

## ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES ESTÁGIOS DE PREPARAÇÕES EM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA EA888

Knuppel, Luiz Felipe Crissi

Silva, Ayres Siqueira

**RESUMO:** A preparação veicular é uma área da engenharia mecânica que se encontra em constante desenvolvimento, através do avanço tecnológico em relação aos motores foi possível a inovação em reprogramação de ECU, a qual permite modificações no mapa para diferentes estágios veicular, trazendo melhores resultados em relação a performance, dirigibilidade, delay, entre outras vantagens. Este estudo tem como objetivo comparar os diferentes estágios de reprogramação do motor de combustão interna EA888 através da análise das variáveis: potência, torque, pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio. Se caracteriza como uma pesquisa experimental quantitativa realizada no veículo Jetta GLI ano 2019, que passou por análises com mapa original, mapa em *stage 1* e *stage 2*, para melhor compressão dos resultados para utilizou-se o software TUNEZILLA. Os resultados obtidos, mostram que a reprogramação apresentou um melhor desempenho em relação ao mapa original. Os mapas apresentaram resultados de potencia, torque, pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio de: mapa original 244 wHP, 42 Kgfm, 1,97 Bar, -4,87°, 0,88 volts; stage 1: 271 wHP, 48 Kgfm, 2,09 Bar, -7,12° e 0,82 volts; stage 2: 283 wHP, 53 Kgfm, 2,13 Bar, -7,70° e 0,88 volts; respectivamente. Portanto, conclui-se que a reprogramação de injeção eletrônica, tanto em *stage 1* quanto em *stage 2*, é promissora na engenharia mecânica pois através dela o veículo pode apresentar melhor desempenho, aproveitamento energético, entre outras características que podem ser ajustadas de acordo com a necessidade do condutor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reprogramação, Motor EA888, Preparação, Performance.

**ABSTRACT:** "Vehicle Preparation" is a Mechanical Engineering subfield that is still in development. Because of the technological development of the motors, the ECU Reprogramming is feasible nowadays. Changes in vehicle maps brings best results on performance, drivability, less delay, and other advantages. This study has the objective to compare the different "reprogramming stages" of motor of internal combustion (EA888 motor) through analysis of many variables: power, tork, medium turbo pressure, minimum ignition time and oxygen proportion. This research was conducted as a quantitative experimental study in a Volkswagen car Jetta GLI - 2019. The study analyzed the original map, and the map in stage 1 and in stage 2. To a clear understanding, the results were provided by the software TUNEZILLA. The results showed us that the "reprogramming" brought a better performance compared to the original map. This maps brought positive results in power, tork, medium turbo pressure, minimum ignition time and minimum oxygen proportion. ORIGINAL MAP 244 wHP, 42 Kgfm, 1,97 Bar, -4,87°, 0,88 volts; STAGE 1: 271 wHP, 48 Kgfm, 2,09 Bar, -7,12° e 0,82 volts; STAGE 2: 283 wHP, 53 Kgfm, 2,13 Bar, -7,70° e 0,88 volts. Based on this data, it is possible to conclude that reprogramming fuel injection is a very promising feature in mechanical engineering. With the program it is possible to increase the performance, with a better energy use in the vehicle, and many more features which can be adjusted by the conductor needs.

**KEYWORDS:** Reprogramming, Engine EA888, Preparation, Performance.

---

<sup>1</sup>Graduando de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Campo Real. engm-luizknuppel@camporeal.edu.br

<sup>2</sup>Professor no Centro Universitário do Campo Real.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria automobilística tem investido em pesquisa, desenvolvimento e inovação na área de engenharia mecânica para apresentar aos consumidores, entre outros aspectos, motores que apresentem um melhor aproveitamento energético, maior confiabilidade e segurança, alta performance em seu desempenho e, principalmente, maior redução de gases poluentes, devido às atuais questões ambientais e de sustentabilidade, que engradam políticas em favor de uma economia sustentável e que respeite a natureza, como fator essencial no desenvolvimento social, econômico e ambiental. Neste cenário, têm-se os motores híbridos e elétricos que apresentam um grande potencial para atender às atuais demandas, porém em contrapartida ainda apresentam um custo elevado de fabricação em comparação com os motores de combustão interna, que são os que dominam o mercado automobilístico (ANDRADE, 2017). Diante do exposto, a reprogramação do motor de combustão interna por meio da central eletrônica de gerenciamento do motor, se mostra uma alternativa eficaz para o cenário automotivo.

Com o avanço tecnológico na área automobilística os veículos passaram a ter uma maior segurança e maior rendimento se comparados com os primeiros automóveis fabricados. Um exemplo, é a troca do carburador pela injeção eletrônica associada a central eletrônica de gerenciamento do motor. Essa substituição tornou os motores mais tecnológicos e constantes, por apresentar mais precisão e maior velocidade de atuação nos componentes do motor (KORPASCH, 2022).

A central eletrônica de gerenciamento do motor ou *Electronic Control Unit* (ECU) é considerada a unidade central do veículo, por meio dela são disparados comandos que controlam vários parâmetros importantes para o funcionamento do motor, tais como: injeção de combustível, temperatura do motor, pressão de turbo, pressão do óleo, emissão de gases poluentes, uso do motor, entre outros (ENTLER, 2018). Ela é ativada por meio sensores que se encontram distribuídos pelos componentes do motor, como: sensores de temperatura, sensor lambda, sensor de posição do acelerador, sensor MAP e sensor MAF, etc (TRIGUEIRA, 2014).

Já, a reprogramação eletrônica consiste em um procedimento de alteração dos comandos eletrônicos do motor, por meio da alteração dos valores tabelados, denominados mapas de diferentes parâmetros que são controlados pela ECU. A

reprogramação permite diversas possibilidades de alteração e combinações dos mapas veiculares para diferentes cenários de operação do motor (TRIGUEIRA, 2014).

Resultados significativos em relação a reprogramação só são obtidos, quando se tem um objetivo bem definido, compreensão de cada valor presente no mapa, bem como amplo conhecimento do motor que sofrerá a modificação. Dentre esses resultados, os mais comuns são: ganho de potência, ganho de torque, economia de combustível em algumas faixas de rotação, melhor dirigibilidade e menor delay do acelerador. Resultados importantes e menos comuns, também podem ser observados, como: menor emissão de poluentes, limitação de velocidade, limitação de RPM, entre outros (KORPASCH, 2022).

A reprogramação veicular é classificada em *stages*, os quais na área automobilística equivalem a estágios, fases ou nível de reprogramação que o veículo se encontra. É importante evidenciar que há diferentes empresas especializadas no ramo de reprogramação veicular com diferentes padrões em relação aos *softwares* especializados em reprogramação. Sendo assim, cada empresa estabelece seus parâmetros em relação ao *stage 1* e ao *stage 2*. Geralmente no *stage 1* ocorre reprogramação sem alterações mecânicas; diferente do *stage 2*, onde há reprogramação e substituições mecânicas como, alterações de filtro e remoção do catalisador (STRIKE, 2021).

Destarte, a relevância da temática de estudo se traduz pelas questões ambientais, de desenvolvimento tecnológico como destacado. Sendo assim, o presente trabalho de pesquisa visa comparar os diferentes estágios de preparação do motor de combustão interna EA888, original, com reprogramação *stage 1* e *stage 2* através de uma pesquisa experimental, para trazer dados significativos em relação as variáveis de torque, potência, pressão de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio. A hipótese inicial da pesquisa é de que a reprogramação permite uma melhor performance do carro em relação as variáveis apresentadas anteriormente, se comprado com o veículo original, ou seja, sem reprogramação.

## **2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 MOTOR**

Segundo Varella (2015), os motores são classificados como máquinas mecânicas que tem como objetivo transformar qualquer forma de energia, seja ela térmica, hidráulica ou elétrica em energia mecânica. Os motores à combustão

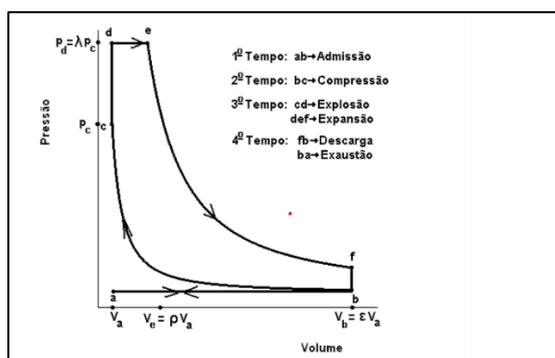
transformam energia calorífica em energia mecânica e se dividem em dois tipos: motores de combustão externa e motores de combustão interna.

Os primeiros motores de combustão externa foram desenvolvidos por volta do século XVIII, sendo que a energia era produzida fora do motor e o combustível utilizado era lenha para as locomotivas à vapor, posteriormente outras formas de energia foram criadas, como o combustível fóssil utilizado nas Usinas Termoelétricas. Com o avanço tecnológico, novos motores foram criados, como os de combustão interna. Nesse tipo de motor o principal combustível utilizado é a gasolina que é queimada dentro de uma câmara de combustão interna do motor (UFPEL, s/d). Atualmente, os principais tipos de motores de combustão interna são os Motores de Ciclo Otto ou de ignição por centelha e Motores de Ciclo Diesel ou de ignição por compressão (SALOMÃO et al, 2018).

## 2.2 MOTOR CICLO OTTO DE QUATRO TEMPOS

O motor de Ciclo Otto de quatro tempos, desenvolvido por Nikolaus August Otto, é muito operado na indústria automobilística por utilizar combustíveis leves, como gasolina, álcool e gás natural e apresenta em seu funcionamento quatro processos principais: processo de compressão adiabática, processo de aquecimento isométrico de calor, processo de expansão adiabática e processo de rejeição isométrica de calor. Os quais constituem o diagrama do Ciclo Otto ideal (UFRGS, s/d), como mostra a imagem1.

Figura 1 - Diagrama Ciclo Otto.



Fonte: Silveira (2001).

A compressão adiabática ocorre do ponto A para o ponto B, isto é, acontece uma variação tanto da pressão quanto do volume, sem troca de calor com o meio externo. Já o aquecimento isométrico de calor, ocorre do ponto B para o ponto C, onde

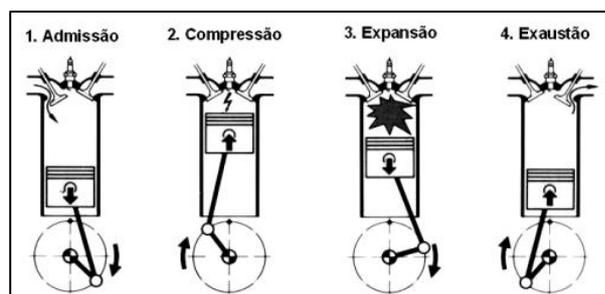
há adição de calor e o volume se mantém constante. A expansão adiabática se coloca do ponto C para o ponto D, ou seja, não há troca de calor com o meio externo, porém há variações da pressão e do volume. E por fim a rejeição isométrica de calor acontece do ponto D para o ponto A, e neste processo, o calor é rejeitado, mas o volume não se altera (KORPASCH, 2022).

### 2.2.1 Funcionamento do motor ciclo otto

A nomenclatura de motor de combustão interna de quatro tempos se dá pelo seu funcionamento que é dividido em quatro etapas: admissão, compressão, expansão e exaustão, formando desta forma, um ciclo completo. Na etapa de admissão ocorre a entrada da mistura de ar/combustível pela válvula de admissão localizada no cilindro, que se encontra aberta, em contrapartida a válvula de exaustão se apresenta fechada, a mistura entra devido ao movimento descendente do pistão até o ponto morto inferior (PMI) criando um efeito de sucção (RIBEIRO,2013).

Em seguida ocorre a etapa de compressão, que envolve o fechamento da válvula de admissão juntamente com o movimento de elevação do pistão, comprimindo assim a mistura ar/combustível até o ponto morto superior (PMS), então o início da combustão se dá por uma faísca gerada pela vela de ignição. Após se desenvolve a etapa de expansão, no qual com as válvulas ainda fechadas, há aumento na pressão do cilindro, devido à expansão dos gases e dessa forma o pistão sai do PMS e vai para o PMI. É nesta fase que a energia térmica da queima da mistura é convertida em energia mecânica (MILHOR, 2002). Por fim, ocorre a etapa de exaustão, onde a válvula de exaustão se abre, o pistão sai do PMI e vai para o PMS, expulsando dessa forma os resíduos da queima da mistura ar/combustível do cilindro para a atmosfera, completando o ciclo, o qual se inicia novamente (ALBALADEJO, 2013). As etapas do motor Ciclo Otto podem ser melhor observadas na imagem 2.

Figura 2- As quatro etapas do funcionamento do Ciclo Otto



Fonte: Milhor (2002, p. 4).

### 2.3 ECU

A primeira utilização da Central Eletrônica de Gerenciamento do motor ou *Electronic Control Unit* (ECU), foi realizada pela Bosh em testes com aeronaves, as quais tiveram a implementação da injeção de combustível direta, ou seja, a adição de combustível diretamente na câmara de combustão (MARQUES, 2019). Após testes bem-sucedidos, a ECU foi implementada em veículos rodoviários, substituindo dessa forma o carburador. A popularização da ECU fez com que diversas empresas investissem e produzissem o mesmo. Grandes empresas como Simens, Bosh, Delphi e Denso, são as principais fornecedoras desses dispositivos. Conforme a tecnologia avança, as desenvolvedoras de ECU também avançam, lançando novas versões de ECUs e *softwares* mais sofisticados (KORPASCH, 2020). A central eletrônica de gerenciamento do motor pode ser visualizada na imagem 3.

Figura 3 – Central Eletrônica de Gerenciamento do Motor



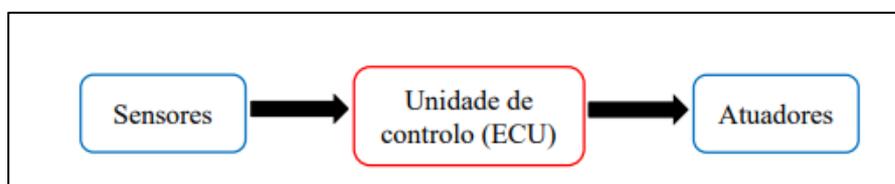
Fonte: Reiko (2022).

Com respostas mais rápidas e precisas, a central eletrônica de gerenciamento do motor foi ficando mais popular e passou a ser difundida no meio automobilístico. Como se trata de um computador que está gerenciando o motor e não mais uma peça mecânica, diversas possibilidades para os processos de ignição e injeção do carro, podem ser testados e modificados, como por exemplos: a quantidade de gasolina injetada, o tempo exato da centelha, a quantidade de ar admitida, dentre outros parâmetros. Atualmente a ECU, gerencia vários indicadores, além da injeção e ignição do veículo e, assim, pode comandar a sobrealimentação do veículo caso ele utilize, limitador de RPM, monitoramento de parâmetros, correção de misturas, sistema de exaustão, gerenciamento de câmbio, histórico de falhas, além de agir como um

sistema de proteção para o motor, isto é, quando os parâmetros monitorados acusam um valor acima do limite, a ECU aciona o modo de emergência, restringindo potência e preservando o motor (TRIGUEIRA, 2014).

O funcionamento da central eletrônica do motor, se dá pela captação de vários parâmetros do motor, por meio dos sensores distribuídos pelo mesmo. Após a captação existe o tratamento e a validação dos dados, análise de parâmetros e cálculos de proporções, por fim comandos são enviados aos atuadores, os quais vão realizar as modificações necessárias para a finalidade desejada (TRIGUEIRA, 2014). O funcionamento da ECU pode ser melhor compreendido na imagem 4.

Figura 4 – Funcionamento da ECU



Fonte: Trigueira (2014, p. 11).

## 2.4 SENSORES

### 2.4.1 Sensor MAF

O sensor MAF (*Mass Air Flow*) é o responsável por capturar a quantidade de massa de ar que está sendo admitida pelo veículo, essa grandeza é representada por Kg/h. Esse tipo de sensor é importante para o funcionamento e desempenho do motor, já que por meio dele e demais sensores é que a ECU consegue dosar a quantidade ideal de combustível a ser injetado. A admissão do ar é feita pela grade frontal do carro, ou seja, o ar só é admitido em grandes quantidades caso o veículo esteja em movimento, quando o motor se encontra em carga. Pouca quantidade de ar sendo admitida indica que o veículo está em repouso, isto é, não há necessidade de injetar proporções maiores de combustível (TRIGUEIRA, 2014).

### 2.4.2 Sensor MAP

MAP (*Manifold Absolute Pressure*) é o sensor utilizado para mensurar a pressão absoluta que está atuando na tubulação da admissão. Tal parâmetro está relacionado diretamente com as condições de funcionamento da sobrealimentação do motor,

sendo ele o responsável pelo valor que atuará como pressão na sobrealimentação, além de complementar e validar os valores capturados pelo sensor de massa de ar (MAF) (TRIGUEIRA, 2014).

### **2.4.3 Sensor Lambda**

Sensor Lambda, também comumente chamado Sonda Lambda, atua no setor de exaustão dos gases da câmara de combustão ou escapamento. Como os demais sensores, ele tem papel importante para o correto funcionamento do motor, trabalhando na forma de feedback. Tal sensor faz a leitura da quantidade de oxigênio existente no descarte dos gases da combustão, trazendo dados de como ocorreu a queima da mistura ar/combustível. Os valores apresentados pelo sensor variam de 0 a 2 Volts, sendo 1 Volt uma queima ideal. Valores abaixo de 1 Volt são considerados misturas ricas, isto é, com excesso de combustível e déficit de oxigênio, já valores acima de 1 Volt, se provam ao contrário, tendo o déficit de combustível e excesso de oxigênio, popularmente conhecido como mistura pobre (TRIGUEIRA, 2014).

### **2.4.4 Sensor de Posição do Acelerador**

Sensor de Posição de Acelerador ou TPS (*Throttle Position Sensor*) juntamente com o sensor MAF, produzem os valores necessários para que a ECU calcule a proporção ideal de combustível injetado para a mistura de ar/combustível. Dessa forma o TPS é responsável por gerar carga no motor, ou seja, é por meio dele que fisicamente podemos acelerar o veículo (TRIGUEIRA, 2014).

## **2.5 NOÇÕES BÁSICAS DA MECÂNICA DE VEÍCULOS**

### **2.5.1 Torque**

O torque é uma concepção física, a qual traduz a força realizada em um objeto afim de rotacionalo. Passando tal conceito para um cenário mecânico e automobilístico, o torque do motor é a força que está sendo gerada por ele e que está atuando no restante do veículo. O torque pode ser mensurado pela unidade Kgfm (Quilograma-Força-Metro). (TILLMANN, 2013).

### **2.5.2 Potência**

A potência é obtida através da rotação do motor, para os motores de combustão interna são levadas em consideração cinco tipos de potência: potência térmica que está relacionada com a queima de combustível e com o calor fornecido para essa queima; potência indicada que é a que acontece nos pistões do veículo, potência de atrito é considerada a perda da potência indicada até as rodas do veículo. Já a potência efetiva é a potência aferida na saída do motor. Também temos a potência nas rodas do veículo, a qual é representada por Wheel Horse Power (wHP), que pode ser aferida em dinamômetro e que considera todas as perdas do conjunto mecânico do veículo (câmbio, peso da roda, eixos, entre outros.) (LANES NETO, 2017).

### **2.5.3 Filtro de ar**

O filtro de ar é o responsável pela qualidade do ar admitido pelo motor, ele é feito em papel e tem a função de reter impurezas contidas no ar, como a poeira e também, capturar corpos estranhos, como por exemplo, insetos, folhas e pedras que são barrados por esse filtro, preservando assim o motor (CABRAL, 2016).

### **2.5.4 Catalisador**

O catalisador tem como função realizar o tratamento dos gases provenientes da combustão. Composto por cerâmica e por diversos dutos em forma de colmeia, proporciona uma grande superfície de contato com os gases. O material catalítico do catalisador é composto por vários metais nobres, que por sua vez trabalham como estabilizadores estruturais, reduzindo o teor de gás carbônico (CO), NOx e hidrocarbonetos (SILVA, 2008).

### **2.5.5 Turbocompressor**

O Turbocompressor tem a função de trazer uma maior quantidade de ar ao motor, um ar mais denso com uma menor temperatura, o que contribui para uma combustão em maior proporção e uma mistura mais homogênea. É composto por uma turbina acoplada por um eixo a um compressor. Os gases da combustão fazem a turbina girar, logo o eixo que une a turbina ao compressor também rotaciona, ativando o compressor, com isso uma quantidade maior de ar é sugado pelo compressor e

enviado a um sistema de refrigeração de ar, conhecido por *intercooler*, onde o ar capturado pelo compressor é resfriado e por fim admitido pelo motor (COSTANTIN, 2017).

## 2.6 REPROGRAMAÇÃO VEICULAR

A reprogramação veicular, conhecida popularmente como Remap é caracterizada por uma mudança em tabelas de valores (mapas) nos comandos eletrônicos do motor, levando a uma reprogramação eletrônica desses comandos. (WIA) A reprogramação também pode ser definida como uma alteração no *software* da unidade eletrônica que gerencia o motor do carro (PERFORTECH, 2022). Ela surgiu com o intuito de adaptar o mapa veicular para diferentes condições e cenários no qual o motor realmente irá operar, realizando alterações em valores como ponto de ignição, pressão de turbo, quantidade e tempo de injeção de combustível, sistemas antipoluição, dentre outros. Com o intuito de um maior desempenho para a funcionalidade deste motor (TRIGUEIRA, 2014).

O motor tem seu comportamento ditado pelos mapas que estão presentes em suas unidades eletrônicas (ECU), nelas estão todos os parâmetros do motor, vários deles cruciais para o seu funcionamento. A ECU utiliza diversos sensores alocados ao longo do motor para o controle de atuadores seguindo os dados presentes nas tabelas. Essas tabelas são elaboradas para abranger os diversos cenários que este propulsor poderá ser utilizado, levando em consideração algumas características, dentre elas variações de temperatura do ambiente, qualidade do combustível, uso do motor, emissão de poluentes, desempenho esperado, etc (TRIGUEIRA, 2014).

Há diferentes tipos de reprogramação eletrônica, os chamados *stages* ou estágios de preparação do veículo, que dependem dos sistemas adotados pelas preparadoras de carros, isto é, cada uma possui parâmetros diferentes para o que é considerado *stage 1*, *2*, e *3* (PERFORTECH, 2022). De modo geral, o *stage 1* é considerado um estágio de reprogramação de injeção eletrônica onde não há alterações mecânicas no veículo, há ganho de potência e torque, bem como há a desativação de alguns sensores do veículo.

O *stage 2* é um estágio intermediário, consiste na reprogramação do veículo juntamente com alterações mecânicas, como por exemplo, alteração no sistema de captação de ar, velas, *downpipe*, *blow-off*, entre outros. Nesse estágio há um maior ganho de potência e torque se comparado com o *stage 1* (STRIKE BRASIL, 2022). Já

o *stage 3* corresponde ao nível mais alto de customização do veículo, onde o automóvel receberá o maior ganho de potência, porém são necessárias substituições mecânicas, como: *intercooler*, turbinas, etc (MADE FOR STREET, 2019).

### **3. METODOLOGIA**

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa experimental quantitativa, por meio de um experimento controlado, metodologicamente pensado para produzir dados necessários ao processo investigativo que visa comparar o motor de combustão interna EA888 original com o mesmo motor após reprogramação de injeção eletrônica em *stage 1* e *stage 2*. Para a análise dos motores em diferentes estágios de reprogramação levou-se em consideração as seguintes variáveis: potência, torque, pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio após a combustão.

#### **3.1 VEÍCULO**

O experimento foi realizado em um veículo Jetta GLI, ano 2019, motor modelo EA888 de 3ª geração, 4 cilindros 2.0L; sobrealimentado com turbocompressor IS20; com ECU marca SIMENS modelo SIMONS 18.1, com potência de 230 HP e 35 Kgf·m de torque, de acordo com as especificações do fabricante.

Figura 5– Veículo Jetta GLI.



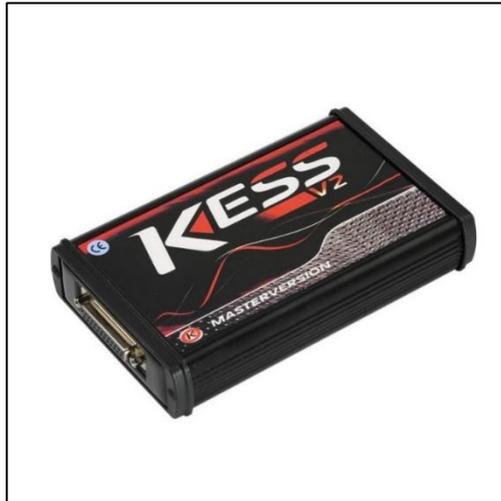
Fonte: O autor (2022).

### 3.1.2 Preparação do veículo

Para o *stage 1* do Jetta GLI utilizou-se o aparelho de leitura e gravação Kess V2, da Alientech, que é responsável pela leitura do mapa original do veículo e pela gravação do mapa modificado, através da tomada de diagnóstico (OBD2) do carro. Realizou-se a leitura e gravação do mapa *stage 1*, conforme especificações da Prado Powerchips

No *stage 2*, foram necessárias alterações mecânicas no veículo, como: substituição do filtro de ar original por um filtro esportivo modelo RS2997 da RS Air Filter; retirada do catalisador de gases da combustão para instalação do downpipe com abertura de entrada em 3" polegadas e saída em 2" e ½" polegadas, em aço inox 409 da Nova Racing; e o aparelho de leitura e gravação Kess V2 para leitura e gravação do mapa com parâmetros *stage 2*, também apontados pela Prado Powerchips. O aparelho Kes V2 pode ser melhor visualizado na imahem 6. Já a diferença entre o downpipe e o catalisador pode ser visualizado na imagem 7.

Figura 6 – Aparelho de leitura e gravação Kess V2.



Fonte: Prado Powrchips (2021).

Figura 7 – Foto comparativa entre downpipe e catalisador.



Fonte: O autor (2022).

### 3.2 ANÁLISE POTÊNCIA E TORQUE

Para analisar parâmetros como potência e torque entre o veículo Jetta GLI original, Jetta GLI *stage 1* e Jetta GLI *stage 2*, utilizou-se o dinamômetro. A potência do veículo é aferida nas rodas devido às perdas do conjunto mecânico, a unidade de medida para potência é em Wheel Horse-power (WHP). O torque é aferido da mesma forma, porém a unidade de medida é em quilograma-força-metro (Kgf·m).

O experimento foi realizado na cidade de Curitiba e em Guarapuava, ambas no Estado do Paraná. O Jetta GLI original e em *stage 1* foi analisado na cidade de

Curitiba, em uma loja de preparação veicular, com o dinamômetro da Servitec modelo 2025 4WD (4x4) - 50.170.77. Já o Jetta GLI em *stage 2* foi analisado na cidade de Guarapuava, em uma loja de preparação veicular com dinamômetro da Servitec modelo 2025 50.170.75.

Para a metodologia adotada, fez-se necessário realizar o teste em triplicata, isto é, foram feitas três aferições com o mapa original, bem como com o mapa em *stage 1* e com o mapa em *stage 2*, sendo que a amostra considerada para os resultados e discussões foi a amostra com maior desempenho.

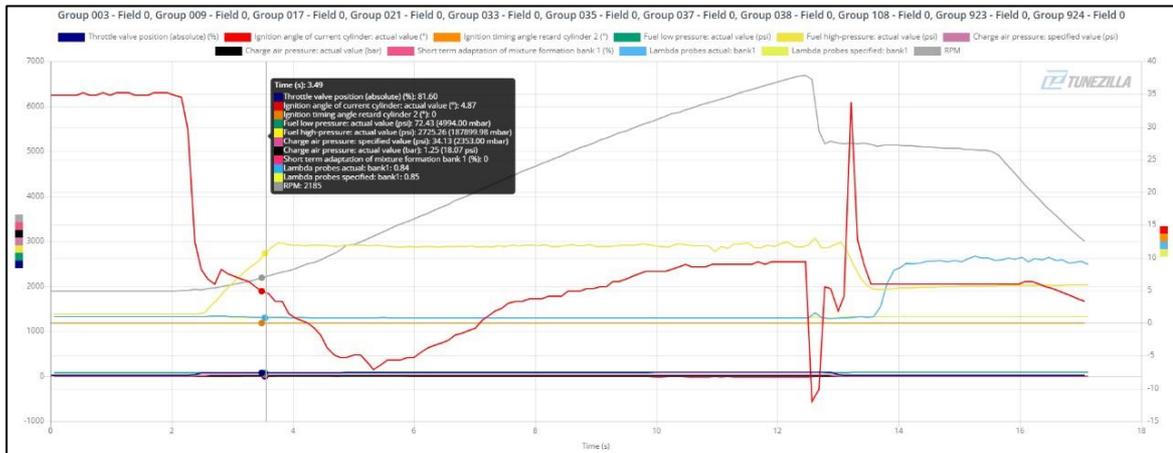
### 3.3 ANÁLISE PRESSÃO MÉDIA DE TURBO, TEMPO MÍNIMO DE IGNIÇÃO E PROPORÇÃO MÍNIMA DE OXIGÊNIO

Para a análise desses parâmetros utilizou-se um software VAG-COM Diagnostic System (VCDS) que realiza diagnósticos computadorizados através da conexão cabo VCDS Hex V2 na tomada de diagnose OBD2 do veículo, isto é, através da leitura no mapa do carro é possível obter esses dados. Sendo que, a unidade de medida da pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e percentual de oxigênio mínimo após a combustão, é dada respectivamente em: Bar, graus e volts. Sendo que foram utilizados os resultados somente na faixa de 2000 RPM a 6700 RPM, pois é nessa faixa que o motor do veículo encontra-se em plena carga, isto é, em seu máximo rendimento.

### 3.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE JETTA GLI ORIGINAL, *STAGE 1* E *STAGE 2*

Para comparação dos resultados obtidos em relação aos diferentes parâmetros analisados (análise pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio) do mapa original e dos mapas com preparações, utilizou-se o software TUNEZILLA, que organiza e transforma os dados obtidos em gráficos para melhor visualização e compreensão dos resultados obtidos, como mostra a imagem 8.

Figura 8 – Exemplo de gráfico utilizando o Software TUNEZILLA.



Fonte: O autor (2022).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADOS

Após passar o veículo Jetta GLI com mapa original no dinamômetro, foram obtidos os seguintes resultados: potência de aproximadamente 244 wHP e torque de 42 Kgfm. Na sequência, utilizou-se o software VAG-COM Diagnostic System (VCDS) para a leitura de parâmetros como: pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio, os resultados obtidos foram respectivamente: 1,97 Bar, -4,87 graus e 0,88 volts. Os resultados podem ser observados na tabela 1.

O veículo passou por reprogramação com o aparelho de leitura e gravação Kess V2 e recebeu o *stage 1* de acordo com o mapa da preparadora Prado Powerchips. Após a leitura em dinamômetro obteve-se potência de 271wHP e torque de 48 KgFM. E a leitura com o software VCDS foi possível obter os seguintes resultados: pressão média de turbo 2,09 Bar, tempo mínimo de ignição -7,12 graus e proporção mínima de oxigênio de 0,82 volts, conforme tabela 1.

Antes da reprogramação com o aparelho Kess V2 *stage 2* segundo a preparadora Parado Powerchips, foi necessário o veículo passar por alterações mecânicas como descrito. Após leitura em dinamômetro o *stage 2* apresentou potência de 283 wHP e torque de 53 KgFM. A leitura em VCDS mostrou: pressão média de turbo de 2,13 Bar, tempo mínimo de ignição de -7,70 graus e proporção mínima de oxigênio de 0,82 volts. Os resultados podem ser melhor observados, na sequência.

Tabela 1 – Comparação dos diferentes parâmetros obtidos do Jetta GLI em mapa original, *stage 1* e *stage 2*.

<i>Jetta GLI</i>	Potência	Torque	Pressão média de turbo	Tempo mínimo de ignição	Proporção mínima de oxigênio
	wHP	Kgfm	Bar	Graus	volts
Original	244	42	1,97	-4,87	0,88
<i>Stage 1</i>	271	48	2,09	-7,12	0,82
<i>Stage 2</i>	283	53	2,13	-7,70	0,82

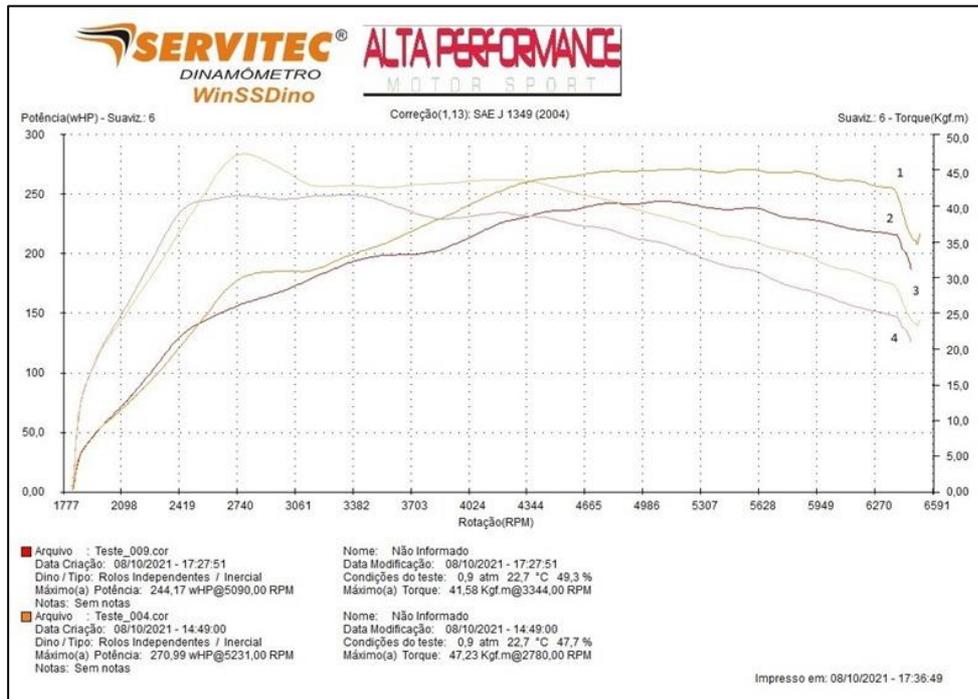
Fonte: O autor (2022).

## 4.2 GRÁFICOS DINAMÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE TORQUE E POTÊNCIA

A imagem 9 apresenta um gráfico que corresponde aos resultados obtidos no dinamômetro de torque e potência do Jetta GLI com mapa original e com mapa *stage 1*. Sendo que a curva 1 corresponde a potência do Jetta GLI com mapa *stage 1*, e a curva 3 corresponde ao torque do Jetta GLI com mapa *stage 1*. Já, a curva 2 demonstra a potência do Jetta GLI com mapa original e a curva 4 representa o torque do Jetta GLI com mapa original. Todas as curvas são em função da rotação do veículo por minuto (RPM). O gráfico de torque e potência de ambos os mapas foi disponibilizado pela empresa proprietária do dinamômetro, após a aferição.

Figura 9 – Análise do torque e potência do Jetta GLI com mapa original e com mapa

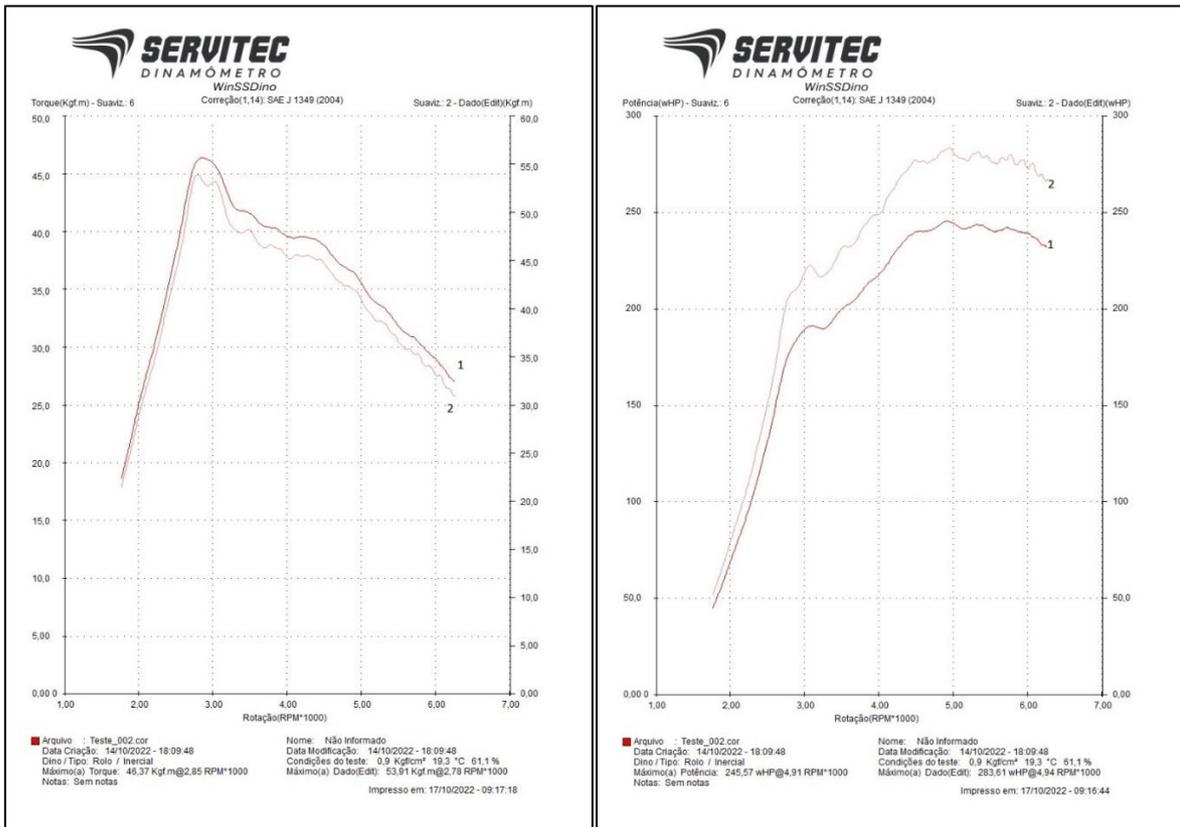
## Stage 1.



Fonte: O autor (2022).

Já a imagem 10 corresponde aos resultados obtidos em dinamômetro de torque e potência, respectivamente do Jetta GLI com mapa *stage 2*. Sendo que a curva 1 representa o melhor resultado em relação a performance do veículo, por isso foi o resultado considerado para a discussão. Os gráficos de torque e potência do Jetta GLI *stage 2* também foram disponibilizados pela empresa proprietária do dinamômetro, após a aferição.

Figura 10 – Análise do torque e potência do Jetta GLI com mapa Stage 2.

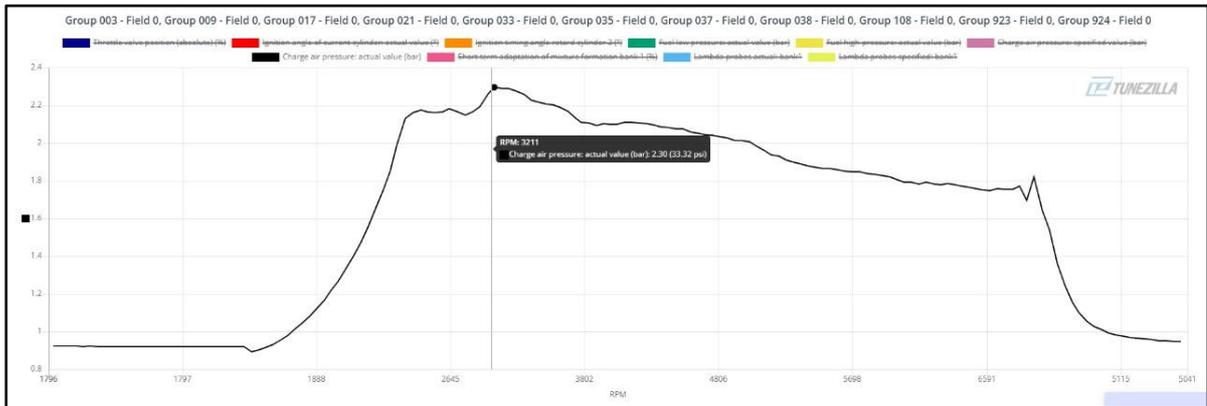


Fonte: O autor (2022).

#### 4.3 GRÁFICOS PARA COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS: PRESSÃO MÉDIA DE TURBO, TEMPO MÍNIMO DE IGNIÇÃO E PROPORÇÃO MÍNIMA DE OXIGÊNIO EM RELAÇÃO AOS DIFERENTES ESTÁGIOS DE PREPARAÇÃO.

As imagens a seguir ilustram os gráficos obtidos do TUNEZILLA referente a pressão média de turbo, tempo mínimo de ignição e proporção mínima de oxigênio, do Jetta GLI nos diferentes estágios de preparação. Sendo que o eixo vertical representa a unidade de medida da variável em função do eixo horizontal, o qual representa as rotações por minuto do veículo (RPM). É importante ressaltar que os resultados obtidos considerados para a discussão estão entre a faixa de 2000 RPM à 6700 RPM.

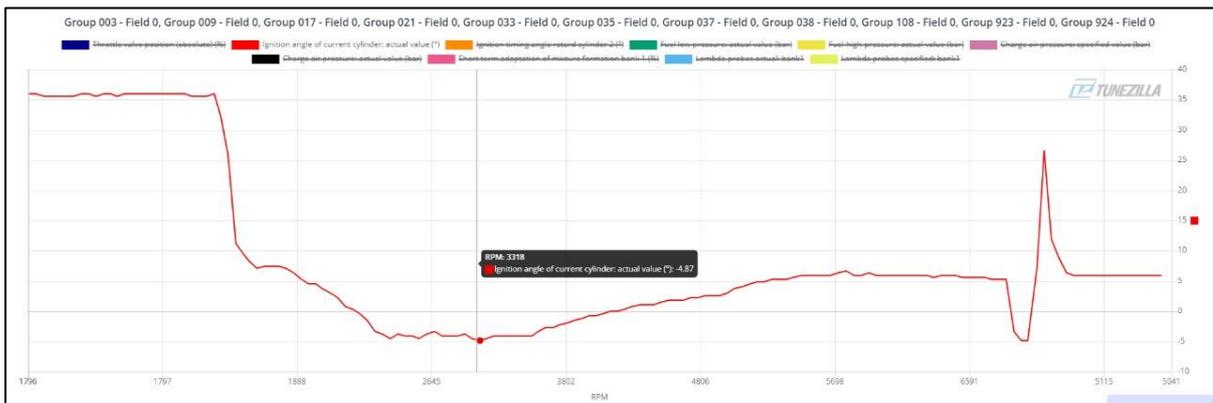
Figura 11 – Pressão média de turbo Jetta GLI original.



Fonte: O autor (2022).

Como podemos observar no gráfico, o veículo com mapa original apresenta o ponto máximo de pressão de turbo de 2,30 Bar em 3211 RPM, após ocorre uma redução acentuada do desempenho devido as características da turbina e do mapa do veículo, por conta disso a pressão média de turbo foi de 1,97 Bar.

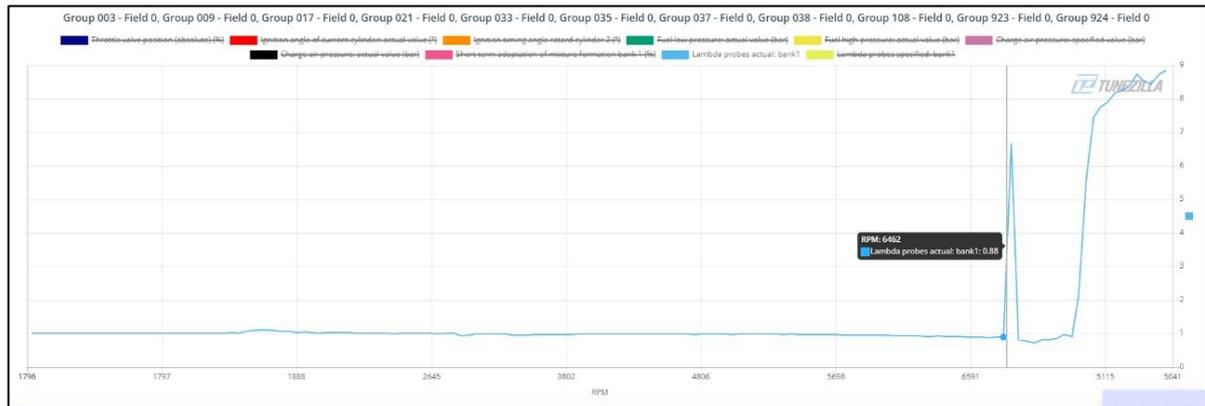
Figura 12 – Tempo mínimo de ignição Jetta GLI original.



Fonte: O autor (2022).

O tempo mínimo de ignição obtido no Jetta GLI com mapa original foi de  $-4,87^\circ$  em 3318 RPM, devido uma mistura de combustível com maior proporção de ar. Conforme a mistura ar combustível equaliza o tempo de ignição fica positivo, como demonstra o gráfico.

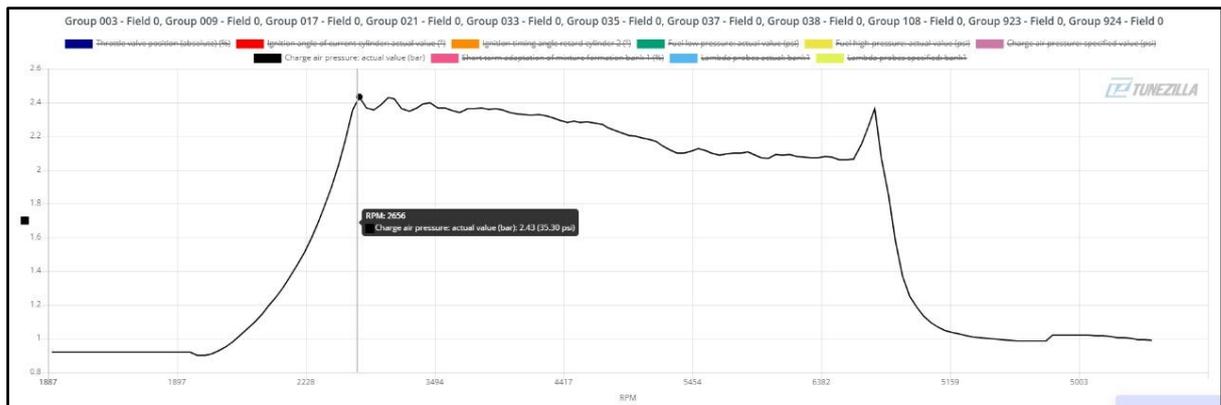
Figura 13 – Proporção mínima de oxigênio Jetta GLI original.



Fonte: O autor (2022).

Como demonstra o gráfico na imagem 13, o percentual mínimo de oxigênio é de 0,88 volts em 6462 RPM, isso representa que a queima da mistura ar combustível não ocorreu totalmente, dessa forma há resquícios de combustível na emissão de gases.

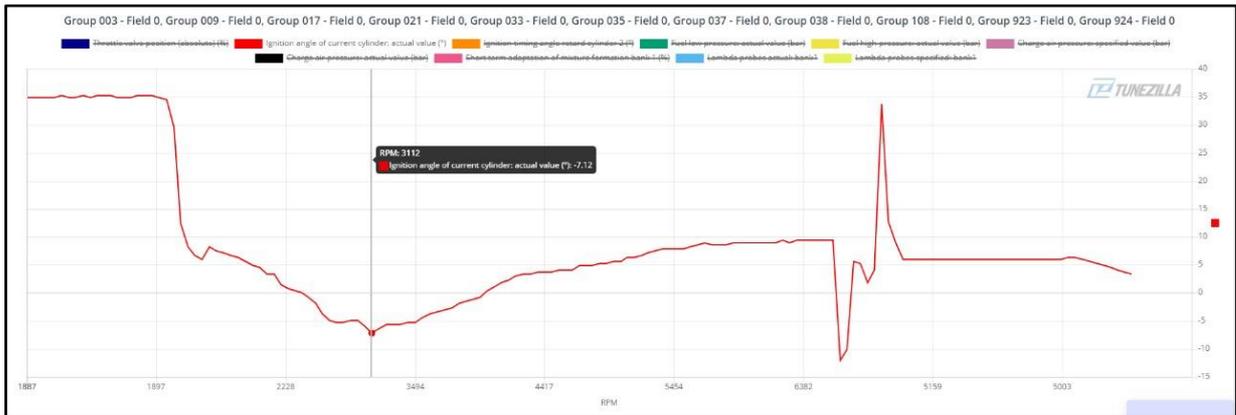
Figura 14 – Pressão média de turbo Jetta GLI stage 1



Fonte: O autor (2022).

O stage 1 apresenta o ponto máximo de pressão de turbo de 2,43 Bar em 2656 RPM, conforme o gráfico da imagem 14, pode-se perceber que há linearidade no gráfico em relação a pressão do turbo a medida que aumenta as RPM, ou seja, há uma menor perda de pressão aumentando assim a pressão média de turbo, que é 2,09 Bar.

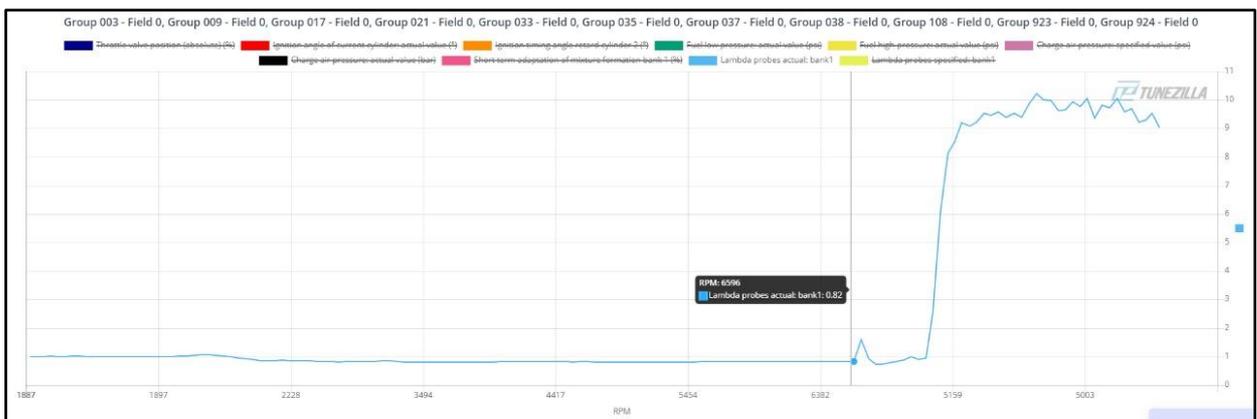
Figura 15 – Tempo mínimo de ignição Jetta GLI stage 1



Fonte: O autor (2022).

Como demonstra o gráfico da imagem 15, o tempo mínimo de ignição obtido com o mapa em *stage 1* foi de  $-7,12^{\circ}$  em 3112 RPM, isto é, a mistura ar combustível apresenta-se mais rica em ar do que combustível.

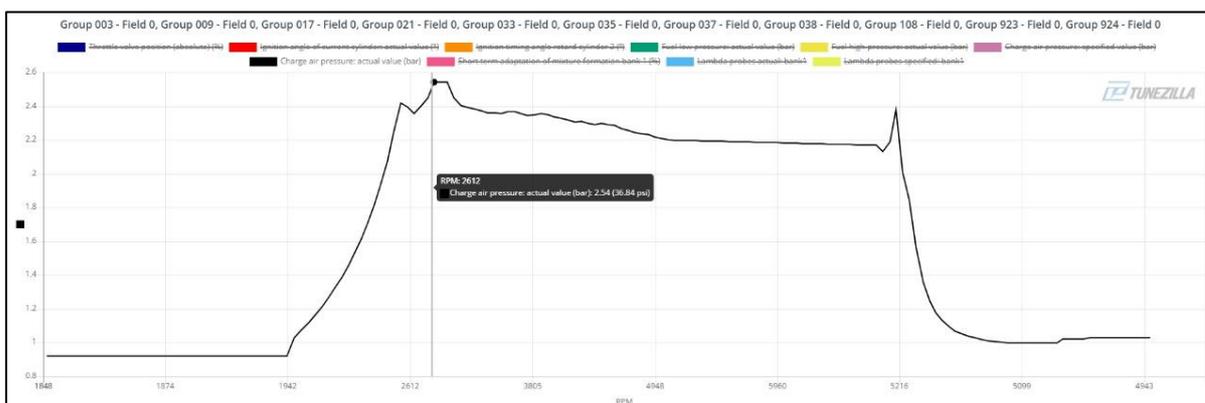
Figura 16 – Proporção mínima de oxigênio Jetta GLI stage 1



Fonte: O autor (2022).

O percentual mínimo de oxigênio obtido com o *stage 1* foi de 0,82 volts em 6596 RPM, demonstrando que queima da mistura ar combustível resultou em uma emissão de gases com maior concentração de combustível mas ainda assim se mostra eficiente.

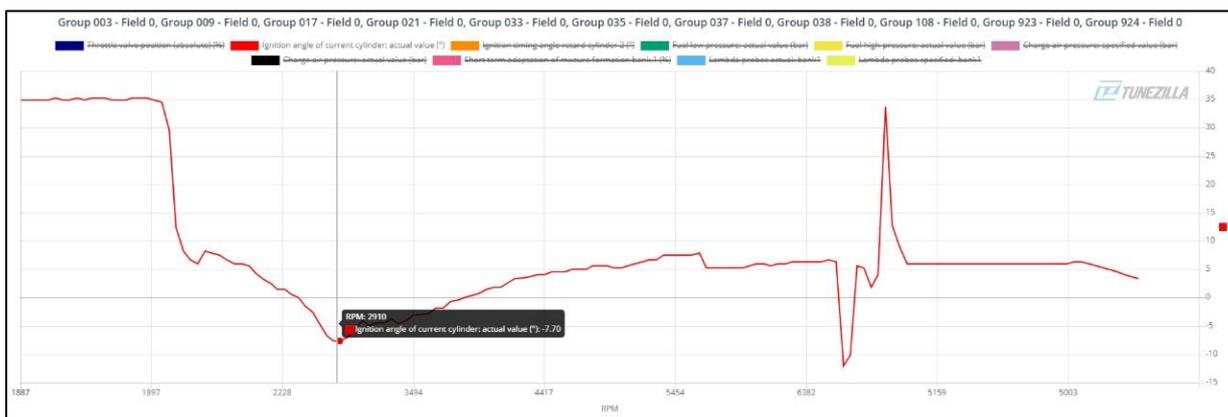
Figura 17 – Pressão média de turbo Jetta GLI stage 2



Fonte: O autor (2022).

O *stage 2* apresentou o ponto máximo de pressão de turbo de 2,54 Bar em 2612 RPM, após ocorre uma baixa redução do desempenho com tendência de linearidade, conforme imagem 17. Isso ocorre devido as características da turbina e do mapa do veículo, levando ao resultado de pressão média de turbo foi de 2,13 Bar.

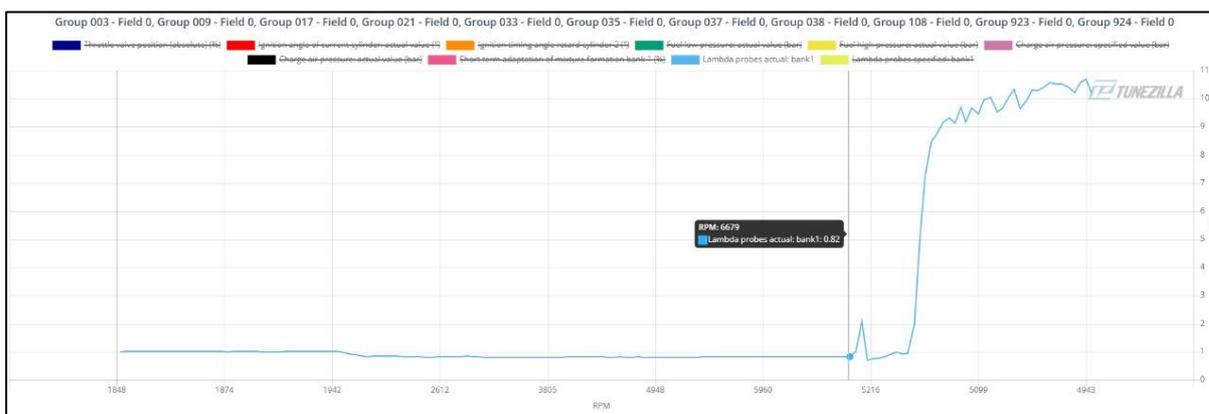
Figura 18 – Tempo mínimo de ignição Jetta GLI stage 2



Fonte: O autor (2022).

O tempo mínimo de ignição obtido com o mapa em *stage 2* foi de  $-7,70^\circ$  em 2910 RPM, como demonstra o gráfico da imagem 18, isto é, a mistura ar combustível apresenta-se mais rica em ar do que combustível devido a maior pressão de turbo obtida no *stage 2*.

Figura 19 – Percentual mínimo de oxigênio Jetta GLI stage 2



Fonte: O autor (2022).

O *stage 2* apresentou proporção mínima de oxigênio de 0,82 volts em 6679 RPM, conforme demonstra o gráfico da imagem 19. Isto é, demonstrando que queima da mistura ar combustível apresenta uma maior proporção de combustível, porém ainda assim se mostra eficaz.

#### 4.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Através dos resultados obtidos é possível observar quantitativamente que o Jetta GLI *stage 1* apresentou um aumento significativo de potência e torque se comparado com o mapa original, 271 wHP e 48 Kgfm; 244 wHP e 42 Kgfm, respectivamente. Um ganho de aproximadamente 27 wHP e de 4 Kgfm, o que leva a aproximadamente a 320 CV de motor, sendo que o mapa original possui 287 CV de motor. Agora se compararmos os resultados obtidos do mapa *stage 1* com o mapa *stage 2*, percebemos que também há um ganho considerável de potência, pois o *stage 1* apresenta 271wHP e o *stage 2* 283wHP, ganho de aproximadamente 12wHP. Em relação ao torque há ganho de 5Kgfm, pois o *stage 1* apresentou torque de 48Kgfm e o *stage 2* de 53Kgfm. O que leva a um ganho expressivo no desempenho do motor, cerca de 350 CV de motor no *stage 2*.

Em relação a pressão média de turbo, o *stage 1* apresentou um melhor resultado (2,09 Bar) se comparado com o mapa original (1,97 Bar), isto é conforme o aumento das rotações por minuto o veículo se mantém constante. Esse melhor desempenho também pode ser observado se compararmos o ponto máximo da pressão de tubo do *stage 1* (2,43 Bar em 2656 RPM) com o mapa original (2,30 Bar em 3211 RPM), ou seja, o *stage 1* consegue obter uma resposta mais eficiente

consequentemente mais rápida do que o mapa original. Logo, se comprarmos o *stage 1* (pressão média de turbo 2,09 Bar ponto máximo da pressão de turbo 2,43 Bar em 2656 RPM) com o *stage 2* (2,13 Bar e ponto máximo da pressão de turbo 2,54 Bar em 2612 RPM) observamos a mesma ideia, porém há uma maior linearidade do gráfico em relação aos resultados obtidos no mapa *stage 2*, devido as modificações realizadas no mapa associadas com a troca do filtro de ar, o qual permite um maior fluxo de ar para admissão. A pressão de turbo é um parâmetro que influencia diretamente na potência do veículo, pois quanto maior o volume de ar admitido pelo motor maior será a injeção de combustível, obtendo-se dessa forma uma mistura mais homogênea, consequentemente a combustão se torna mais eficiente por apresentar um maior rendimento, diminuindo dessa forma os gases poluentes (CONSTANTIN, 2017).

O tempo mínimo de ignição é uma variável muito importante para obtenção de um melhor desempenho veicular, pois através dela é possível controlar a pré-ignição evitando quebras e obtendo maior aproveitamento energético da queima (TORRES, 2018). É possível perceber que houve um decrescimento gradual dos valores obtidos nos diferentes mapas do veículo: mapa original  $-4,87^\circ$  em 3318 RPM, mapa *stage 1*  $-7,12^\circ$  em 3112 RPM, mapa *stage 2*  $-7,70^\circ$  em 2910 RPM. O decrescimento nos valores de ponto mínimo de ignição estão relacionados diretamente com o ponto máximo de pressão de turbo, pois com maior fluxo de ar admitido, há uma maior concentração de ar na mistura ar combustível, consequentemente a queima dessa mistura ocorre mais rapidamente.

Já a proporção mínima de oxigênio, esta relacionada com a leitura da queima da mistura ar combustível pela sonda lambda e com a emissão de gases após a combustão. Sendo que valores acima de 1 volt demonstram que a mistura apresenta uma maior concentração de oxigênio do que combustível, valores menores que 1 volt demonstram o contrário, misturas mais ricas em combustível, portanto 1 volt equilibra a queima de 50% ar e 50% combustível (TRIGUEIRA, 2014). Conforme os valores obtidos, percebe-se que o mapa original apresentou um resultado mais próximo de 1 volt (0,88 volts), ou seja uma mistura mais rica em combustível. Entretanto, o *stage 1* e *stage 2* apresentam o mesmo valor (0,82 volts), também próximos de 1 volt, porém menor se comparado com o mapa original, isso ocorre devido as modificações nos mapas do veículo, pois com uma maior concentração de combustível temos uma menor temperatura na câmara de combustão preservando dessa forma os conjuntos

mecânicos e de ignição.

Sendo assim, os resultados mostram que o Jetta GLI com *stage 2* apresentou um maior desempenho veicular diante das variáveis aplicadas, se compararmos com os demais mapas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atavés desse estudo experimental que teve como objetivo a comparação dos diferentes estágios de preparação do motor EA888, foi possível observar que a reprogramação apresenta resultados expressivos em relação ao mapa original, pois o Jetta com preparação e reprogramação *stage 2* apresentou resultados mais significativos que os demais mapas, apresentando dessa forma uma melhor performance em relação ao torque e potência, bem como em relação a pressão média de turbo e ao tempo mínimo de ignição.

Os dados obtidos comprovam de forma quantitativa que a reprogramação de injeção eletrônica de veículos é uma opção viável e promissora para condutores que desejam motores com maior aproveitamento energético, melhor performance, confiabilidade e segurança. Pois com a reprogramação é possível otimizar parâmetros do mapa do veículo para diferentes condições de funcionamento do motor, de acordo com as preferências do condutor. Ademais, o veículo com reprogramação também apresentou resultados qualitativos, como uma melhor dirigibilidade e menor delay.

Porém, é importante resaltar que os resultados obtidos poderiam ser superiores em relação ao desempenho e performance do veículo (torque e potência) no *stage 1* e *2*, em razão das diferentes variáveis em relação a aferição, como: cidades diferentes com pressão atmosférica distintas, condições meteorológicas, modelos diferentes de dinamômetros e diferentes combustíveis. Essas variáveis influenciam diretamente na potência do motor, em altitudes elevadas há menos oxigênio, desse modo menos ar entra no motor e menor é a queima de combustível levando a um menor desempenho. Temperaturas altas também reduzem o desempenho veicular, por deixar o ar mais denso, dessa forma menos ar é admitido e menor é a queima de combustível (GONÇALVES et al, 2018).

Portanto, a reprogramação de injeção eletrônica é uma opção viável para melhor desempenho e performance do veículo, pois tanto em *stage 1* quanto em *stage 2* apresentou melhores resultados do que o mapa original. Através dela é possível adequar parâmetros do veículo de acordo com as condições e necessidades do

condutor. Além disso a reprogramação pode-se definir como reprogramação de injeção eletrônica com alterações nos valores do mapa central do veículo, o qual é responsável por comandar diferentes dados que gerenciam o motor, adequando esses parâmetros de acordo com a necessidade do condutor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBALADEJO, F.S. **Desenvolvimento de uma unidade de gerenciamento eletrônico para motores de combustão interna do Ciclo Otto**. São Paulo, 2013. Disponível em [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-11072014-120932/publico/Diss\\_FelipeAlbaladejo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-11072014-120932/publico/Diss_FelipeAlbaladejo.pdf). Acesso em 08 out. 2022.

CABRAL, Ana Caroline Soares. **Influência do filtro de ar em relação à autonomia em um motor diesel**. Universidade de Rio Verde. Rio Verde, GO, 2016. Disponível em <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Artigo%20Ana%20Caroline%20Soares%20Cabral.pdf>. Acesso em 14 out. 2022.

CONSTATIN, L.C.P. **Dimensionamento de turbocompressores para aplicação em motores de combustão interna**. TCC do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19540/1/DimensionamentoTurbocompressore sAplicacao.pdf>. Acesso em 20 set. 2022.

ENTLER, William Jacob. **Giga de Testes para ECU**. Orientador: Edson C. Kitani. 2018. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Especialização em Tecnologia em Eletrônica Automotiva, FATEC, Santo André, 2018.

GONÇALVES, *et al.* **Fatores influentes das irreversibilidades dos motores de combustão interna**. Disponível em <https://semanaacademica.org.br/artigo/fatores-influentes-das-irreversibilidades-dos-motores-de-combustao-interna>. Acesso em 23 de out.2022.

KORPASCH, R. W. **Comparação do desempenho dos motores automotivos após reprogramação da central eletrônica: Amarok V6 e Jetta GLI**. Guarapuava, Paraná, 2021. Disponível em <https://revista.camporeal.edu.br/index.php/pi/article/view/500>. Acesso em 29 de out. 2022.

LANES NETO, S. F. **Avaliação numérica do desempenho de um motor de combustão interna operando com combustível de alta octanagem**. Juíz de Fora, Minas Gerais. 2017, 63 p. Disponível em [https://www.ufjf.br/mecanica/files/2016/07/UFJF\\_2017\\_-TCC\\_Francisco-Soares-de-Lannes-Neto.pdf](https://www.ufjf.br/mecanica/files/2016/07/UFJF_2017_-TCC_Francisco-Soares-de-Lannes-Neto.pdf) . Acesso em 20 de out. 2022

MADE FOR STRET. **Stages 1,2,3 – as diferenças entre eles**. Disponível em <https://madeforstreet.com.br/2019/03/25/stages-1-2-3-as-diferencas-entre-eles/>. Acesso em 15 set. 2022.

MILHOR, C. E. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna Ciclo Otto**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-12032003-092253/publico/CarlosEduardo.pdf>. Acesso em 10 out 2022.

PERFORTECH. **O que é Remap & Perguntas frequentes**. Disponível em <https://www.perfortech.com.br/servico/7/o-que-e-remap-perguntas-frequentes>. Acesso em 15 set. 2022.

PRADO POWERCHIPS. **Leitor serial KESS v2**. 2022. Disponível em <https://pradopowerchips.com.br/produto/leitor-serial-kess-v2>. Acesso em 29 de out. 2022.

REIKO. Reprogramação de EDU - **Entenda como funciona**. Disponível em <https://reiko.com.br/reprogramacao-de-ecu>. Acesso em 16 set. 2022.

RIBEIRO, M. D. **Modelagem de motor de combustão interna e simulação do processo de queima de combustível**. TCC do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2013. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120767/000740143.pdf?sequen>. Acesso em 10 de out. 2022.

SALOMÃO, T.R; OLIVEIRA Junior, AMARANTE, M. dos S. **A evolução do motor de combustão – Ciclo Otto**. Revista Pesquisa e Ação, nº 01, maio de 2018. Disponível em <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/388/486>. Acesso em 13 de out. 2022.

SILVA, R.A. **Estudo das Características Morfológicas, Texturais e Estruturais dos Catalisadores Automotivos e Síntese e Caracterização de Filmes Alternativos**. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Exatas. Belo Horizonte, 2008. Disponível em [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-86NT3X/1/tese.de.doutorado.ronald\\_.d.q\\_ufmg.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-86NT3X/1/tese.de.doutorado.ronald_.d.q_ufmg.pdf). Acesso em 14 out. 2022.

SILVEIRA, Fernando Lang da. **Máquinas térmicas à combustão interna de Otto e de Diesel**. Instituto de Física da UFRGS, 2001. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/fis183/textos/maquinas/maquinas.html>. Acesso em 29 de out. 2022.

STRIKE BRASIL. **O que é remap Stage 1 e Stage 2?** Disponível em <https://strikebrasil.com/blog/o-que-e-remap-stage-1-e-stage-2/>. Acesso em 15 set. 2022

TILLMANN, C. A. da C. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013. [https://conaenge.com.br/wp-content/uploads/2018/05/motores\\_combustao\\_interna\\_e\\_seus\\_sistemas-2013.pdf](https://conaenge.com.br/wp-content/uploads/2018/05/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas-2013.pdf). Acesso em 06 out. 2022.

TORRES, A. V. **Investigação do fenômeno de pré-ignição a baixas velocidades em motor de ignição por centelha**. Dissertação para obtenção de título em Mestre em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2018. 95 p.

TRIGUEIRA, João Ricardo Cruz. **Otimização da Gestão Eletrônica do Motor**. Orientador: José Ferreira Duarte. 2014. 112 f. Dissertação – Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. **Apostila sobre Motores de Combustão**. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>. Acesso em 15 out 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Ciclo de Otto**. Programa de Pós-Graduação em Física. Disponível em [https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo\\_otto.htm](https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm).

Acesso em 14 out 2022.

VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Princípios de funcionamento dos Motores de Combustão Interna**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em:

[http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154\\_motores\\_e\\_tratores/Aulas/principios\\_de\\_funcionamento.pdf](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/principios_de_funcionamento.pdf). Acesso em 17 set. 2022.

