



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Curso de Engenharia Mecânica

GILBERTO DE FREITAS RAMOS NETO

**Aumento de potência e torque do motor
VHC-E 1.0 GM por meio de
sobrealimentação**

SÃO LUIS
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

GILBERTO DE FREITAS RAMOS NETO

Aumento de potência e torque do motor VHC-E 1.0 GM por meio de sobrealimentação

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Fernando Antônio Moreira Serra Abreu

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO(A) ALUNO(A) GILBERTO DE FREITAS RAMOS NETO, E ORIENTADA PELO(A) PROF(A). FERNANDO ANTÔNIO MOREIRA SERRA ABREU.



ASSINATURA DO(A) ORIENTADOR(A)

SÃO LUIS
2018

Ramos Neto, Gilberto de Freitas.

Aumento de potência e torque do motor VHC-E 1.0 GM por meio de sobrealimentação / Gilberto de Freitas Ramos Neto. – São Luís, 2018.

53 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Esp. Fernando Antônio Moreira Serra Abreu.

1.Potência. 2.Motor. 3.Supercharger. 4.Sobrealimentação. I.Título

CDU: 621.43.018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Aumento de potência e torque do motor
VHC-E 1.0 GM por meio de
sobrealimentação**

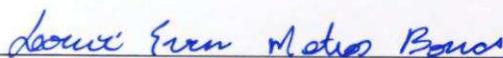
Autor: Gilberto de Freitas Ramos Neto

Orientador: Prof. Fernando Antônio Moreira Serra Abreu

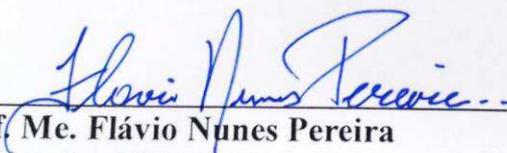
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:



Prof. Esp. Fernando Antônio Moreira Serra Abreu
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Esp. Lorenni Evren Matias Barros
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Me. Flávio Nunes Pereira
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, 25 de junho de 2018.

Dedicatória

Dedico este projeto a todas as pessoas importantes em minha vida que me proporcionaram tudo que tenho, meus pais, minha família, minha namorada e meus verdadeiros amigos.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por me proporcionar tudo que tenho na vida, me guiando a caminhos na qual batalhei.

Ao meu orientador e amigo, Fernando, por aceitar me acompanhar na luta que foi este projeto e me ajudar a desenvolvê-lo com conhecimentos práticos e teóricos.

A minha namorada, Rana, por ter me apoiado, sido compreensiva todo esse tempo e ter me ajudado em tudo.

A Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade para fazer o curso, dispondo bons professores e laboratórios.

Aos meus familiares e amigos, principalmente Coutinho e Gustavo que me ajudaram na desmontagem e montagem do carro, e por acreditarem em mim em conseguir desenvolver este projeto.

E a empresa ACA Brasil por me apoiar em momentos necessários, principalmente o soldador Woshiton por me ajudar com as soldas necessárias.

“Velocidade é isso, sentir-se livre. Quando corremos pensamos na vida, ficamos em silêncio, ouvindo apenas o barulho do motor.”

Paul Walker

Resumo

Com o estudo de superchargers, vem a busca de melhorias na potência e no torque em baixas rotações do motor VHC-E 1.0 – GM adaptado para melhor desempenho em uso cotidiano ou mesmo esportivo. O aumento da potência virá com a sobrealimentação adquirida a partir de um supercharger EATON M24 com as devidas adaptações no sistema, além das alterações necessárias no veículo para suportar tal modificação. O principal resultado esperado nessa mudança será o aumento de aproximadamente 60% a 80% da potência e do torque em um motor que possuía inicialmente 77cv e 9,5kgfm, e que este valor seja próximo aos resultados encontrados na teoria. É esperado que com a adaptação com supercharger possa causar grandes ganhos de potência e torque em rotações iniciais em motores 1.0 da GM, assim esses ganhos poderão beneficiar o proprietário, seja qual for a sua necessidade, podendo melhorar o desempenho em estradas, facilitando ultrapassagens ou em competições, como corridas de arrancada.

Palavras-chave: Potência; Motor; Supercharger; Sobrealimentação.

Abstract

With the study of superchargers, comes the search for improvements in power and torque at low engine speeds VHC-E 1.0 - GM adapted for better performance in everyday or even sports. The increased power will come with the supercharger acquired from an EATON M24 supercharger with the necessary adaptations in the system, in addition to the changes necessary in the vehicle to withstand such modification. The main expected result of this change will be the increase of approximately 60% to 80% of the power and torque in an engine initially having 77cv and 9.5kgfm, and that this value is close to the results found in theory. It is expected that with supercharger adaptation it can cause large power and torque gains at initial engine speeds in GM 1.0 engines, so these gains can benefit the owner, whatever the need, and can improve road performance, facilitating overtaking or in competitions such as drag races.

Keywords: Power; Torque; Supercharger; Overcharge.

Lista de Ilustrações

Figura 1.1. Motor F1 Renault - V8 1.6 turbocharger	2
Figura 1.2. Motor Fiesta 1.0 Supercharger	2
Figura 2.1. Motor de combustão interna de 2 tempos	5
Figura 2.2. Ciclo de quatro tempos de um MCI de ignição por centelha	5
Figura 2.3. Funcionamento do turbo compressor	8
Figura 2.4. Funcionamento de um compressor de parafusos	9
Figura 2.5. Digrama básico com principais estágios de funcionamento da ECU	10
Figura 2.6. Sistema típico de controle de injeção	11
Figura 2.7. Bicos injetores	13
Figura 3.1. Mapa de eficiência politrópica	17
Figura 3.2. Potência teórica do motor sobrealimentado com Supercharger	21
Figura 3.3. Torque teórico do motor sobrealimentado com Supercharger	22
Figura 4.1. Motor VHC-E original	23
Figura 4.2. Coletor de admissão de alumínio	23
Figura 4.3. Coletor de escape dimensionado – 4x1	24
Figura 4.4. Suporte do Supercharger para TBI (a) e suporte do Supercharger para o coletor (b)	25
Figura 4.5. Supercharger EATON M24	26
Figura 4.6. Intake e filtro de ar esportivo	26

Figura 4.7. Injeção eletrônica programável	27
Figura 4.8. Diagrama elétrico do módulo de injeção PANDOO	27
Figura 4.9. Diagrama caixa de fusíveis	28
Figura 4.10. Bicos Volvo C70 turbo	30
Figura 4.11. Dosador de combustível	30
Figura 5.1. Chicote elétrico PANDOO	31
Figura 5.2. Caixa de fusíveis	32
Figura 5.3. Suporte de conexão em alumínio do Supercharger para TBI (a) e suporte de conexão em alumínio do Supercharger para o coletor (b)	32
Figura 5.4. Motor sobrealimentado com Supercharger	33
Figura 5.5. Gráfico de potência e torque elaborado por dinamômetro	34

Lista de Tabelas

Tabela 3.1. Rotações Motor e Compressor	16
Tabela 3.2. Vazão Corrigida do Compressor	16
Tabela 3.3. Eficiência Politrópica e Isentrópica	17
Tabela 3.4. Temperatura de Descarga do Compressor	18
Tabela 3.5. Eficiência Calorífica	19
Tabela 3.6. Vazões Mássicas dos Combustíveis (Etanol e Gasolina)	21
Tabela 3.7. Potência do Motor com Supercharger	21

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ASPECTOS GERAIS	1
1.2. JUSTIFICATIVA	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i>	3
1.3.2. <i>Objetivo Específico</i>	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	4
2.2. MOTOR CICLO OTTO	6
2.3. SOBREALIMENTAÇÃO	7
2.3.1. <i>Turbocompressor</i>	7
2.3.2. <i>Compressores Mecânicos</i>	8
2.4. INJEÇÃO ELETRÔNICA.....	9
2.4.1. <i>Módulo de Controle de Injeção ECU</i>	10
2.4.2. <i>Sensores</i>	11
2.4.3. <i>Atuadores</i>	13
3. MODELAGEM TEÓRICA	15
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXOS	38

1. INTRODUÇÃO

1.1. Aspectos Gerais

BRUNETTI (2012) define as máquinas térmicas como dispositivos que permitem transformar calor em trabalho. Sendo os motores de combustão interna máquinas térmicas, os mesmos transformam a queima do combustível (calor) em movimento do eixo (trabalho) que é transmitido para os demais sistemas de acordo com a sua aplicação.

Segundo BRUNETTI (2012), os princípios de funcionamento dos motores de combustão interna quatro tempos foram apresentados por Brau de Rochas, em 1862, porém, Nikolaus August Otto aperfeiçoou e elaborou uma aplicação prática em 1876, o que tornou os motores conhecidos como “motor ciclo Otto”. Os motores de dois tempos foram desenvolvidos por Dugald Clerck em 1878, porém seguindo os princípios do “ciclo Otto”. Em 1892, Rudolf Christian Karl Diesel desenvolveu “o motor de ignição espontânea”, chamado de “motor ciclo Diesel”. O “ciclo Brayton” corresponde, em forma prática, as turbinas a gás, elaboradas inicialmente em 1973, mas aprofundadas em meio a segunda guerra mundial, nos anos 80.

A elaboração desses motores está ocorrendo de acordo com a indústria na qual os desenvolvem. A indústria automobilística, no caso, ao passar dos anos sofreu alterações quanto ao desenvolvimento tecnológico, como a ergonomia, o controle por meio de injeção eletrônica de combustível, a automação do veículo, entre outras. No entanto, um objetivo em comum, na qual vem sendo desenvolvido para carros de competições, como os fórmula 1 (Figura 1.1) e carros de passeio, como o Fiesta Supercharger (Figura 1.2), UP TSI e o HB20 Turbo, é o de buscar um aumento de potência e torque em motores de baixa cilindrada (Ciclo Otto), ao adapta-los a uma sobrealimentação, aumentando a injeção de ar dentro da câmara de combustão junto ao aumento da quantidade de combustível, sem alterar seu volume.



Figura 1.1. Motor F1 Renault – V8 1.6 turbocharger.

Fonte: adaptado de FormulaPassion.it (2017).

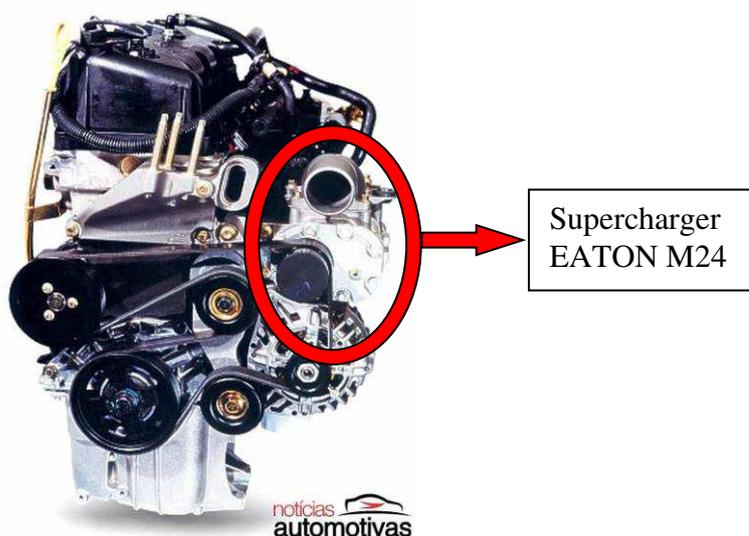


Figura 1.2. Motor Fiesta 1.0 Supercharger.

Fonte: adaptado de notícias automotivas (2018).

Aos carros de passeio ou populares (conhecidos como “carros mil”, que possuem motores 1.0), a adaptação à sobrealimentação contribui ao desempenho do veículo em situações impostas pelo motorista, tais como aclives ou ultrapassagens.

O motor no qual será estudado (VHC-E 1.0 GM) sofrerá adaptação a partir de um supercharger, no caso, o EATON M24, utilizado a primeira vez no Fiesta Supercharger, em 2009. Conseqüentemente, junto a essa adaptação, faz-se necessária adequação de outros componentes com objetivo de obter bons resultados.

1.2. Justificativa

Carros populares que possuem motores “mil”, ou seja, com 1000 cilindradas, necessitam de bastante esforço em certas situações na qual são impostas, por exemplo, em uma subida, o motorista acelera ao máximo, o carro se esforça, sobe lentamente e certas vezes, é necessário até mesmo desligar o ar condicionado para o carro conseguir uma pequena potência a mais.

A sobrealimentação é a solução encontrada atualmente para esses problemas em carros pequenos, pois sem mudar o tamanho do motor, podem ser extraídos mais potência e torque dos mesmos, mas a grande questão em escolher o supercharger é devido ao crescimento linear de potência, pois na forma que o motorista está subindo e acelerando, quanto mais ele acelera, mais o compressor entregará potência ao motor, fazendo com que o carro tenha mais força para concluir a sua tarefa, além do pico de torque ser alcançado em baixas rotações.

O custo é um dos pontos a ser considerado também, pois a instalação de um compressor em um carro popular obtém-se menor custo do que a compra e aquisição de um carro com motor de maior dimensão, até mesmo de modelos semelhantes como são vendidos atualmente, na qual pode ser encontrado nas versões 1.0 ou 1.6. Observando, principalmente, que a inclusão do supercharger gerará mais potência e torque do que um motor 1.6.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de sobrealimentação do motor VHC-E, buscando aumento do torque e potência para que possua um melhor desempenho às exigências do motorista.

1.3.2. Objetivo Específico

- Adquirir um vasto conhecimento com relação a sobrealimentação de motores disponíveis em artigos e livros.
- Analisar peças necessárias para elaboração do projeto.
- Identificar dados técnicos de acordo com o Eaton M24, como polia e correia.
- Determinar eficiências volumétrica, politrópica e isentrópica.

- Descrever o rendimento calorífico que ocorre durante o ciclo Otto a partir da adaptação.
- Gerar e analisar gráficos do desempenho da potência e do torque utilizando dados descobertos.
- Modificar o motor VHC-E, incrementando as peças necessárias para adaptação completa.
- Elaborar o MAPA (controle dos sensores e atuadores por meio da Injeção Eletrônica Programável) da Injeção Eletrônica.
- Comparar os gráficos teóricos, elaborado por meio dos cálculos, e prático, desenvolvimento a partir do teste em dinamômetro.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Motores de Combustão Interna

Segundo MORAN (2016), o motor de combustão interna exerce sua função a partir da queima de combustível, de acordo com seu modelo ou classificação, podendo ser classificado quanto ao movimento, sendo alternativo (motor a pistão) ou rotativo (motor Wankel), quanto ao ciclo, sendo Otto (motores movidos a gasolina e/ou álcool, sofrem a queima a partir de uma centelha), Diesel (motores movidos a diesel, sofrem a combustão a partir da compressão da mistura) ou Brayton (motores movidos a querosene, ocorrendo a queima a partir de uma centelha), e quanto ao tempo do ciclo, podendo ser de 2 tempos, normalmente regido a partir do ciclo Otto, onde necessita de uma centelha, como na Figura 2.1, ou 4 tempos, encontrados em ciclo Otto, como na Figura 2.2, onde nota-se a centelha para gerar a explosão, e no ciclo Diesel, onde o estágio da combustão ocorre somente por meio da compressão.

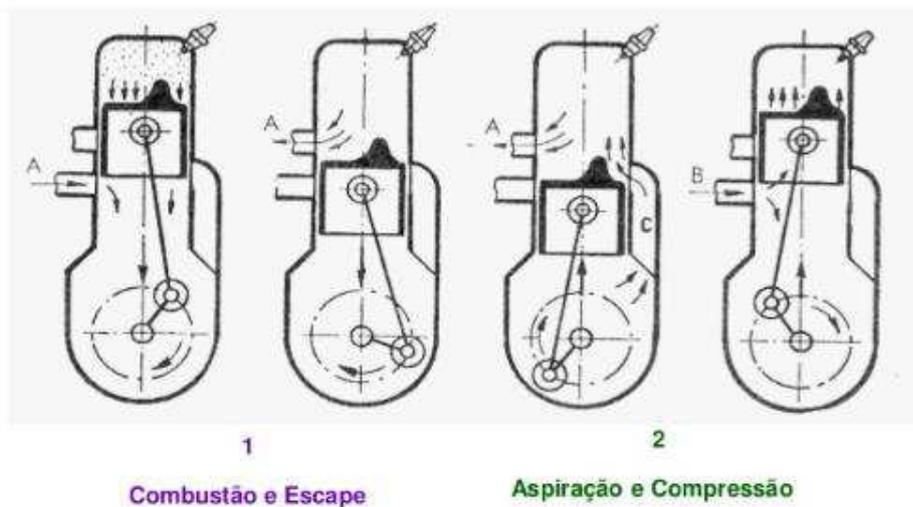


Figura 2.1. Motor de combustão interna de 2 tempos.

Fonte: adaptado de Possenti (2014).

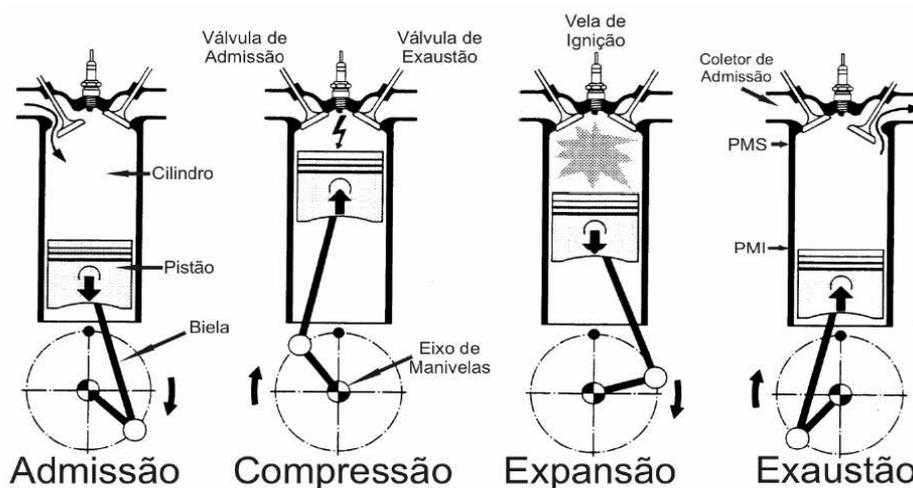


Figura 2.2. Ciclo de quatro tempos de um MCI de ignição por centelha.

Fonte: adaptado de Adler (1988).

Os principais motores encontrados em automóveis populares são os motores alternativos do Ciclo Otto, onde inclusive será estudado ao longo deste projeto, são compostos por dispositivos como os pistões, as bielas e o eixo virabrequim, onde a biela interliga os pistões ao eixo. Os pistões descrevem um movimento unidimensional (subindo e descendo), ao atingir o pico máximo se encontra no Ponto Morto Superior (PMS) e ao se posicionar no pico mínimo se encontra no Ponto Morto Inferior (PMI), o virabrequim, que recebe movimento dos pistões por meio das bielas, possui um movimento rotacional, na qual este movimento é repassado através da transmissão as rodas.

2.2. Motor Ciclo Otto

Em 1876, Nicolaus Otto, juntamente com Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach, desenvolvia um motor de combustão interna a base de quatro tempos de funcionamento, onde a queima do combustível ocorria no interior de um cilindro, conhecido como câmara de combustão. Após a elaboração desse motor, surgiu o conceito de Otto para motores, “o ciclo de ar-padrão Otto é um ciclo ideal que considera que a adição de calor ocorre instantaneamente enquanto o pistão se encontra no ponto morto superior” (SHAPIRO, p. 392, 7 ed., 2016).

Segundo PASSARINI (2002) o detalhamento de cada fase do ciclo teórico do motor de 4 tempos encontrados e elaborados por Otto em seus motores são (Figura 2.2):

➤ Admissão:

Inicialmente na posição PMS (ponto morto superior), o pistão começa a descer em direção ao PMI (ponto morto inferior) gerando uma sucção dentro da câmara de combustão. Ao mesmo tempo, a válvula de admissão se abre, possibilitando que a mistura de ar e combustível seja aspirada. Ao fim do movimento do pistão, este se encontra na posição PMI e a válvula de admissão se encontrará fechada. A Figura 2.2 ilustra o tempo de admissão.

➤ Compressão:

Com a válvula de admissão fechada, o pistão começa seu movimento, partindo do PMI até o PMS. Dessa forma, toda a mistura aspirada no tempo de admissão. A compressão é pré-definida por meio de uma razão, dependendo do combustível utilizado, podendo ser álcool, gasolina ou metanol (competições) ou do objetivo daquele motor (cotidiano ou competição, por exemplo).

➤ Explosão:

Estágio na qual ocorre o aumento de temperatura, de liberação de calor e do desenvolvimento da força do motor, onde a mistura ar combustível é queimada por meio da centelha de uma vela de ignição (diferindo-se neste estágio do ciclo Diesel, onde o motor ciclo Diesel, tem a explosão por meio da compressão) empurrando o pistão para baixo até o PMI.

➤ **Exaustão:**

A pós a explosão, os gases gerados já não são mais úteis para a combustão e devem ser eliminados por meio da válvula de escape ao movimento do pistão ir de encontro ao PMS. Dessa maneira, encerra o tempo de exaustão e o ciclo se repete com o tempo de admissão.

A Chevrolet, em 2003, a partir dos conceitos do ciclo Otto e buscando melhorar os motores anteriores, elaborou o motor VHC-E, equipado nos carros Celta e Classic, que entrega mais potência e torque ao veículo comparado ao motor anterior (VHC). O mesmo, ao receber a letra “E” (ecológico, econômico e energético), demonstra o desenvolvimento da GM ao novo conceito de ecologia. Segundo a ficha técnica do motor VHC-E, o mesmo possui potências de 77cv (gasolina) ou 78cv (álcool) e torques de 9,5kgfm (gasolina) ou 9,7kgfm (álcool).

2.3. Sobrealimentação

A sobrealimentação consiste em qualquer meio que aumente a quantidade de oxigênio admitido pelo cilindro. O ar atmosférico no nível do mar possui 23,14% de oxigênio em massa. Se a densidade do ar aumenta, teremos uma maior massa para o mesmo volume. Enquanto não conseguirmos fugir das leis da física, teremos somente dois caminhos para aumentar a densidade do ar. Reduzir a temperatura ou aumentar a pressão. (PASSOS, 2016).

Os motores utilizados em automóveis possuem duas formas de alimentação (ou admissão) do ar, conhecidas como aspirado, onde o motor admite o ar, somente pela diferença de pressão exercida na descida do pistão, onde ao movimentar-se do PMS ao PMI com a válvula de admissão aberta, o mesmo “suga” o ar para o interno da câmara, e a sobrealimentação, onde o ar é forçado (ou “empurrado”) para dentro da câmara por meio de dois tipos de dispositivos, os turbocompressores (turbocharger ou turbo) ou os compressores mecânicos (Supercharger), gerando um aumento na quantidade de ar no interno da câmara.

2.3.1. Turbocompressor

De acordo com MAYER (1996), em 1905, o engenheiro suíço Alfred Buchi, desenvolveu o turbo, o chefe de pesquisa do motor diesel na Gabruder Sulzer Motor, fábrica em Winterthur, que criou a patente no mesmo ano, identificando o uso de um dispositivo rotativo capaz de aumentar o fluxo da mistura ar-combustível, através da energia dos gases expelidos pelo motor, onde essa energia moveria um eixo interligado a um compressor que

admitiria uma maior quantidade de ar. O feito de Buchi realiza o mesmo que um compressor mecânico, possuindo como diferença o meio de acionamento, que no caso dos turbos, os gases expelidos pelo escape acionam o movimento de uma turbina, que por meio de um eixo, gera um movimento em sentido oposto a um compressor causando a admissão do ar (Figura 2.3). Apesar da criação ter sido patenteada ainda em 1905, foram necessárias quase duas décadas para a concretização da ideia, onde na I Guerra Mundial o engenheiro francês Auguste Rateau elaborou um sistema de turbocompressores para equipar motores da Renault. Esse motor foi testado no Colorado, o resultado da pressão de ar reduzida e densidade em elevada altitude. A General Electric definiu-o de Turbosupercharging System. Nesse período, todos os dispositivos de indução forçada eram conhecidos como compressores, porém, atualmente o termo “supercharger” é o mais aplicado para a indução forçada mecanicamente.

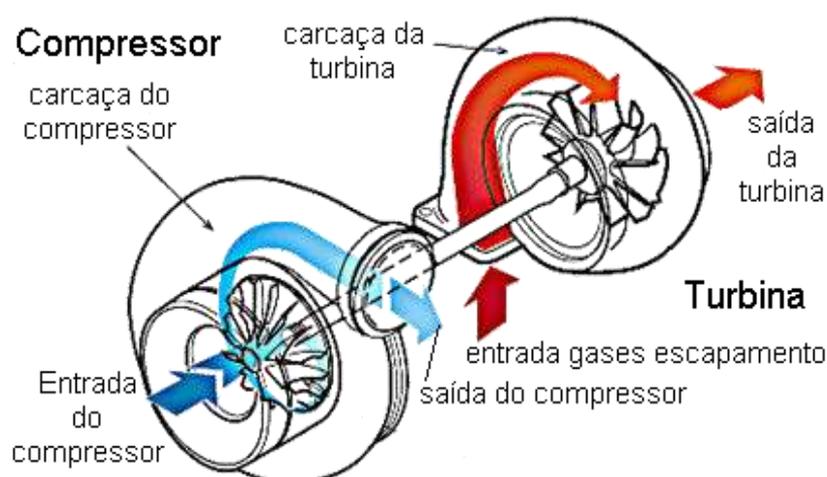


Figura 2.3. Funcionamento do turbo compressor.

Fonte: adaptado de Garret (2004).

2.3.2. Compressores Mecânicos

Historicamente, os compressores mecânicos ou superchargers foram elaborados inicialmente pelos irmãos Philander e Francis Marion Roots, em 1860, que o utilizaram em um alto-forno. Em 1878, Dugald Clerk adaptou o primeiro motor dois tempos a um supercharger, a partir deste feito, outros engenheiros receberam patentes em seus países para uso do supercharger em motores a combustão.

A função deste dispositivo é de empurrar uma maior quantidade de ar para dentro da câmara de combustão, fazendo isso a partir do movimento rotacional de lóbulos, parafusos

sem fim ou rotores (de acordo com o modelo), na qual “sugam” o ar, deslocando-o para o interno do motor, sendo acionado por meio de uma correia ou corrente (Figura 2.4).

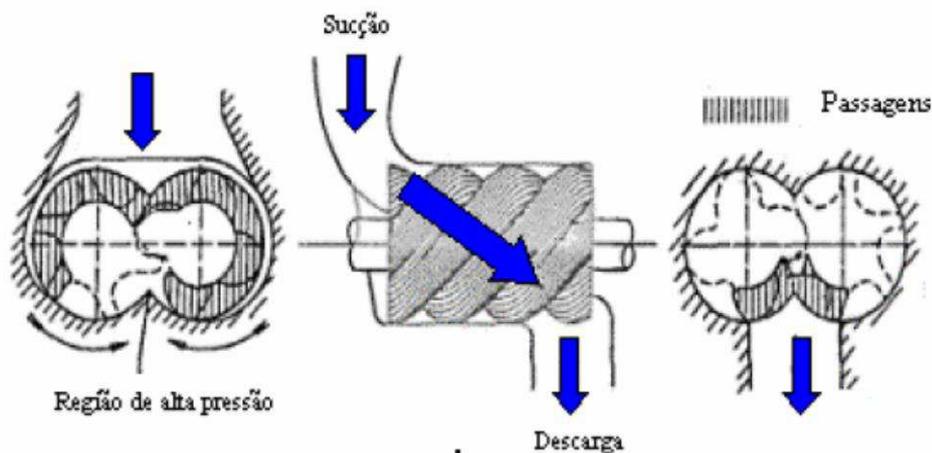


Figura 2.4. Funcionamento de um compressor de parafusos.

Fonte: adaptado da UNICEN.

2.4. Injeção Eletrônica

Os motores aeronáuticos foram os primeiros motores com injeção de gasolina, desenvolvidos pelo francês Leon Levavasseur, no início do século XX. Entretanto, só foram introduzidos em automóveis após a segunda guerra mundial. Que segundo CONTESINI (2015), após o conflito o hot rodder Stu Hillborn elaborou um sistema de injeção indireta para os motores V8 Flathead. Em 1960, a BOSCH elaborou o sistema D-Jetronic, sendo “D” abreviatura da palavra alemã “Druck”, que significa pressão, apresentado a primeira vez em 1967 no VW 1600 TL/E, e em 1974 foi lançada uma evolução do D-Jetronic, o L-Jetronic, sendo “L” abreviatura de “Luft”, que significa ar, onde o mesmo tem a capacidade de definir a quantidade de ar a partir do sensor de fluxo, temperatura e pressão de ar, conhecidos atualmente como MAF, sensor de temperatura e MAP, respectivamente.

Esse sistema de injeção apresenta diversas vantagens em relação ao sistema carburado, como: Otimização do desempenho do motor e economia de combustível devido a precisão aferida por meio de sensores; Aumento da vida útil proveniente da facilidade de manutenção do sistema; Redução da emissão de gases poluentes na atmosfera.

2.4.1. Módulo de Controle de Injeção ECU

Segundo RIBBENS (1998), o objetivo principal do módulo de controle de injeção é manter a relação estequiométrica entre as massas de ar e combustível na mistura admitida pelo cilindro, além disso, o mesmo é responsável pelo ponto de ignição, tempo de câmara de combustão variável e controle de emissões. É uma placa integrada por diversos componentes eletrônicos, cada um com uma finalidade, entre seus resistores, diodos e capacitores, os mais importantes são os processadores de ROM e RAM. Na memória ROM estão armazenados os dados sobre o motor durante a sua fabricação, esses dados preestabelecidos orientam o funcionamento da injeção, de acordo com os parâmetros de operação do motor, esses dados podem ser alterados, essa memória pode sofrer reprogramação. A memória RAM grava informações geradas durante o seu funcionamento, essas informações são relacionadas com as informações da memória ROM para a otimização do sistema de injeção.

A princípio, o funcionamento da ECU é simples, resumidamente, ela capta sinais enviados pelos sensores, processa esses sinais e envia aos atuadores.



Figura 2.5. Diagrama básico com principais estágios de funcionamento da ECU.

Fonte: adaptado de Balenovic (2002).

De acordo com TEIXEIRA (2007), o controle de injeção é fundamental, pois garante a quantidade ideal de combustível para manter o motor funcionando em todos os pontos de operação, além de permitir acelerações rápidas e partidas a frio. Já o controle de ignição garante a ocorrência de uma centelha no instante adequado e com energia suficiente para iniciar a combustão da mistura. Por fim o controle de marcha lenta mantém o motor em funcionamento quando a válvula borboleta está totalmente fechada. Os outros controladores são utilizados para ganho de desempenho, melhoria de dirigibilidade e minimização das emissões, sendo empregados em sistemas comerciais e na área de competições automobilísticas. Além destas funções, as ECU's modernas são responsáveis também pelo acionamento de dispositivos como bomba de combustível, ventilador de refrigeração forçada,

válvula do canister, entre outros. Um diagrama básico deste módulo está retratado na Figura 2.6.

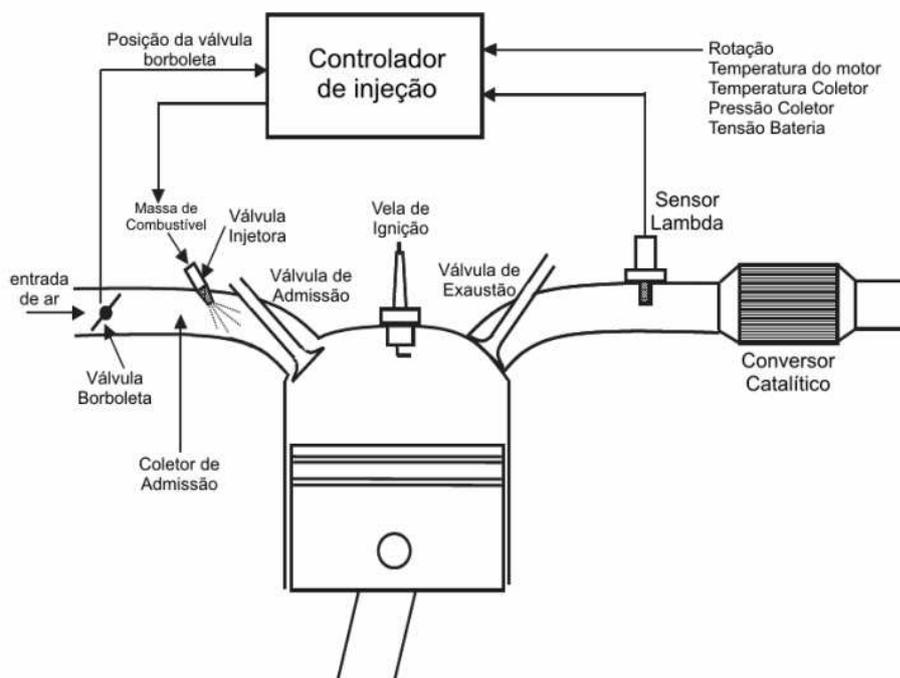


Figura 2.6. Sistema típico de controle de injeção.

Fonte: adaptado de Balenovic (2002).

2.4.2. Sensores

Segundo LIMA (2016), os sensores são componentes instalados no veículo e/ou motor e seus agregados. Os sensores enviam informações por sinais elétricos ao módulo de gerenciamento eletrônico, que ao ser programado fará as correções em todo o sistema de injeção, ignição e atuadores de acordo com cada estratégia.

- Temperatura do Ar:

De acordo com o catálogo da fabricante, a MTE-THOMPSON, esse sensor indica com precisão tanto para o painel do veículo, como para a ECU da injeção eletrônica o valor exato da temperatura do ar admitido no interno do coletor;

- MAP:

Segundo o manual técnico da PANDOO, o sensor MAP fornece ao módulo de injeção eletrônica a pressão absoluta presente no coletor de admissão, com esta informação junto à

temperatura do ar, calcula-se a quantidade de ar admitida pelo motor, fazendo com que possa obter a quantidade ideal de combustível para a queima. Deve ser instalado distante da borboleta de aceleração, entre a borboleta e o cabeçote.

- Rotação:

O sensor de rotação, conforme a ACDELCO, é responsável por medir a velocidade de rotação do motor em RPM. Existem dois tipos de sensores de rotação, tipo “Hall”, que são capazes de gerar um sinal de onda quadrada proporcional à rotação do motor, pois recebe uma variação de tensão máxima ou nula. E o tipo indutivo, trabalha com tensão alternada capaz de gerar um sinal de tensão senoidal e proporcional à rotação do motor.

- Fase:

Emite as informações obtidas para o módulo de injeção com o intuito de realizar o cruzamento com o sensor de rotação. De acordo com o suporte técnico da Pandoo, o mesmo permite trabalhar com ignição sequencial, pois informa para a ECU (Electronic Control Unit), antes ou após o PMS do cilindro 1.

- Lambda:

Executa a medição dos gases de escape, analisando o ponto estequiométrico (rico ou pobre), comparando o teor de oxigênio presente nos mesmos em relação ao ambiente. E a partir dessa medição a ECU comanda o pulso de injeção, aumentando quando houver mistura pobre e diminuindo quando houver mistura rica. Este sensor também é capaz de identificar o combustível utilizado em caso de motores bicomcombustíveis, sendo eles álcool ou gasolina.

- TPS:

Conforme a MTE-THOMPSON, esse sensor exerce a função de enviar informação para o motor para ajustar o avanço da ignição e controlar a relação ar/combustível. Ele é responsável por ajustar o enriquecimento nas acelerações de acordo com a abertura da TBI ou empobrecimento da mistura nas desacelerações. Localizado no corpo da borboleta de aceleração ou no pedal do veículo, o TPS envia um sinal elétrico e com esta informação o computador define quanto de combustível vai injetar.

- Temperatura do Motor:

Fornece a temperatura do fluido de arrefecimento do motor, sendo capaz de determinar o momento ideal para o acionamento da ventoinha.

2.4.3. Atuadores

Segundo LIMA (2006), os atuadores são componentes eletromecânicos acionados pelo módulo de controle da injeção. O trabalho dos atuadores também é determinado pelo programador de acordo com as necessidades do motor.

- Bicos injetores:

“Os bicos injetores são componentes de extrema precisão, responsáveis por pulverizar finamente o combustível na câmara de combustão do motor. Quanto melhor for a pulverização, maior será o rendimento do motor”, BOSCH. Por meio desta definição, sabe-se que os bicos são responsáveis por suprir a mistura de ar-combustível ao injetar a quantidade de combustível ideal após a obtenção da quantidade de ar que foi admitido. A quantidade de combustível injetada pelos mesmos é dependente do tempo de abertura enviado pela ECU, que aciona um solenoide deslocando um êmbolo para que ocorra a abertura da válvula, porém existe o Deadtime do bico, que é o tempo que ele leva para abrir, sendo calculado e programado junto a central.

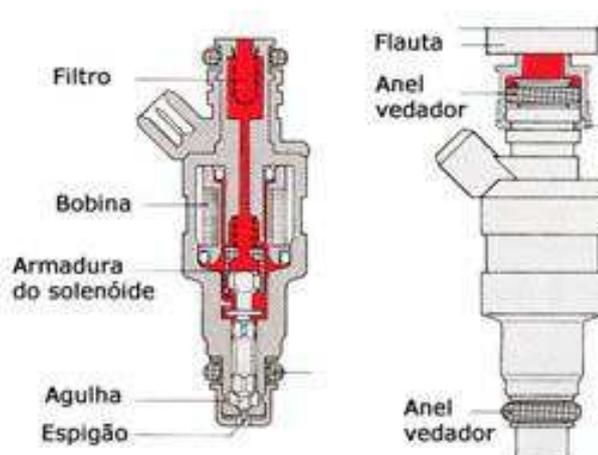


Figura 2.7. Bicos injetores.

Fonte: adaptada de Sistemas Automotivos (2009).

- Atuador de Marcha Lenta:

O atuador de marcha lenta é responsável por manter a rotação mínima do motor sem que o motorista esteja acelerando. O mesmo atua de forma a compensar exigências que o motor sofre ao longo de seu funcionamento, ou seja, ao acionar ar condicionado, ventoinha do radiador ou componentes que exigem carga do motor, o atuador de marcha lenta faz com que o motor receba mais ar e a injeção encaminhe mais combustível para manter a rotação mínima.

- TBI (Corpo de Borboleta):

Ao acelerar um veículo, o acelerador aciona o corpo de borboleta, fazendo com que um giclê libere uma abertura proporcional ao acionamento do acelerador, dando entrada ao ar a ser admitido. Este atuador pode ser encontrado com acionamento a cabo, controlada somente pelo motorista, ou acionamento eletrônico, controlada pela ECU, impedindo um consumo de combustível elevado, de acordo com a central instalada no motor.

- Bobina de ignição e Velas:

“A função da bobina de ignição é transformar a tensão do sistema de alimentação do veículo, que normalmente varia de 12 a 14V em alta tensão. Esta alta tensão pode chegar a 45.000V. A alta tensão da bobina é conduzida pelos cabos de ignição até as velas, onde é convertida em uma centelha que dará início à reação de queima de combustível”, NGK. A conversão de baixa em alta tensão, ocorre a partir do princípio da indução eletromagnética, onde o circuito primário da bobina recebe a corrente de alimentação (tensão baixa), gerando uma variação magnética na bobina, induzindo o circuito secundário a encaminhar uma corrente (tensão alta) em forma de centelha para as velas.

- Ventoinha do Radiador:

O motor sendo uma máquina térmica, detém de um alto índice de calor, porém possui parâmetros de funcionamento ideal, onde deve ser mantido em uma temperatura limite, sendo resfriado pelo sistema de arrefecimento. A ventoinha sendo o atuador deste sistema é acionada através da ECU, após receber sinais do sensor de temperatura do motor que podem indicar que o mesmo está em temperatura acima do ideal (normalmente na faixa de 90°C a 110°C).

- Bomba de Combustível Elétrica:

As bombas podem ser encontradas de dois tipos, interna ou externa ao tanque. A interna trabalha submersa, aspirando o combustível diretamente do fundo para as mangueiras de abastecimento que ligam aos bicos injetores. Já a externa trabalha fixada ao chassi, próxima ao tanque sugando o combustível.

- Válvula Canister ou Válvula Purga:

Esta válvula absorve os gases de evaporação do combustível encontrados no tanque do veículo, armazenando-o em um reservatório para posteriormente utiliza-lo na combustão do motor.

3. MODELAGEM TEÓRICA

O projeto a ser abordado inicia na escolha do compressor ideal, devido ao motor VHC-E ser um 1.0, o supercharger escolhido para tal projeto foi o EATON M24, mencionado anteriormente a utilização do FORD FIESTA, outro ponto levado em consideração na decisão é o fato que devido ao M24 não possuir grande dimensão, a temperatura de descarga não chega a valores que necessitam intercooler.

Após a decisão do supercharger, é preciso iniciar cálculos para análise alterações que ocorrerão ao longo do sistema correspondente ao ciclo Otto. Inicialmente será decidido a melhor relação entre polias, pois como dito, os supercharger funcionam a base de polias e correia, portanto é necessário calcular a relação entre polias (virabrequim e supercharger), que foi decidida a partir das rotações limites dos dois sistemas, como rotação máxima do motor, em torno de 7000 rpm, em relação a do compressor de 18000 rpm, a partir dos dados disponibilizados pela fabricante EATON (Anexo 1).

$$\frac{18000 \text{ rpm (Compressor)}}{7000 \text{ rpm (Motor)}} = 2,57 \quad (1)$$

Logo a relação entre as polias do eixo virabrequim e do eixo do supercharger é 2,57, a partir desses dados e adotando a rotação máxima do motor como 7.000 rpm, a rotação

normalmente utilizada na troca de marchas como 3.000 rpm e a rotação de marcha lenta como 1.000 rpm, podemos decifrar as rotações do supercharger em cada instante.

Tabela 3.1. Rotações Motor e Compressor.

RPM do Motor	RPM do Compressor
7000	18000
3000	7710
1000	2570

A razão de compressão é outro ponto a ser descoberto para obter os resultados, utilizando dados como, a pressão atmosférica igual a 101 kPa (P1) e a pressão usual do compressor na adaptação como 0,8 bar, ou 80 kPa (P2), podemos calcular a partir das pressões absolutas ($P2 = 101 + 80 = 181\text{kPa}$).

$$\frac{P2}{P1} = \frac{181 \text{ kPa}}{101 \text{ kPa}} = 1,8 \quad (2)$$

A partir dos dados já descobertos, pode-se dar início ao resultado das eficiências do projeto, iniciando com a eficiência volumétrica, que seria a real quantidade de ar que será admitido pelo M24 em tal rotação, ou seja, quanto maior a eficiência volumétrica, maior será a vazão do ar. Então, seguindo a tabela no Anexo 1, possuindo uma vazão inicial de 370 cm^3/rot .

Logo, ao relacionar a vazão com o tempo, não mais com a rotação, a partir das rotações mencionadas anteriormente, e corrigindo de acordo com as eficiências volumétricas de cada rotação (Anexo 2), temos.

Tabela 3.2. Vazão Corrigida do Compressor

Vazão (cm^3/min)	Vazão (m^3/h)	Vazão Corrigida (m^3/h)
6656300	399,378	359,04
2852700	171,162	140,87
950900	57,05	33,03

A segunda eficiência a ser descoberta é a eficiência politrópica, a descoberta da mesma interfere no cálculo para a eficiência isentrópica que por sua vez, determina a temperatura de descarga do ar em cada instante. Quanto a eficiência politrópica, pode ser determinada a partir do Mapa de Eficiência Politrópica (Fig. 3), ao relacionar razão de compressão com vazão.

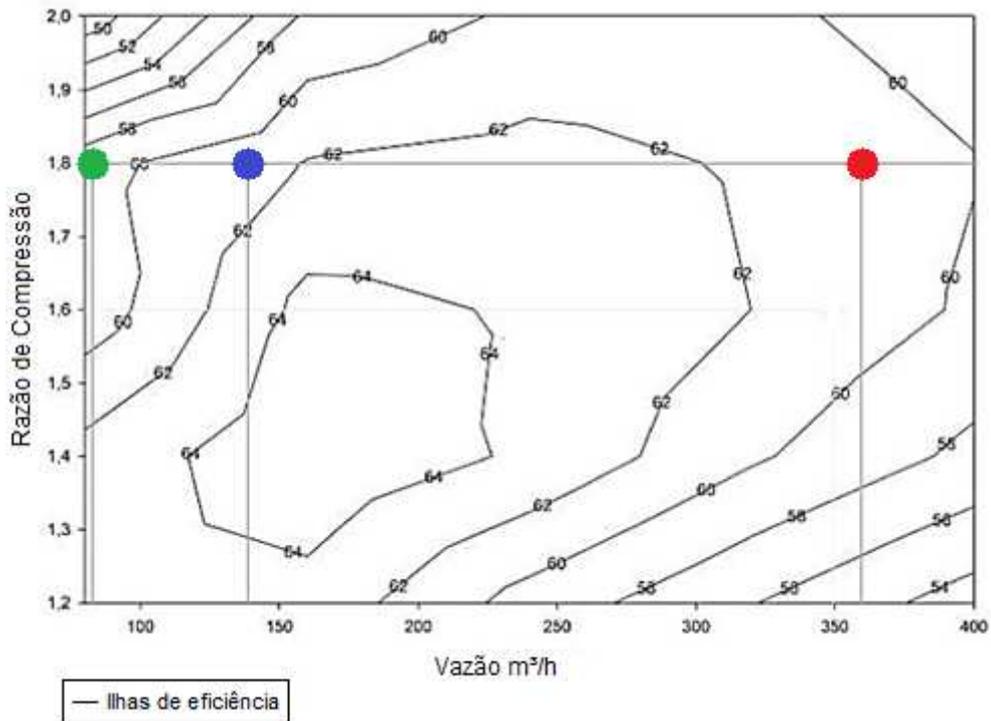


Figura 3.1. Mapa de eficiência politrópica.

Em relação a eficiência isentrópica pode ser extraída a partir da equação (3).

$$\frac{n-1}{n} = \frac{k-1/k}{\epsilon} \quad (3)$$

Onde, k é a razão de calores específicos do ar, encontrada no Anexo 3, e ϵ é a eficiência politrópica. Ao substituir, temos.

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1,4-1/1,4}{\epsilon} \quad (4)$$

Retirando as eficiências politrópica de cada rotação e aplicando na fórmula acima, obtemos.

Tabela 3.3. Eficiência Politrópica e Isentrópica

RPM do Compressor	E. Politrópica	E. Isentrópica
18000	61% (vermelho)	47%
7710	61% (azul)	47%
2570	59% (verde)	48%

Como mencionado, a eficiência isentrópica é utilizada para determinar a temperatura real de descarga do compressor, sabendo que a temperatura de admissão é 29°C, ou 302 K (T1). A temperatura de descarga (T2) pode ser obtida a partir de tal fórmula.

$$T2 = \frac{p2^{n-1/n}}{p1} \cdot T1 = \frac{181^{n-1/n}}{101} \cdot T1 \quad (5)$$

Assim, de acordo com cada eficiência isentrópica obtida a partir de cada rotação, determina-se as temperaturas de descarga.

Tabela 3.4. Temperatura de Descarga do Compressor

Temperatura de Descarga (K)	Temperatura de Descarga (°C)
397,72	124,72
397,72	124,72
401,44	128,44

A partir dos resultados encontrados, será determinado valores para o motor VHC-E, como a sua eficiência calorífica, ou seja, a perda de potência que o motor tem a partir do calor dissipado, devido ao VHC-E ser um motor de ciclo Otto, é regido a partir do Ciclo de Ar- Padrão Otto.

De acordo com MORAN (2016), temos que o motor de ciclo de ar-padrão Otto, segue os seguintes processos:

Processo 1-2: é uma compressão isentrópica do ar conforme o pistão se move do ponto morto inferior para o ponto morto superior.

Processo 2-3: é uma transferência de calor a volume constante para o ar a partir de uma fonte externa enquanto o pistão está no ponto morto superior. Esse processo tem a intenção de representar a ignição da mistura ar-combustível e a queima rápida que se segue.

Processo 3-4: é uma expansão isentrópica (curso de potência).

Processo 4-1: completa o ciclo através de um processo a volume constante no qual o calor é rejeitado pelo ar conforme o pistão está no ponto morto inferior.

O processo descrito é regido a partir das fórmulas (6), (7), (8), (9).

$$v_{r2} = \frac{v_{r1}}{r} \quad (6)$$

$$P_f = P_i \cdot \frac{T_f}{T_i} \quad (7)$$

$$v_{r4} = v_{r3} \cdot r \quad (8)$$

$$\eta = 1 - \frac{u_4 - u_1}{u_3 - u_2} \quad (9)$$

Onde:

v_r – Volume específico

r – Taxa de Compressão do motor, 12,6:1

P – Pressão

T – Temperatura

u – Energia interna por unidade de massa

η – Rendimento Calorífico

i,f – Inicial e Final

Adotando o instante inicial como o momento de descarga do compressor, temos a pressão inicial como a pressão de saída, 181kPa ou 1,78 atm, e a temperatura inicial sendo a temperatura de descarga em cada rotação como descoberto anteriormente. E estimando que na situação 3, sendo o momento de queima, adota-se $T_3 = 1726,85^\circ\text{C}$ ou 2000K. Juntando dados mencionados com dados encontrados no Anexo 4, gera-se a tabela abaixo com o resultado da eficiência calorífica do motor em cada rotação.

Tabela 3.5. Eficiência Calorífica

Rotação		
7000 rpm	3000 rpm	1000 rpm
Situação 1		
$T_1 = 397,72\text{K}$	$T_1 = 397,72\text{K}$	$T_1 = 401,44\text{K}$
$P_1 = 1,78\text{atm}$	$P_1 = 1,78\text{atm}$	$P_1 = 1,78\text{atm}$
$u_1 = 284,51$	$u_1 = 284,51$	$u_1 = 287,21$
$v_{r1} = 306,1$	$v_{r1} = 306,1$	$v_{r1} = 299,0$
Situação 2		
$T_2 = 1012,11\text{K}$	$T_2 = 1012,11\text{K}$	$T_2 = 1020\text{K}$
$P_2 = 56,55\text{atm}$	$P_2 = 56,55\text{atm}$	$P_2 = 57,52\text{atm}$
$u_2 = 769,3$	$u_2 = 769,3$	$u_2 = 776,1$
$v_{r2} = 24,30$	$v_{r2} = 24,30$	$v_{r2} = 23,72$

Cont. Tabela 3.5. Eficiência calorífica

Situação 3		
$T_3 = 2000\text{K}$	$T_3 = 2000\text{K}$	$T_3 = 2000\text{K}$
$P_3 = 111,74\text{atm}$	$P_3 = 111,74\text{atm}$	$P_3 = 112,78\text{atm}$
$u_3 = 1678,7$	$u_3 = 1678,7$	$u_3 = 1678,7$
$v_{r3} = 2,776$	$v_{r3} = 2,776$	$v_{r3} = 2,776$
Situação 4		
$T_4 = 894,19\text{K}$	$T_4 = 894,19\text{K}$	$T_4 = 894,19\text{K}$
$P_4 = 4,00\text{atm}$	$P_4 = 4,00\text{atm}$	$P_4 = 3,96\text{atm}$
$u_4 = 669,75$	$u_4 = 669,75$	$u_4 = 669,75$
$v_{r4} = 34,98$	$v_{r4} = 34,98$	$v_{r4} = 34,98$
Rendimento		
$\eta = 57,64\%$	$\eta = 57,64\%$	$\eta = 57,62\%$

A Potência, ou seja, a força a partir da queima, realizada sobre o pistão que ocasiona a rotação do eixo em um determinado instante, informa quantos cavalos-vapor o motor possui, assim podendo determinar o aumento gerado pelo supercharger Eaton M24. No entanto, a forma mais eficaz para determinação da potência é por meio de dinamômetro, devido a isso, o valor resultante somente será um valor teórico.

Utilizando a equação descrita por Carlos Alberto Alves Varella (UFRRJ) em sua aula sobre “Estimativa da Potência dos Motores de Combustão Interna”, mencionada abaixo, podemos deduzir a potência em cada rotação que estão sendo analisadas.

$$Pot = \frac{P_c \cdot Q_c \cdot 4186}{3,6 \times 10^6 \cdot 0,73551} \cdot \eta \quad (10)$$

Onde:

Pot – Potência (cv)

P_c – Poder Calorífico do Combustível (Anexo 5)

Q_c – Vazão Mássica do Combustível (kg/h)

η – Rendimento das Rotações (7000rpm, 3000rpm e 1000rpm)

Como observado na fórmula, há necessidade de determinar as vazões mássicas dos combustíveis utilizados no projeto (Etanol e Gasolina) em cada rotação, portanto a partir da Tabela 2, podemos extrair as vazões de ar corrigidas e convertê-las para as vazões mássicas do combustível por meio da relação estequiométrica (Anexo 5).

Tabela 3.6. Vazões Mássicas dos Combustíveis (Etanol e Gasolina).

Vazão do Ar Corrigida (m ³ /h)	Vazão Mássica do Ar (kg/h)	Vazão Mássica do Etanol (kg/h)	Vazão Mássica da Gasolina (kg/h)
359,04	464,17	51,40	30,90
140,87	182,11	20,17	12,12
33,03	42,71	4,73	2,84

Após obtermos todos os dados necessários, podemos determinar os valores das potências em cada rotação e gerar o gráfico da potência de cada combustível.

Tabela 3.7. Potência do Motor com Supercharger

Rotação (rpm)	Potência Etanol (cv)	Potência Gasolina (cv)
1000	31,01	29,47
3000	132,29	125,69
7000	337,18	320,36

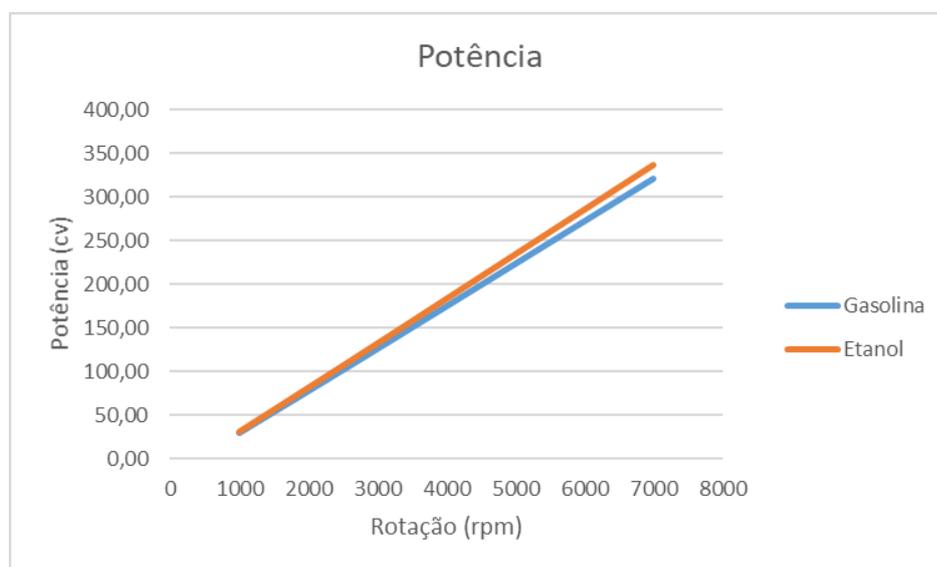


Figura 3.2. Potência teórica do motor sobrealimentado com supercharger.

Em relação ao torque do motor após a adaptação, pode ser calculado através da equação (11).

$$T = \frac{Pot \cdot 716,2}{n} \quad (11)$$

Onde, o Pot equivale a potência obtida anteriormente e o n a rotação em cada situação, assim o gráfico do torque está descrito na Figura 3.3.

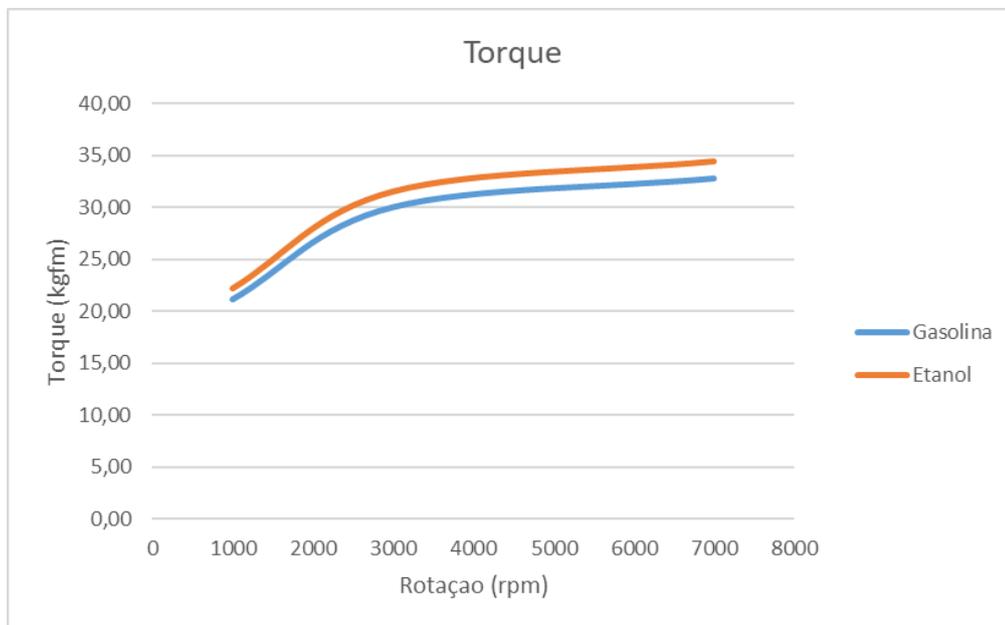


Figura 3.3. Torque teórico do motor sobrealimentado com supercharger.

Analisando esses gráficos, nota-se valores elevados para uma real potência que pode ser obtida, então para melhor comparar com a adaptação real que será feita no motor, será adotado um eficiência mecânica, ou seja, a perda que o motor possui ao movimentar todas as suas partes mecânicas, de 45%, isso faz com que a potência máxima que estava descrita como 337,18cv (etanol) e 320,36cv (gasolina) se tornam 151,73cv (etanol) e 144,16cv (gasolina), e o torque máximo seja de 15,75kgfm (etanol) e 15,3kgfm (gasolina).

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Inicialmente, antes de realizada qualquer alteração do veículo, foram buscadas informações referentes à legalização no Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN). Onde foi solicitada uma autorização para o projeto ser colocado em prática. O veículo é inspecionado antes e após as alterações, para certificação e obtenção do número do Certificado de Segurança Veicular (CSV).

Após efetuar procedimentos de legalização junto a órgãos responsáveis. O projeto se inicia no motor VHC-E original, encontrado no cofre do veículo Celta LT, como na Figura 4.1.



Figura 4.1. Motor VHC-E original.

Em um projeto de sobrealimentação, os principais componentes a serem analisados para substituição são os que compõem o sistema de admissão do ar. O primeiro estágio então será a troca do coletor, isso ocorrerá devido o coletor original ser feito de plástico, não dando uma confiança necessária para a pressão na qual será imposta pelo supercharger, além da geometria do mesmo não facilitar para a instalação, porém o coletor escolhido será o coletor de admissão GM encontrado no modelo do Celta 2007, feito de alumínio e possuindo uma geometria que facilita a adaptação ao supercharger (Figura 4.2).



Figura 4.2. Coletor de admissão de alumínio.

O ar depois de admitido e efetivamente queimado junto ao combustível é expelido por meio do coletor de escape, assim como em motores comuns, no entanto, com a adaptação, os gases de exaustão necessitarão de mais facilidade ao saírem por estarem em maior quantidade, podendo ocasionar turbulência, ocasionando um “entupimento” nos dutos de saída, devido a isto, o coletor de escape original dará espaço ao coletor de escape dimensionado (também conhecido como coletor 4x1, Figura 4.3), na qual possui dutos mais longos individuais a cada cilindro, dando mais volume ou “espaço” para que os gases sejam expelidos sem gerar turbulência entre eles logo nas proximidades da válvula de escape.



Figura 4.3. Coletor de escape dimensionado – 4x1.

Com os coletores devidamente instalados, foi realizada uma análise quanto ao posicionamento e dimensões para a confecção das peças de conexão, uma para o encaixe da TBI ao supercharger (Figura 4.4a), por onde o ar entrará no mesmo e outro para a passagem do ar do supercharger ao coletor de admissão (Figura 4.4b), no qual neste conjunto ocorrerá a pressurização do ar. A modelagem das peças foi realizada no software Solidworks de acordo com as dimensões necessárias, tanto para efetuar a conexão quanto para ter uma boa vedação, de modo a não haver nenhum espaço entre os componentes para escapamento de ar, uma vez que a pressão do ar transmitido é de 0,8 bar.

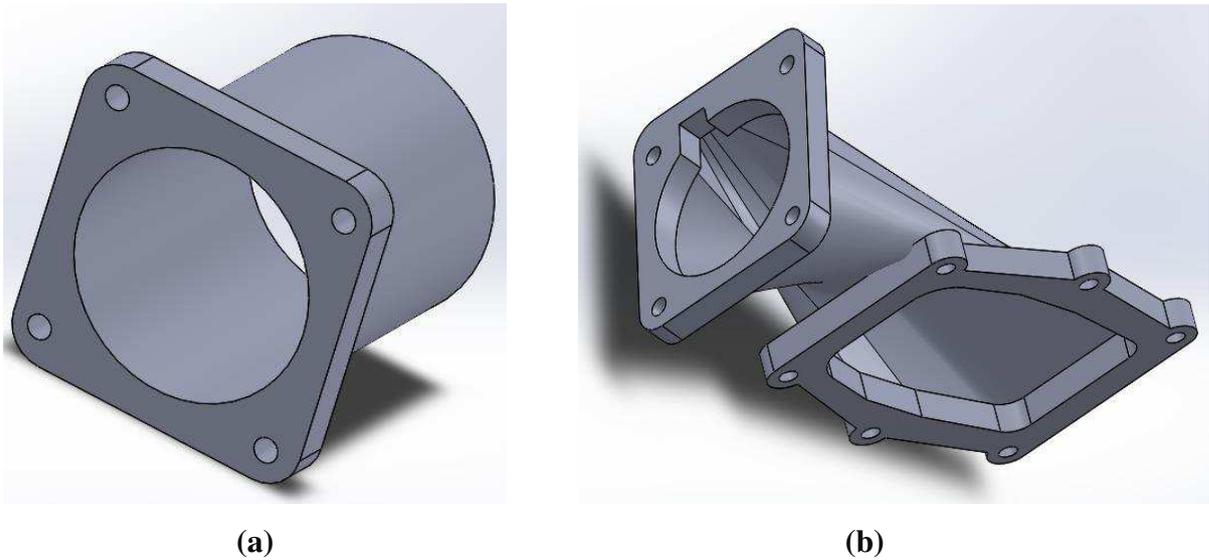


Figura 4.4. (a) Suporte do supercharger para a TBI e (b) Suporte do supercharger para o coletor.

Junto ao suporte de ligação entre o M24 e o coletor de admissão, instala-se uma válvula de prioridade, sendo um dispositivo de segurança, a mesma impede o retorno do ar comprimido ao supercharger, evitando danos materiais. Esta válvula recebe em sua parte superior, uma mangueira interligada ao coletor por onde detecta a pressão interna do mesmo, após determinar por meio de um parafuso a que pressão limite aquela válvula permitirá o trabalho do ar, a mesma expelle qualquer diferença de pressão acima do valor predefinido por meio de um diafragma em seu interior, ao expelir este percentual de ar a válvula gera um efeito sonoro em forma de “espirro”, no entanto, por questão de conforto ao motorista, a saída do ar foi deslocado ao intake do filtro de ar, abafando o efeito sonoro e tornando-a silenciosa.

Para uma melhor fixação do supercharger foi feita uma adaptação no suporte do alternador, de modo a acrescentar uma chapa de ferro de espessura de 8mm.

O supercharger EATON M24 (Figura 4.5) fixado de forma correta junto aos suportes, encaixando-o primeiramente junto ao coletor, em seguida, recebendo a TBI com o filtro de ar, que no caso, foi adaptado com um duto intake de alumínio e substituído pelo filtro de ar esportivo (Figura 4.6), que difere do original ao possuir camadas de filtragem que agem em tamanhos variados de grãos ao longo do percurso do ar, ocasionando uma maior passagem de ar.



Figura 4.5. Supercharger EATON M24.



Figura 4.6. Intake e filtro de ar esportivo.

O supercharger já conectado ao coletor foi interligado ao eixo por meio de uma correia com dimensões necessárias para acoplar os acessórios originais do veículo junto ao supercharger a ser acionado pelo eixo virabrequim.

Para a instalação da nova injeção eletrônica PANDOO, apresentada na Figura 4.7, foi realizada uma análise nas posições de cada um dos sensores e atuadores, pois cada um dos fios tem seu próprio local para conexão, seguindo o diagrama demonstrado na Figura 4.8, e assim foram definidos os comprimentos de cada um desses fios. Posteriormente, a caixa de fusíveis foi esquematizada e instalada no painel do carro.



Figura 4.7. Injeção eletrônica programável.

DIAGRAMA ELÉTRICO - PANDOO

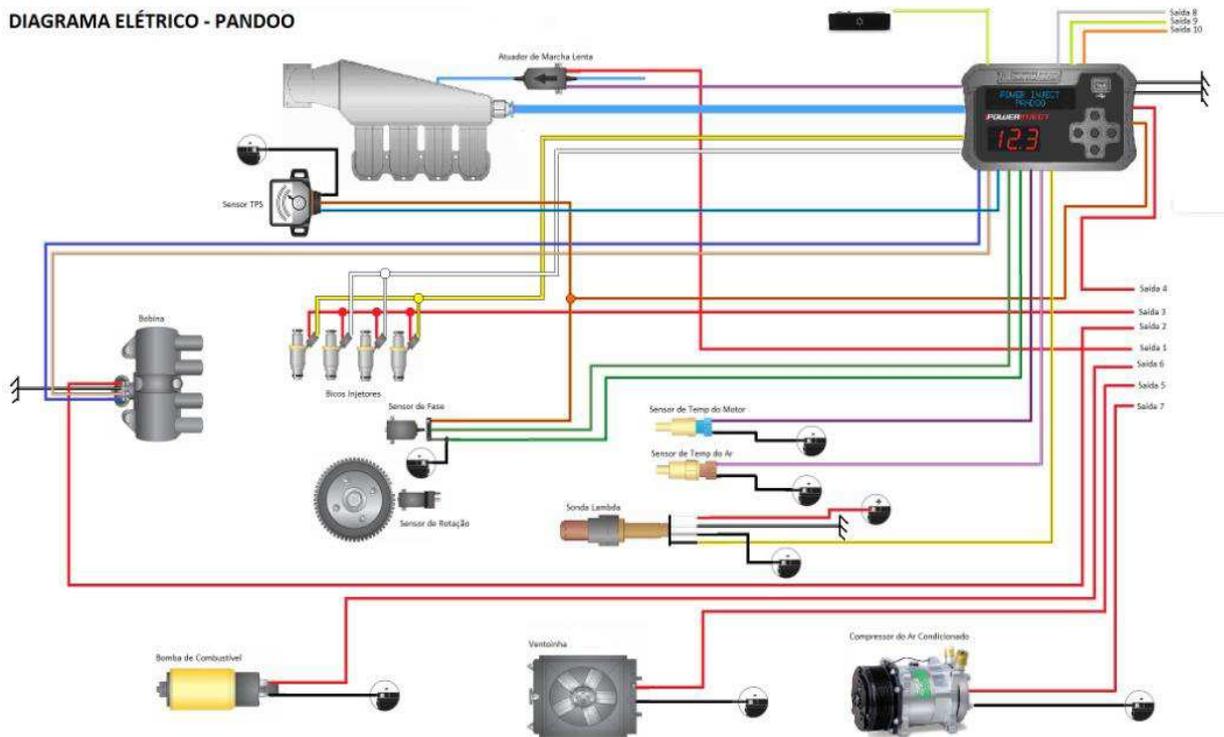


Figura 4.8. Diagrama elétrico do módulo de injeção PANDOO.

CAIXA DE FUSÍVEIS

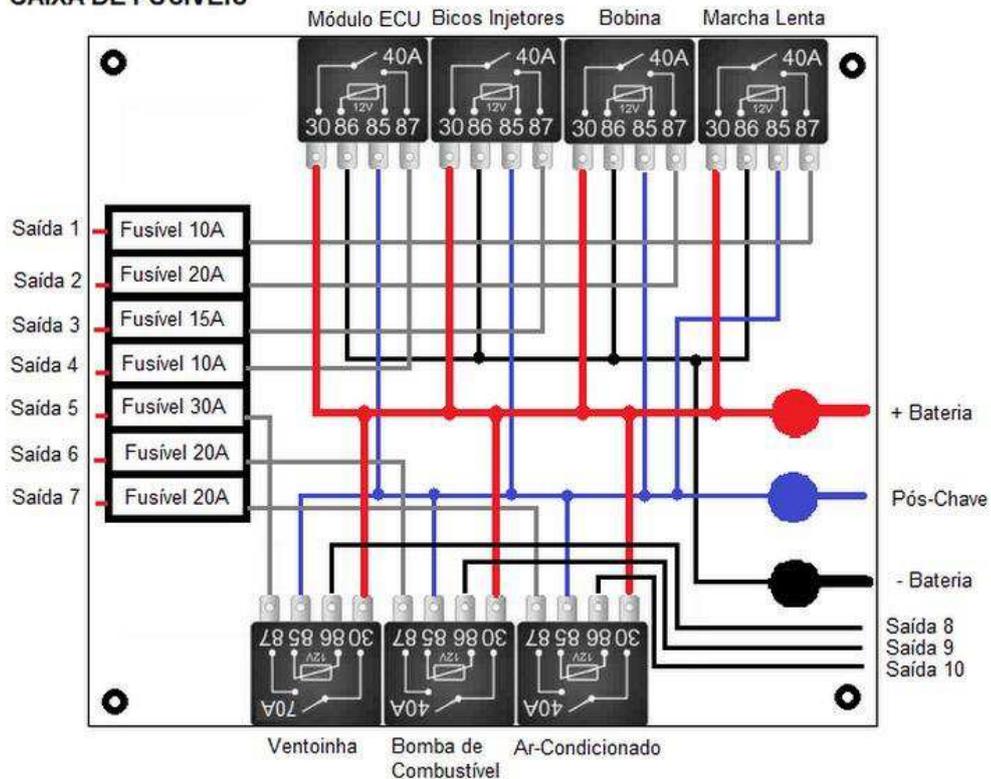


Figura 4.9. Diagrama caixa de fusíveis.

Logo, por meio do diagrama demonstrado na Figura 4.8, analisa-se os sensores e atuadores necessários para o funcionamento da PANDOO. Iniciando pelos sensores, os sensores de rotação, de fase, de temperatura do motor e sonda lambda foram mantidos originais do veículo, sendo capazes de se adaptarem a injeção programável. Somente no caso da sonda lambda, que a original é do modelo Narrowband, ou seja, sonda de banda estreita, sendo imprecisa em suas medições. Portanto, a ideal para tal projeto seria uma Sonda Wideband (banda larga), com medição precisa e melhor forma de controlar a mistura ar combustível.

Em relação aos sensores substituídos para a adaptação, foram, o sensor TPS, o sensor de temperatura do ar (acoplado no coletor de admissão) e o sensor MAP (incorporado ao módulo da injeção PANDOO).

Contudo, os atuadores sofreram mais necessidade de adaptação ao projeto. Em relação a bobina de ignição, foi necessário devido a original de fábrica não possuir módulo de ignição interna, porém substituída por um modelo semelhante geometricamente, mas possuindo ignição interna. A TBI também foi substituída, sendo instalado um corpo de borboleta com 50mm de diâmetro para melhor entrada de ar a partir da aceleração imposta pelo motorista,

também devido ao acionamento, pois a TBI original era eletrônica e o módulo da PANDOO não possui suporte para o controle, portanto o corpo de borboleta instalado possui acionamento a cabo.

A PANDOO possui um controle de marcha lenta chamado de controle por PWM, onde o mesmo funciona por meio de um solenoide que controla a entrada de ar necessária para manter a rotação mínima do motor de acordo com as exigências do mesmo e impostas pelo usuário do módulo, ou seja, caso o ar condicionado do veículo seja ligado, o motor sofrerá uma exigência maior, ocasionando uma diminuição nas rotações, porém, por meio do controle PWM, o solenoide libera uma maior entrada de ar para manter a rotação na faixa ideal.

Já, para suprir o controle PWM da PANDOO, foi instalado uma válvula canister, como demonstrado, que funciona por meio do solenoide de marcha lenta, liberando a passagem de ar de acordo com o controle do módulo.

Tendo em vista, os bicos injetores foram necessários serem trocados não devido a injeção, mas sim a sobrealimentação, pois devido a maior entrada de ar para a câmara de combustão, seria necessária uma maior quantidade de combustível, portanto, por meio da fórmula utilizada para cálculos de bicos, demonstrada pela FuelTech, encontrada em livros de preparação de motores e utilizada por preparadores.

$$Vazão\ do\ Bico\ \left(\frac{Lb}{h}\right) = \frac{Potência\ do\ Motor \times BSFC \times Combustível}{Número\ de\ cilindros \times 0,80} \quad (12)$$

Onde, o BSFC é a quantidade de combustível queimada por cavalo vapor/hora, correspondendo a valores constantes de acordo com a alimentação do motor, em motores aspirados (BSFC = 0,5) e motores sobrealimentados (BSFC = 0,6). Os 0,80 correspondentes aos 80% de eficiência, normalmente utilizado em projetos por margem de segurança. E o combustível varia entre gasolina (= 1) e álcool (= 1,4)

Assim, tendo o objetivo da potência do motor em 150 cv, o projeto sendo sobrealimentado, o motor possuindo 4 cilindros e flex (calculando-se valores para gasolina e álcool), temos que:

$$Vazão\ do\ Bico_{gasolina} = \frac{150 \times 0,6 \times 1}{4 \times 0,8} = 28 \frac{lb}{h} = 295\ ml/min \quad (13)$$

$$Vazão\ do\ Bico_{álcool} = \frac{150 \times 0,6 \times 1,4}{4 \times 0,8} = 39 \frac{lb}{h} = 413\ ml/min \quad (14)$$

Por meio dos resultados encontrados e utilizando dados do datasheet da BOSCH (Anexo 6), foi substituído os bicos originais, que possuíam vazão de 128 ml/min por bicos do volvo C70 turbo (Figura 4.10) com vazão de 443 ml/min, capaz de suprir a vazão necessária, independente do combustível utilizado.



Figura 4.10. Bicos Volvo C70 turbo.

Após a adaptação da PANDOO e realizada a substituição dos bicos injetores, o mesmo foi necessário ser alimentado por uma bomba de combustível de maior pressão (controlada também pela injeção programável), na qual foi adaptada uma bomba de geometria semelhante, mas capaz de suprir uma pressão de até 8 Bar, sendo ideal para o projeto. Devido ao aumento de pressão de ar internamente ao motor, houve a necessidade do aumento de pressão da linha de combustível, portanto, além da bomba, foi adaptado um dosador de combustível, apresentado na Figura 4.11, capaz de regular a pressão da linha de acordo com a pressão de ar, por meio de uma mangueira da região de pressurização, encaminhada ao mesmo.



Figura 4.11. Dosador de combustível.

No entanto para a linha ser completamente adaptada, foi refeita a linha de retorno após o dosador e substituída a tampa da bomba, pois o regulador de pressão original era fixado na mesma, assim para retirá-lo, foi necessário a substituição da tampa.

Por fim, os dutos de escapamento não são necessários para o funcionamento do veículo, porém por ser um veículo de passeio e necessário a legalização de forma correta, foi adaptado dutos de 2,5 pol, capacitando uma melhor passagem dos gases expelidos, mas não possuindo um diâmetro maior para não ocasionar uma perda de velocidade dos gases ao tentarem preencher grandes espaços, pois a perda de velocidade ocasionaria no mesmo efeito de entupimento dos dutos. Mas ao fim do caminho dos gases, houve a troca do silenciador, por um silenciador esportivo, de saída de 3 pol, corpo de 4 pol e capaz de gerar o efeito sonoro ideal ao motor na qual sofreu tal adaptação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o desenvolvimento dos diagramas, apresentados nas Figuras 4.8 e 4.9, foram desenvolvidos e os resultados estão demonstrados nas Figuras 5.1 e 5.2. Onde é possível visualizar os componentes já em seus devidos lugares para o exercício da função. Os bicos e os sensores com seus próprios conectores ligados à nova injeção eletrônica programável.



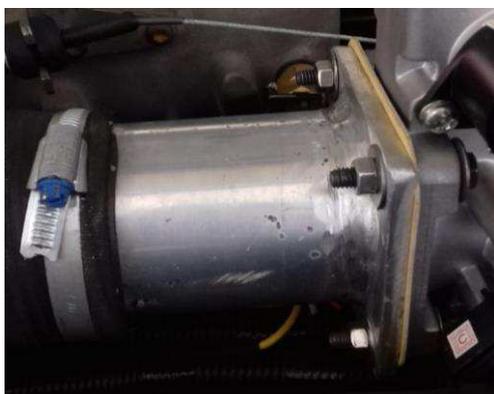
Figura 5.1. Chicote elétrico PANDOO.

Na confecção da caixa de fusíveis foram selecionados os relés de cada um dos atuadores, onde cada um tem suas particularidades, a resistência é uma delas, devido a isso, os fusíveis resistem a diferentes amperagens, o resultado foi positivo, pois as ligações foram efetuadas e o sistema de injeção funcionou efetivamente. A Figura 5.2. ilustra o resultado.



Figura 5.2. Caixa de fusíveis.

Os suportes projetados em Solidworks, quando foram desenvolvidos e alocados no motor, apresentaram resultados favoráveis ao se encaixarem de forma correta em suas devidas posições, sem escapamento de ar (Figura 5.3a) e (Figura 5.3b).



(a)



(b)

Figura 5.3. (a) Suporte de conexão em alumínio do supercharger para a TBI e (b) Suporte de conexão em alumínio do supercharger para o coletor.



Figura 5.4. Motor sobrealimentado com supercharger.

Na Figura 5.4 é mostrado o resultado das alterações no cofre do motor, os resultados da montagem foram satisfatórios, porém a falta de espaço dificultou parte do trabalho.

Assim, para a obtenção do gráfico de torque e potência, o veículo foi levado a uma oficina mecânica que dispôs o dinamômetro de rolos. A Figura 5.5. apresenta o gráfico fornecido e as condições as quais o veículo foi testado, como pressão atmosférica, humidade relativa do ar e temperatura ambiente, pois as mesmas podem influenciar nos testes.

Veículo: Celta LT
Motor: 1.0L VHC-E - Supercharger - Álcool
Configuração: Motor Transversal / Tração Dianteira

Dados de medição:

Data do teste: 14/06/2018 – 15:30 Temp. ambiente: 30,5°C
Pressão atmosférica: 918 mbar Umidade relativa: 74%

Potência Máxima: 105,6 CV (77,6 kW) @ 6000 rpm

Torque Máximo: 14,9 kgfm (146,12 Nm) @ 3800 rpm

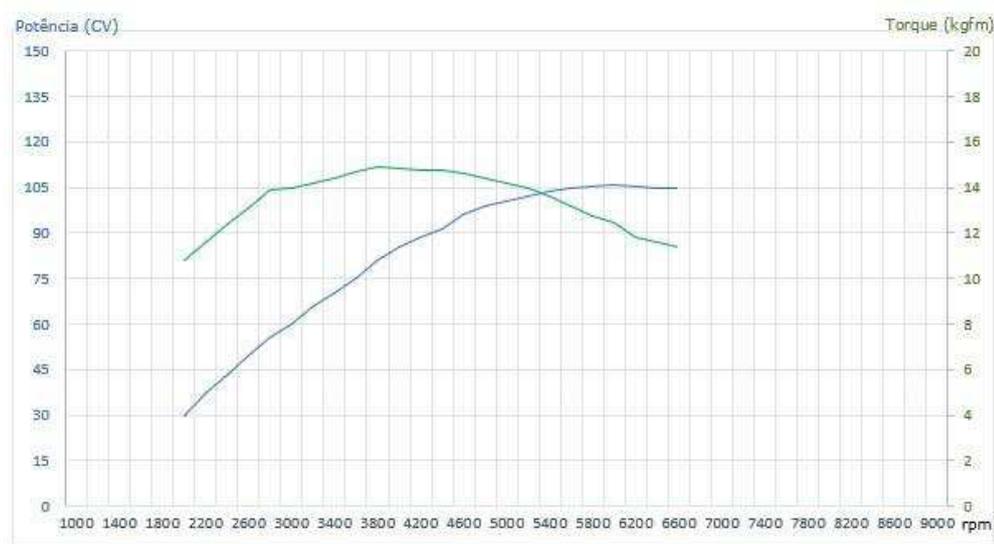


Figura 5.5. Gráfico de potência e torque elaborado por dinamômetro.

Ao comparar os resultados práticos e teóricos, destacam-se os valores obtidos de potência na Figura 3.2., onde a potência teórica resultante foi de 151,73cv, conseqüentemente, nota-se na Figura 5.5. valores diferentes do esperado, 105,6cv. Essa diferença de resultados pode ter sido consequência, da imprecisão do mapeamento da injeção eletrônica, principalmente pelo fato da sonda lambda ser de banda estreita, ocasionando uma leitura incerta na mistura dos gases exaustados, fazendo com que a leitura seja impossibilitada de definir precisamente a quão pobre ou rica está a mistura dentro da câmara de combustão.

6. CONCLUSÃO

O projeto atingiu resultados próximos ao esperado, podendo alcançar um aumento de 35% da potência original do motor, tendo como diferença (esperados 60% a 80%), a análise teórica ser ideal, sem considerar perdas possíveis ao longo do projeto. Porém, pelos resultados obtidos, com o aumento da potência e torque, pode se afirmar que o motor passou a possuir novas reações em situações que antes eram críticas, como aclives, e esperado em ultrapassagens (ainda não houve testes na rodovia), assim, atingindo o objetivo principal do projeto.

No entanto, com o desenvolvimento deste projeto, puderam ser gerados mais conhecimentos científicos neste tema, pois muitas informações técnicas são restritas a fabricantes de peças e profissionais de preparação de motores.

Os destaques neste projeto foram as dificuldades encontradas, como a aquisição de peças não disponibilizadas facilmente no mercado brasileiro, o desenvolvimento das peças projetadas, por falta de material e profissionais capacitados para fabricação das mesmas, prazos restritos para a adaptação adequada de todos os sistemas a fim de buscar os resultados esperados de acordo com a análise teórica e o custo do projeto.

Em relação ao custo total do projeto (em torno de 8 mil reais, Anexo 7) somado ao valor do veículo (30 mil reais), notou-se que em comparação com veículos 1.0 sobrealimentados disponíveis no mercado, o valor ainda sim é inferior, como o exemplo do VW UP TSI (48 mil reais).

Referências

ADLER, U. **Automotive Electric/Electronic Systems**. Robert Bosch GmbH. Postfach, 50 D7000 Stuttgart 1. Automotive Equipment Product Group. 1988.

BALENOVIC, M. **Modeling and model-based control of a three-way catalytic converter**. Ph.D. thesis 179p. – Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven, 2002.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna: volume 1**. São Paulo: Blucher, 2012.

CERBERUS, A. **Mecânica: Supercharger**. Disponível em: <<https://andrecerberus.com/2010/05/31/mecanica-supercharger/>> Acesso em 15 de março de 2018.

CROUSE, W. H et al. **Automotive Mechanics**. 10. ed. India: McGraw-Hill, 1982.

GARRET. **Turbocharger**. São Paulo – SP. Disponível em <www.turbobygarret.com>. Acesso em 27 de maio de 2018.

LIMA, E. N. **Injeção Eletrônica Programável**. 2. ed. Paraná: AutoTech Editora, 2016.

MAHLE. **Manual Técnico: Curso MAHLE Metal Leve. Motores de Combustão Interna**. 2016.

MAYER, M. – **Turbuchargers – Effective use of exhaust gas energy**. 2nd revised edition, 2001.

MORAN, M. J et al. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016.

MTE-THOMSON. **Catalogo injeção eletrônica**. 6. Ed. Brasil, 2015.

MTE-THOMSON. **Sensor de posição da válvula de aceleração (TPS)**. Disponível em <<https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-tps/>>. Acesso em 30 de maio de 2018.

PANDOO. **Manual de instalação e operação**. Versão do manual 0.42. Brasil

PASSARINI, L. C. **Análise e projeto de válvulas injetoras**. São Carlos: EESC – USP, 2002.

PASSOS, R. **Turbocompressores: entendendo o básico sobre seu funcionamento**. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/turbocompressores-entendendo-o-basico-sobre-seu-funcionamento/>> Acessado em 19 de maio de 2018.

POSSENTI, J. C. **Funcionamento e diferenças entre motores ciclo diesel, ciclo otto dois tempos e quatro tempos**. Paraná: UTFPR, 2014.

PRASHANT, N., PATEL, S. **Performance analysis of ic engine using supercharger and turbocharger-a review**. Maharashtra, 2015.

RIBBENS, W. B. **Understanding Automotive Electronics**, Fifth Edition, Butterworth-Heinemann Publishing Co., Woburn, 1998.

ANEXOS

Anexo 1 – Dados Técnicos – EATON M24

Anexo 2 – Eficiência Volumétrica – EATON

Anexo 3 – Dados do Ar

Anexo 4 – Propriedades do Ar como Gás Ideal – SHAPIRO

Anexo 5 – Propriedades dos Combustíveis

Anexo 6 – Bicos Injetores

Anexo 7 – Custo Total do Projeto

Anexo 1 – Dados Técnicos – EATON M24

EATON M24		
Volume	24	pol ²
Vazão	370	cm ³ /rot
Rotação Limite	18000	RPM
Pressão de admissão mínima	-0,08	bar
Pressão de descarga máxima	0,76	bar

Anexo 2 – Eficiência Volumétrica – EATON

Eficiência volumétrica									
		Rotação							
		4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000
Razão de compressão	1,0	0,990	0,981	0,977	0,972	0,964	0,958	0,949	0,935
	1,2	0,796	0,877	0,914	0,931	0,938	0,938	0,935	0,927
	1,4	0,699	0,820	0,874	0,904	0,918	0,922	0,922	0,916
	1,6	0,631	0,777	0,845	0,881	0,900	0,909	0,910	0,905
	1,8	0,579	0,749	0,823	0,864	0,887	0,898	0,901	0,899
	2,0	0,501	0,728	0,808	0,850	0,876	0,888	0,890	0,889

Anexo 3 – Dados do Ar

Fluido	Fórmula	Massa Molar	Constante do fluido	Calor específico o P. const.	Calor específico o V. const.	Razão de calores específicos
		M[kg/kmol]	R[kJ/kg.K]	C _p [kJ/kg.K]	C _v [kJ/kg.K]	k = C _p /C _v
Ar	--	28,97	0,287	1,005	0,718	1,4
Vapor	H ₂ O	18,015	0,4615	1,8723	1,4108	1,327

Anexo 4 – Propriedades do Ar como Gás Ideal – SHAPIRO

Tabela A.22 Propriedades do Ar como Gás Ideal

T(K), h e u(kJ/kg), s° (kJ/kg·K)											
T	h	u	s°	quando Δs = 0'		T	h	u	s°	quando Δs = 0	
				p _r	v _r					p _r	v _r
200	199.97	142.56	1.29559	0.3363	1707.0	450	451.80	322.62	2.11161	5.775	223.6
210	209.97	149.69	1.34444	0.3987	1512.0	460	462.02	329.97	2.13407	6.245	211.4
220	219.97	156.82	1.39105	0.4690	1346.0	470	472.24	337.32	2.15604	6.742	200.1
230	230.02	164.00	1.43557	0.5477	1205.0	480	482.49	344.70	2.17760	7.268	189.5
240	240.02	171.13	1.47824	0.6355	1084.0	490	492.74	352.08	2.19876	7.824	179.7
250	250.05	178.28	1.51917	0.7329	979.0	500	503.02	359.49	2.21952	8.411	170.6
260	260.09	185.45	1.55848	0.8405	887.8	510	513.32	366.92	2.23993	9.031	162.1
270	270.11	192.60	1.59634	0.9590	808.0	520	523.63	374.36	2.25997	9.684	154.1
280	280.13	199.75	1.63279	1.0889	738.0	530	533.98	381.84	2.27967	10.37	146.7
285	285.14	203.33	1.65055	1.1584	706.1	540	544.35	389.34	2.29906	11.10	139.7
290	290.16	206.91	1.66802	1.2311	676.1	550	554.74	396.86	2.31809	11.86	133.1
295	295.17	210.49	1.68515	1.3068	647.9	560	565.17	404.42	2.33685	12.66	127.0
300	300.19	214.07	1.70203	1.3860	621.2	570	575.59	411.97	2.35531	13.50	121.2
305	305.22	217.67	1.71865	1.4686	596.0	580	586.04	419.55	2.37348	14.38	115.7
310	310.24	221.25	1.73498	1.5546	572.3	590	596.52	427.15	2.39140	15.31	110.6
315	315.27	224.85	1.75106	1.6442	549.8	600	607.02	434.78	2.40902	16.28	105.8
320	320.29	228.42	1.76690	1.7375	528.6	610	617.53	442.42	2.42644	17.30	101.2
325	325.31	232.02	1.78249	1.8345	508.4	620	628.07	450.09	2.44356	18.36	96.92
330	330.34	235.61	1.79783	1.9352	489.4	630	638.63	457.78	2.46048	19.84	92.84
340	340.42	242.82	1.82790	2.149	454.1	640	649.22	465.50	2.47716	20.64	88.99
350	350.49	250.02	1.85708	2.379	422.2	650	659.84	473.25	2.49364	21.86	85.34
360	360.58	257.24	1.88543	2.626	393.4	660	670.47	481.01	2.50985	23.13	81.89
370	370.67	264.46	1.91313	2.892	367.2	670	681.14	488.81	2.52589	24.46	78.61
380	380.77	271.69	1.94001	3.176	343.4	680	691.82	496.62	2.54175	25.85	75.50
390	390.88	278.93	1.96633	3.481	321.5	690	702.52	504.45	2.55731	27.29	72.56
400	400.98	286.16	1.99194	3.806	301.6	700	713.27	512.33	2.57277	28.80	69.76
410	411.12	293.43	2.01699	4.153	283.3	710	724.04	520.23	2.58810	30.38	67.07
420	421.26	300.69	2.04142	4.522	266.6	720	734.82	528.14	2.60319	32.02	64.53
430	431.43	307.99	2.06533	4.915	251.1	730	745.62	536.07	2.61803	33.72	62.13
440	441.61	315.30	2.08870	5.332	236.8	740	756.44	544.02	2.63280	35.50	59.82

Tabela A.22 (Continuação)

T(K), h e u(kJ/kg), s° (kJ/kg · K)											
T	h	u	s°	quando Δs = 0'		T	h	u	s°	quando Δs = 0	
				p _i	v _i					p _e	v _e
750	767,29	551,99	2,64737	37,35	57,63	1300	1395,97	1022,82	3,27345	330,9	11,275
760	778,18	560,01	2,66176	39,27	55,54	1320	1419,76	1040,88	3,29160	352,5	10,747
770	789,11	568,07	2,67595	41,31	53,39	1340	1443,60	1058,94	3,30959	375,3	10,247
780	800,03	576,12	2,69013	43,35	51,64	1360	1467,49	1077,10	3,32724	399,1	9,780
790	810,99	584,21	2,70400	45,55	49,86	1380	1491,44	1095,26	3,34474	424,2	9,337
800	821,95	592,30	2,71787	47,75	48,08	1400	1515,42	1113,52	3,36200	450,5	8,919
820	843,98	608,59	2,74504	52,59	44,84	1420	1539,44	1131,77	3,37901	478,0	8,526
840	866,08	624,95	2,77170	57,60	41,85	1440	1563,51	1150,13	3,39586	506,9	8,153
860	888,27	641,40	2,79783	63,09	39,12	1460	1587,63	1168,49	3,41247	537,1	7,801
880	910,56	657,95	2,82344	68,98	36,61	1480	1611,79	1186,95	3,42892	568,8	7,468
900	932,93	674,58	2,84856	75,29	34,31	1500	1635,97	1205,41	3,44516	601,9	7,152
920	955,38	691,28	2,87324	82,05	32,18	1520	1660,23	1223,87	3,46120	636,5	6,854
940	977,92	708,08	2,89748	89,28	30,22	1540	1684,51	1242,43	3,47712	672,8	6,569
960	1000,55	725,02	2,92128	97,00	28,40	1560	1708,82	1260,99	3,49276	710,5	6,301
980	1023,25	741,98	2,94468	105,2	26,73	1580	1733,17	1279,65	3,50829	750,0	6,046
1000	1046,04	758,94	2,96770	114,0	25,17	1600	1757,57	1298,30	3,52364	791,2	5,804
1020	1068,89	776,10	2,99034	123,4	23,72	1620	1782,00	1316,96	3,53879	834,1	5,574
1040	1091,85	793,36	3,01260	133,3	22,39	1640	1806,46	1335,72	3,55381	878,9	5,355
1060	1114,86	810,62	3,03449	143,9	21,14	1660	1830,96	1354,48	3,56867	925,6	5,147
1080	1137,89	827,88	3,05608	155,2	19,98	1680	1855,50	1373,24	3,58335	974,2	4,949
1100	1161,07	845,33	3,07732	167,1	18,896	1700	1880,1	1392,7	3,5979	1025	4,761
1120	1184,28	862,79	3,09825	179,7	17,886	1750	1941,6	1439,8	3,6336	1161	4,328
1140	1207,57	880,35	3,11883	193,1	16,946	1800	2003,3	1487,2	3,6684	1310	3,944
1160	1230,92	897,91	3,13916	207,2	16,064	1850	2065,3	1534,9	3,7023	1475	3,601
1180	1254,34	915,57	3,15916	222,2	15,241	1900	2127,4	1582,6	3,7354	1655	3,295
1200	1277,79	933,33	3,17888	238,0	14,470	1950	2189,7	1630,6	3,7677	1852	3,022
1220	1301,31	951,09	3,19834	254,7	13,747	2000	2252,1	1678,7	3,7994	2068	2,776
1240	1324,93	968,95	3,21751	272,3	13,069	2050	2314,6	1726,8	3,8303	2303	2,555
1260	1348,55	986,90	3,23638	290,8	12,435	2100	2377,4	1775,3	3,8605	2559	2,356
1280	1372,24	1004,76	3,25510	310,4	11,835	2150	2440,3	1823,8	3,8901	2837	2,175
						2200	2503,2	1872,4	3,9191	3138	2,012
						2250	2566,4	1921,3	3,9474	3464	1,864

Anexo 5 – Propriedades dos Combustíveis

Combustível	Densidade (kg.L ⁻¹)	Poder calorífico		Relação Estequimétrica Ar/Combustível
		(kJ.kg ⁻¹)	kCal.kg ⁻¹	
Gasolina Comum	0,735	47600	11377	15,20
Diesel 1	0,823	45700	10923	15,00
Álcool Etilico	0,785	29700	7099	9,03

Anexo 6 – Bicos Injetores

Injector type	OE NR.	Type	Info production stop (status 01.2008)	Resistance (Ohm)	Test medium	Operating pressure (kPa)	Q-stat (at operating pressure) (g/min)	Q-stat with 300 kPa (g/min)	Q-stat with 300 kPa (ml/min)
0280155968	0 280 155 968	EV 6		12	Heptan	380	349	310,1	443
0280156298	0 280 156 298	EV 6	info not available	12	Heptan	380	101	89,7	128

Final 968 – Volvo C70 Turbo

Final 298 – Originais Celta

Anexo 7 – Custo Total do Projeto

	Projeto	R\$ 8.137,94
1	Injeção Eletrônica	R\$ 1.590,00
2	Coletor de escape 4x1	R\$ 750,00
3	Filtro esportivo	R\$ 295,00
4	Valvula de Prioridade	R\$ 135,59
5	Velas e cabos	R\$ 265,00
6	Abafador	R\$ 295,00
7	Dosador	R\$ 135,49
8	Coletor de Admissão	R\$ 80,00
9	Corpo de Borboleta (a cabo)	R\$ 253,09
10	Supercharger	R\$ 1.800,00
11	Correia	R\$ 50,00
12	Bicos	R\$ 293,77
13	Duto Supercharger p/ Coletor	R\$ 30,00
14	Duto TBI p/ Supercharger	R\$ 30,00
15	Instalação Escape (dutos 2,5")	R\$ 600,00
16	Conectores + Relê	R\$ 400,00
17	Mangote + Abraçadeira	R\$ 200,00
18	Mangueiras	R\$ 30,00
19	Cabo do Acelerador	R\$ 60,00
20	Bomba de Combustível	R\$ 180,00
21	Bobina	R\$ 290,00
22	Suporte Supercharger	R\$ 155,00
23	Sensor de Temperatura	R\$ 120,00
24	Válvula Canister (Solenóide de Marcha Lenta)	R\$ 100,00