valor inicial no registrador baixo do Timer 0

TMR0L = 109; // Valor do estouro

// Configura a Interrupção do Timer 0

INTCONbits.TMR0IE = 1; // Habilita Timer 0 pelo flag de overflow

// Configura Interrupção Externa 0 e 1
```



```

INTCON2bits.INTEDG0 = 0; // Interrupção na borda de subida
INTCON2bits.INTEDG1 = 0; // Interrupção na borda de descida

// Configura LCD e tela de saudação

ConfiguraLCD();
DesligaCursor();
PosicaoCursorLCD(1,1);
EscreveFraseRamLCD("FATEC Sto Andre");
PosicaoCursorLCD(2,1);
EscreveFraseRamLCD("Bomba V1.0 2018");
__delay_ms(3000);
LimpaDisplay();

// Habilita interrupções

INTCON2bits.TMR0IP = 1; // Prioridade alta para Timer 0
RCONbits.IPEN = 0; // Habilita níveis de prioridades
INTCONbits.PEIE_GIEL = 0; // Desabilita as interrupções de baixo nível
INTCONbits.GIE_GIEH = 1; // Habilita as interrupções de alto nível
INTCONbits.INTOIE = 1; // Habilita interrupção externa 0
}
//-----

void ANO_Conversor(void)
{
    ADCON0 = 0b00000001; // 0:-, 0:-, 0000: canal=0, 0: go-done, 1: AD_ON
    __delay_us(20);
    GO_DONE = 1; // Inicia a conversão A/D
    while(GO_DONE); // Aguarda conversão terminar
    _ANO = (ADRESH << 8) | ADRESL; // Atribui o valor convertido do A/D para a variável _ANO
    _ANO = (((_ANO*0.0048875855)-2.4995)/0.0979)*1000;
}

```

```

void AN1_Conversor(void)
{
    ADCON0 = 0b00000101; //0:-, 0:-, 0001: canal=1, 0: go-done, 1: AD_ON
    __delay_us(20);
    GO_DONE = 1; // Inicia a conversão A/D
    while(GO_DONE); // aguarda conversão terminar
    _AN1 = (ADRESH <<8) | ADRESL; // Atribui o valor convertido do A/D para a variável _AN1
    _AN1 = (_AN1*0.0239491691)*1000;
}

```

```

void AN2_Conversor(void)
{
    ADCON0 = 0b00001001; //0:-, 0:-, 0010: canal=2, 0: go-done, 1: AD_ON
    __delay_us(20);
    GO_DONE = 1; // Inicia a conversão A/D
    while(GO_DONE); // aguarda conversão terminar
    _AN2 = (ADRESH <<8) | ADRESL; // Atribui o valor convertido do A/D para a variável _AN2
    _AN2 = (((_AN2*0.004887)-0.6651)/0.8087)*1000;
}

```

```

void main()
{
    Init_hw();

    while(1)
    {
        AN0_Conversor();
        AN1_Conversor();
        AN2_Conversor();

        if (_AN0 <= 600)
        {
            _AN0 = 0;

```

```
}

if (_AN2 <=250)
{
    _AN2 = 0;
}

if(FlagLCD == 1)
{
    if(botao_B1 ==1 && mem1 == 0)
    {
        PosicaoCursorLCD(1,1);
        EscreveFraseRamLCD("I:   mA   ");
        PosicaoCursorLCD(1,5);

        EscreveInteiroLCD(_AN0);

        PosicaoCursorLCD(2,1);
        EscreveFraseRamLCD("V:   mV   ");
        PosicaoCursorLCD(2,5);//(2,5)

        EscreveInteiroLCD(_AN1);
        __delay_ms (600);
    }

    if (botao_B1 == 1 && mem1 == 1)
    {

        PosicaoCursorLCD(1,1);
        EscreveFraseRamLCD("Pressao: mbar ");
        PosicaoCursorLCD(1,9);

        EscreveInteiroLCD(_AN2);
```

```
FlagLCD = 0;

if(delay1 < tick_time)
{
    __delay_ms(1000);

    for(x=0; x<80; x++)
    {
        MostraF1 = 10000000/freq1;
        media=(media+MostraF1);

    }
    z=media/80;

    z = z/1000;

    z = z/0.0075;

    if(z<=200)
    {
        z = 0;
    }

    PosicaoCursorLCD(2,1);
    EscreveFraseRamLCD("Vazao: ml/min ");
    PosicaoCursorLCD(2,7);
    EscreveInteiroLCD(z);
    media=0;
    delay1 = tick_time + 1000;

}

}

if(botao_B1 == 0 && mem1 == 0)
```

```
{
    mem1 = 1;
    while (botao_B1 == 0)
    {

    }
}

if (botao_B1 == 0 && mem1 ==1)
{
    mem1 = 0;
    while (botao_B1 == 0)
    {

    }

}

}

}
```

Lista de Materiais da Giga de Testes de Bombas de Combustíveis

Quan- tidade	Componente	Especificação
1	LM 7805	Regulador de 5V
1	18F4550	Microcontrolador
1	Display LCD 16X2	LCD Azul
3	1N4007	Diodo de Retificação
9	LED 3,0 mm	Led
1	1000 μ F/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
1	470 nF/100V	Capacitor de Poliéster meta- lizado
6	100 nF/100V	Capacitor de Poliéster meta- lizado
1	220 μ F/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
1	100 μ F/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
1	22 μ F/16V	Capacitor de Cerâmica
2	15 pF/50V	Capacitor de Cerâmica
1	470 nF/100V	Capacitor de Cerâmica
7	10K 1/4W	Resistor de Carbono
1	1M 1/4W	Resistor de Carbono
3	4K7 1/4W	Resistor de Carbono
2	22R 1/4W	Resistor de Carbono
1	470R 1/4W	Resistor de Carbono
8	270R 1/4W	Resistor de Carbono
1	330R 1/4W	Resistor de Carbono
1	Conector J4 DC-005	Trimpot
1	Dissipador 183001/15	Conector para placa