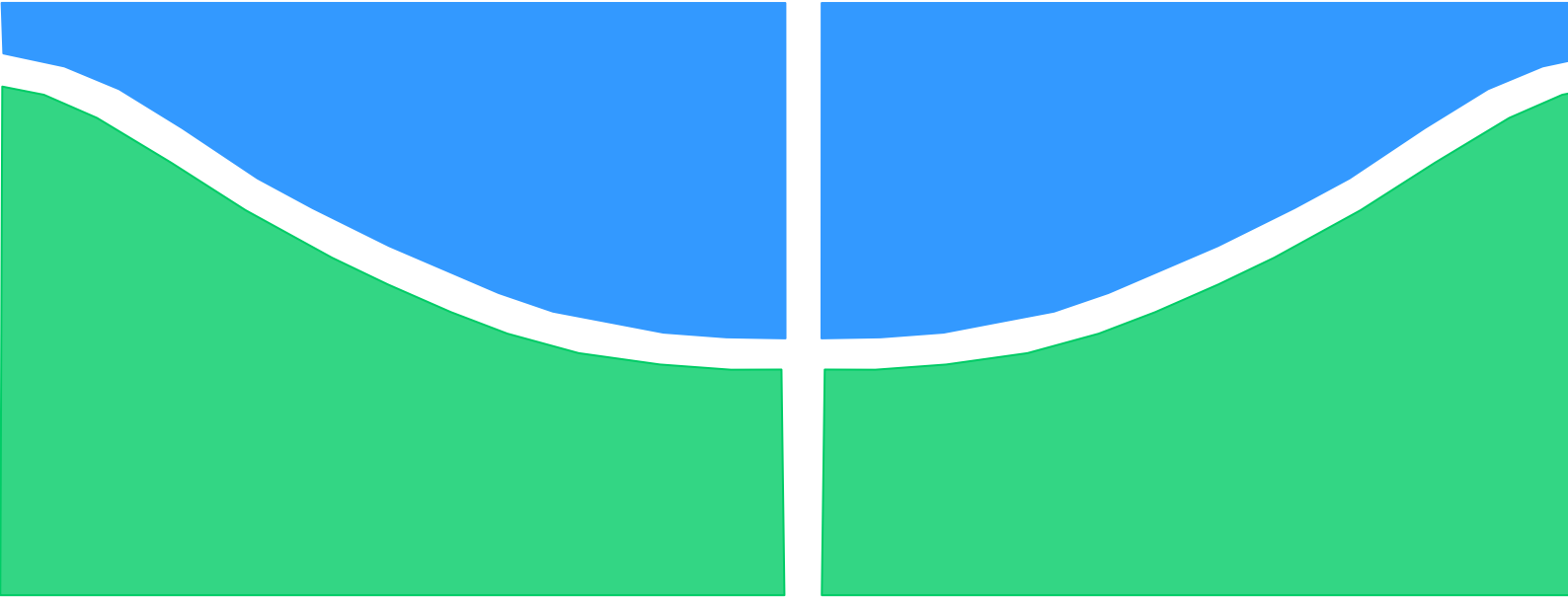




Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia Automotiva

Thomas Henrique Montipó Guimarães

Orientador: Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Brasília, DF

2022



Thomas Henrique Montipó Guimarães

**Estudo experimental comparativo de utilização de isolante térmico e elemento
filtrante menos resistivo em motores à combustão interna**

Monografia submetida ao curso de
graduação em Engenharia Automotiva da
Universidade de Brasília, como requisito
parcial para obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Automotiva.

Orientador: Phd. Ronni Geraldo Gomes
de Amorim

Brasília, DF

2022

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

GUIMARÃES, THOMAS H. M.

Estudo experimental comparativo de utilização de isolante térmico e elemento filtrante menos resistivo em motores à combustão interna / Thomas Henrique Montipó Guimarães. Brasília: UnB, 2022. 103 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2022. Orientação: Ronni Geraldo
Gomes de Amorim.

1. Motores. 2. Filtro de ar. 3. I. AMORIM, Ronni G. G. II. Phd.

CDU Classificação

No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem-feita ou não faz.

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

A princípio a Deus, que me trouxe até aqui e me deu forças nos momentos difíceis. Agradeço também a vida do meu pai, que nasceu de novo após mais de 80 dias de UTI e 110 dias de internação ao total devido à Covid-19.

Depois para os meus pais, Cleonice e Luís Guilherme que mesmo com toda a dificuldade sempre me proporcionaram as melhores condições de estudo e acreditando em mim quando até eu duvidava.

Aos meus avós, que são meus segundos pais, Clementino e Igenes, que são extremamente simples e de origem humilde, mas com muito suor, garra e trabalho duro mudaram o rumo de toda a família, garantindo que suas três filhas se formassem no ensino superior e por isso tenho tanto orgulho de ser o neto favorito destes que são as pessoas que mais amo nesse mundo! Agora digo com o maior orgulho: Sou seu primeiro neto graduado em uma universidade federal de alto renome.

À minha esposa, Ana Karina, que sempre me deu suporte nos momentos difíceis e sempre me pôs para cima, me apoiando em qualquer decisão que fosse tomada, a pessoa que sabe meu ânimo apenas por mensagem de celular e que, por muitas vezes, enxugou minhas lágrimas de tristeza e alegria.

Por fim, ao Pietro, um menininho que chegou em 2018 em meio a uma bagunça tremenda e aos poucos conquistou o seu lugarzinho da forma mais singela e sem querer nada em troca. Eu te amo meu filho!

A todos vocês que eu amo tanto, dedico este trabalho!

Aos colegas de faculdade, em especial aos do LEI – Laboratório de Engenharia e Inovação - que por muitas vezes me salvaram nas disciplinas complicadas.

E por fim, agradeço a todos os professores que de alguma forma influenciaram no profissional que sou, em especial ao meu orientador Dr. Ronni Geraldo Amorim, que me cativou durante todo o curso de engenharia, se tornando além de um professor, um verdadeiro amigo que quero levar para a vida.

*Pensar grande e pensar pequeno gasta
a mesma energia. Vamos pensar grande!*

Allan Borçari

RESUMO

Os veículos comercializados em larga escala possuem restrições no sistema de admissão, o que resulta menores valores de potência e torque. O trabalho a seguir tem por finalidade o aumento destes dois índices, realizando alteração do elemento filtrante e tomada de ar frio. Serão apresentados ao leitor os passos introdutórios teóricos necessários para que possa ter base sólida de como realizar alterações que tragam resultados numéricos maiores quando comparados aos valores com o veículo com caixa de ar e elemento filtrante originais. Conceitos como a composição estrutural do motor, relação entre torque e potência e mistura ar combustível serão abordados e explicados de forma simples. Os testes foram realizados em dinamômetro com três configurações diferentes: Veículo completamente original com filtro contaminado; Veículo original com filtro novo; e, por fim, filtro de ar de maior fluxo e tomada de ar frio, sendo esperado ganho de potência nas duas alterações, sendo que a captação de ar frio, apresente maior eficiência sobre os demais devido ao maior fluxo e menor temperatura do ar. O estudo aconteceu em um dinamômetro de Foucault na Universidade de Brasília em um Renault Megane 1.6 16v de motor de código K4M.

Palavras-chave: Elemento filtrante. Filtro de ar esportivo. Captação de ar frio. Torque e potência. Dinamômetro

ABSTRACT

Vehicles commercialized on a large scale have restrictions on the intake system, which results in lower values of power and torque. The purpose of the following work is to increase these two indices, changing the filter element and taking in cold air. The reader will be presented with the necessary theoretical introductory steps so that he can have a solid basis on how to make changes that bring greater numerical results when compared to the values with the vehicle with the original air box and filter element. Concepts such as the engine's structural composition, relationship between torque and power and air-fuel mixture will be approached and explained in a simple way. The tests were performed on a dynamometer with three different configurations: Completely original vehicle with contaminated filter; original vehicle with new filter; and, finally, a higher flow air filter and cold air intake, with a gain in power being expected in both alterations, with the intake of cold air presenting greater efficiency over the others due to the higher flow and lower air temperature. The study took place on a Foucault dynamometer at the University of Brasília in a Renault Megane 1.6 16v with a K4M engine.

Keywords: Filter element. Sports air filter. Cold air intake. Torque and power. Dynamometer

Índice de figuras

<i>Figura 1 - Partes de um motor. Fonte: (VARELLA, 2016).</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2 - Blocos de motores. Fonte: (BOFF, 2003)</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3 - Os quatro tempos do motor. Fonte: (HEYWOOD, 1988) com adaptações.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4 - Frente de chama. Fonte: (MAZDA, 2018), com adaptações.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5 - Vela de ignição. Fonte: (NGK, 2022), com adaptações.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6 - Sonda lambda. Fonte: (BOSH).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7 - Sistema pistão-biela-manivela. Fonte: (BRUNETTI, 2012), pág 159.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8 - Filtro de ar do motor. Fonte: (TECFIL, 2022).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9 - Filtro de ar de fixação universal RG-1001RD. Fonte: (K&N, 2022).....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10 - Cold Air Intake Version V4 carbon fiber edition. Fonte: (N63 INTAKE).</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11 - Motor Megane 1.6 16v. Fonte: (GUILHERME FONTANA E FELIPE BITU, 2017)</i>	<i>33</i>
<i>Figura 12 – Filtro de ar esportivo da marca RS Performace. Fonte: (RS AIR FILTER, 2022)</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13 - Caixa de ressonância. Fonte: (RENAULT).....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 14 - Croqui da luva de conexão. Fonte: Autor.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15 - Plano de uso do dinamômetro. Fonte: Autor.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 16 - Vídeo demonstração de posicionamento do CAI. Fonte: Autor.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 17 – Dados brutos e tratados utilizados no projeto. Fonte: Autor.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 18 - Análise dos dados gerais do experimento em PowerBI. Fonte: Autor.</i>	<i>47</i>

Índice de tabelas

<i>Tabela 1 - Lambda X Relação Estequiométrica. Fontes: (MOTEC, 2016) e (FUELTECH, 2019)</i>	26
<i>Tabela 2 - Materiais utilizados. Fonte: Autor.</i>	32
<i>Tabela 3 - Datasheet Renault Megane - Fonte: (CARROS NA WEB)</i>	32
<i>Tabela 4 – Características dos materiais- Fonte: Autor.</i>	37
<i>Tabela 5 – Matriz de decisão - Fonte: Autor.</i>	38
<i>Tabela 6 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	48
<i>Tabela 7 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	48
<i>Tabela 8 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	49
<i>Tabela 9 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	50
<i>Tabela 10 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	51
<i>Tabela 11 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	51
<i>Tabela 12 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM – Filtro contaminado. Fonte: Autor.</i>	53
<i>Tabela 13 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.</i>	53
<i>Tabela 14 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro esportivo e CAI. Fonte: Autor.</i>	54

Lista de abreviaturas

CAI	Cold Air Intake;
cc	Centímetro cúbico;
cv	Cavalo-vapor;
F1	Fórmula 1;
FIA	Federação internacional do automóvel;
GLP	Gás liquefeito de petróleo;
hp	Horsepower;
kg	Quilograma;
km/h	Quilômetros por hora;
MCI	Motor de combustão Interna
Mv	Milivolt;
PMI	Ponto morto inferior;
PMS	Ponto morto superior;
RPM	Rotação por minuto;
THP	Turbo High Pressure;

Lista de símbolos

D	Distância;
F	Força
F_n	Força normal;
F_r	Força resultante;
F_{tan}	Força tangencial;
T	Torque;
P	Potência;
ω	Velocidade angular da árvore de manivelas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2.3. JUSTIFICATIVA	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. HISTÓRIA DOS MOTORES	17
3.2. CONSTITUIÇÃO DE UM MOTOR.....	18
3.3. MOTOR DE 4 TEMPOS	20
3.4. IGNIÇÃO	22
3.4.1. Ignição por centelha.....	22
3.4.2. Ignição por compressão.....	23
3.5. RELAÇÃO AR COMBUSTÍVEL.....	23
3.6. RELAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS VERSUS LAMBDA IDEAL	25
3.7. TORQUE E POTÊNCIA.....	26
3.8. TIPOS DE ELEMENTOS FILTRANTES.....	28
3.8.1. Filtro de papel.....	28
3.8.2. Filtro esportivo.....	29
3.9. COLD AIR INTAKE	29
3.10. DINAMÔMETRO	30
4. LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS.....	32
4.1. VEÍCULO UTILIZADO.....	32
4.2. ELEMENTO FILTRANTE.....	33
4.3. IDEALIZAÇÃO DA TOMADA DE AR FRIO.....	34
4.4. TUBO DE ADMISSÃO.....	35
4.5. LUVA ADAPTADORA	36
4.5.1. Ferramental utilizado na construção do dispositivo.....	36
4.5.2. Matriz de decisão do material.....	37
4.6. Dinamômetro e software	41
5. METODOLOGIA.....	42
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	42

5.2.	FLUXOGRAMA DE TESTES DINAMOMÉTRICOS	42
5.3.	TESTE 1: FILTRO DE AR ORIGINAL E CONTAMINADO	43
5.4.	TESTE 2: FILTRO DE AR ORIGINAL NOVO	44
5.5.	TESTE 3: COLD AIR INTAKE E FILTRO DE AR ESPORTIVO	44
6.	RESULTADOS	47
6.1.	BAIXAS ROTAÇÕES (2000 RPM).....	47
6.1.1.	Filtro contaminado	48
6.1.2.	Filtro novo	48
6.1.3.	Cold Air Intake e filtro esportivo.....	49
6.2.	MÉDIAS ROTAÇÕES (4000 RPM)	50
6.2.1.	Filtro contaminado	50
6.2.2.	Filtro Novo	51
6.2.3.	Cold Air Intake e filtro esportivo.....	51
6.3.	ALTAS ROTAÇÕES (6000 RPM)	53
6.3.1.	Filtro contaminado	53
6.3.2.	Filtro novo	53
6.3.3.	Cold Air Intake e filtro esportivo.....	54
6.4.	GRÁFICOS DINAMOMÉTRICOS	55
6.4.1.	CURVAS POR CONDIÇÃO	55
1.1.	CURVAS MÉDIAS SOBREPOSTAS	57
7.	CONCLUSÃO.....	59
8.	BIBLIOGRAFIA	60
	ANEXOS	63
	ANEXO I	63

1. INTRODUÇÃO

Com a popularização da internet e o advento de plataformas de streaming, é crescente a quantidade de vídeos que possuem informações incorretas e sem credibilidade e levam pessoas a alterações mecânicas que, ao invés de melhorar, prejudicam os veículos. É comum se deparar com anúncios de dispositivos milagrosos que prometem reduzir consumo e aumentar a potência.

O livro “Internal Combustion Engine Fundamentals” do conceituado (HEYWOOD, 1988) traz que a ideia principal dos motores de combustão interna é a produção de energia mecânica através da energia obtida com a combustão da mistura ar combustível.

Os motores de combustão interna (MCI), quando naturalmente aspirados, possuem limitações quanto a quantidade de ar admitido. Existem diversas alterações as quais podem ser realizadas, porém todas visam basicamente duas coisas: aumentar a quantidade de ar que entra na câmara de combustão ou facilitar a saída da mistura da câmara de combustão. Para esta última, pode-se remover o catalisador, dimensionar melhor o coletor de escape e polir os dutos do cabeçote. Para a primeira, substituir o coletor de admissão por um plenum, melhorar o ângulo de sede de válvulas ou simplesmente trocar o elemento filtrante por outro menos restritivo.

Devido ao baixo custo desta última opção, é comum ser a primeira alteração mecânica de um entusiasta em busca de maior cavalaria embaixo do capô. As marcas garantem até 8 cv a mais de potência a um custo de cerca de R\$ 200,00 (RS AIR FILTER, 2022) com durabilidade de até 50 mil quilômetros.

Outro elemento que pode ser restritivo é caixa de ar original do veículo, pois esta busca abafar o ruído produzido ao promover aceleração e o elemento filtrante busca a maior durabilidade possível do motor, sacrificando assim a performance do veículo. Neste caso, também é comum o proprietário remover a caixa de ar, porém esta modificação poderá influenciar negativamente no ganho de potência, porque existe a possibilidade de captação de ar quente proveniente do habitáculo do motor, principalmente em motores modernos os quais a quantidade de espaço disponível é muito pequena.

Para resolver a problemática do ar quente, é possível desenvolver um defletor que isola o motor do filtro ou uma tomada de frio, conhecida também como cold air intake ou ainda sua sigla, CAI, captando o ar diretamente da frente do veículo, garantindo assim melhor eficiência do sistema (POZIOMYCK, 2009).

Para descobrir o real aproveitamento do motor com estas alterações mecânicas é necessário realizar testes em ambiente controlado com auxílio de um dispositivo que mensure os valores de torque e potência do veículo, e para isso é utilizado o dinamômetro. O equipamento utilizado é do tipo inercial, o qual o veículo apoia as rodas de que recebem torque da transmissão e os rolos que possuem massa de valor conhecido e fazem os cálculos dos valores de acordo com a desaceleração.

No relatório emitido haverá ressaltado os valores de pico para potência e torque e um gráfico com as curvas das duas variáveis. Neste experimento será comparado estes valores de pico bem como as curvas, a fim de afirmar que a troca do filtro de ar aliada com a captação de ar frio resultará em maiores ganhos para o motor.

No próximo capítulo, será apresentada a motivação do trabalho em questão, bem como os objetivos principais e específicos para a concretização do experimento.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Este trabalho tem por objetivo a experimentação das alterações de torque e potência máximas com a alteração do elemento filtrante e captação de ar frio nas condições de baixas, médias e altas rotações em um veículo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como forma de alcançar o objetivo principal, outros objetivos são necessários:

1. Como princípios básicos, compreender o funcionamento de um motor de combustão interna – MCI – e os sistemas que influenciam diretamente no torque e potência do veículo além da forma de funcionamento de um dinamômetro.
2. Desenvolver *Cold Air Intake* (tomada de ar frio);
3. Realizar testes em dinamômetros avaliando os resultados em 2000, 4000 e 6000 rotações por minuto (RPM) e os valores de pico de torque e potência.

2.3. JUSTIFICATIVA

O experimento visa fornecer dados precisos sobre quais modificações são eficazes, do ponto de vista técnico, serem realizadas para ganho de torque e potência. É possível encontrar diversos anúncios que prometem ganhos astronômicos de desempenho e consumo com soluções, às vezes, absurdas.

No meio automotivo é comum escutar a expressão “Carro é um cobertor curto, puxa de um lado e descobre o outro”. A analogia se refere à condição a qual ao aumentar a potência e/ou torque, conseqüentemente aumentará também o consumo de combustível do veículo e/ou emissões.

Este trabalho será desenvolvido para acrescentar ao meio acadêmico conhecimento teórico e prático, possibilitando que demais profissionais e entusiastas possam compreender, com teste dinamométrico conciso e controlado, métodos que realmente são eficazes para elevar curvas de potência e torque em veículos automotores que utilizam ciclo Otto. Embora se trate de um trabalho acadêmico, existe satisfação pessoal agregada em realizar tal experiência devido o interesse natural e verdadeiro ao campo automotivo.

É importante ressaltar que os ganhos das variáveis de potência e torque neste experimento não refletirão em aumentos significativos para a poluição química e sonora do meio ambiente, como em outras modificações mecânicas como quando acontece a remoção do catalisador, por ser um elemento restritivo ao fluxo de ar e os silenciosos, que reduzem o ruído proveniente do motor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentado uma breve revisão bibliográfica sobre motores dos automóveis, o qual visará desde a história desses equipamentos até a constituição e funcionamento,

3.1. HISTÓRIA DOS MOTORES

Formas que facilitem trabalhos são buscadas desde o princípio da humanidade. Como exemplo, é possível utilizar a invenção da roda, que tem como prova mais antiga o esboço em uma placa de argila encontrada na região da Suméria na Mesopotâmia. Sendo assim, é possível verificar diversas formas nas quais os homens buscaram facilitar, ou até aumentar a capacidade, de alguns trabalhos (SIMÕES, 2006).

No século XVIII apareceram os primeiros motores de combustão externa, utilizando a lenha como fonte de energia e trabalhavam através do vapor nas máquinas estacionárias.

No século seguinte, os motores a combustão interna surgiram, elencando rápido desenvolvimento mecânico. Com relação ao que era visto nos motores externos, a combustão interna leva vantagem por sua eficiência, trazendo mais cavalos por peso da estrutura além de começar a funcionar imediatamente após ser dada a partida, visto que não é necessário esperar a produção de vapor para, posteriormente, iniciar o trabalho.

Embora a primeira patente seja datada de 1807, (ROMANCINI, 2017) apenas em 1858 o engenheiro Belga Jean Joseph Étienne Lenoir, desenvolveu um protótipo funcional de MCI que produzia cerca de 1 cv. Três anos depois, Otto e Langen, comprimiram ar e gás de iluminação e ignição por centelha elétrica.

O engenheiro Beau de Rochas estabeleceu princípios termodinâmicos baseados no motor de Otto. E, finalmente, em 1872, foi apresentado ao mundo uma das maiores revoluções da história: o motor de ciclo Otto, combinando ar e combustível que inicialmente era o gasogênio. Apenas dezessete anos mais tarde, em 1889, o motor de combustão interna do ciclo Otto, alimentado com gasolina foi empregado em um veículo.

O alemão Rudolf Diesel, utilizando os princípios termodinâmicos e observando o ciclo Otto, desenvolveu uma nova vertente. Ao invés de uma centelha para colocar o combustível em chamas, utilizou a compressão. Desta forma, o motor por ele denominado de “motor térmico racional” ficou conhecido por motor diesel.

Desde então houve uma busca incessante por tecnologia. Como forma de comparação, podemos utilizar o que há de mais moderno no mundo automotivo, os carros de Fórmula 1. Embora a primeira corrida, de acordo com historiadores, ter acontecido em 1895, a oficial foi

apenas em 13 de abril de 1950 e foram utilizados veículos com motores dianteiros que rendiam “apenas” 350 cavalos de potência e atingiam a velocidade máxima de 290 km/h (CASTELLAR, 2018). Em 1956, primeiro motor ao qual há relatos de peso, a Masserati tinha motor de 2500cc, que rendiam 240 HP a 7200 RPM com peso total de 670 quilos.

Na década seguinte, a Ford trouxe os motores V8, que rendiam até 458 HP a 12.000 RPM. Em 1977, a Renault com seu motor EF1 V6 1500cc turbo e 500 HP a 11.000 RPM foi o primeiro motor sobrealimentado, sendo a maior tendência para os anos posteriores. No ano de 1984 a Honda apresentou seu motor V6 turbo de 1.000 HP e apenas 112 kg. Na década de 2000 os motores possuíam cerca de 815 HP com aproximadamente 98 quilogramas. (Tudo sobre F1, 2020). Em 2022, os motores são 1.6 litros V6 turbo chegando a 15.000 RPM e produzindo 1045 cavalos com peso mínimo de 145 kg, exigido pela Federação Internacional do Automóvel – FIA. O veículo completo tem que ter o peso mínimo, com piloto a bordo, de 745 quilogramas segundo a (FIA, 2022).

Sendo assim, é possível visualizar a enorme evolução dos motores a combustão interna nesses 72 anos de competição, saindo de 12 cilindros e 350 cavalos para 6 cilindros limitados a 1050 cavalos.

3.2. CONSTITUIÇÃO DE UM MOTOR

Primeiro é necessário definir o que é um motor: Segundo (BRUNETTI, 2012), o motor “é um dispositivo que converte energia em trabalho mecânico”.

Os motores são constituídos, normalmente, por três principais peças, são elas o cárter, bloco e cabeçote conforme a Figura 1. Dentro de cada uma das três peças existem outros componentes, conforme descrito abaixo:

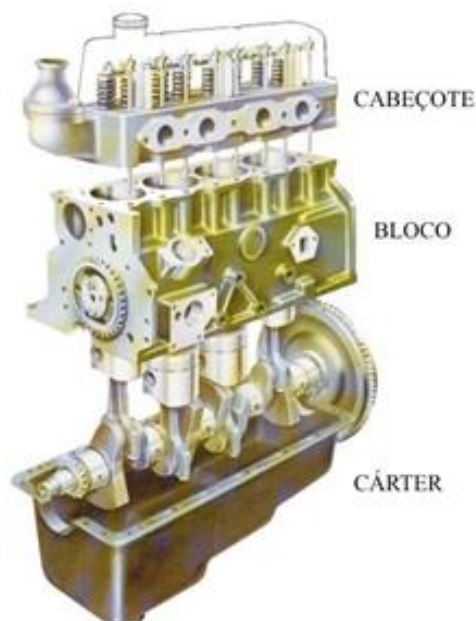


Figura 1 - Partes de um motor. Fonte: (VARELLA, 2016).

Carlos Varella (VARELLA, 2016) discorre sobre o cabeçote, dizendo que é a parte do motor responsável por realizar a admissão de ar e combustível, através dos dutos de admissão e liberando-os para o bloco através das válvulas de admissão. Na exaustão, que será explicada adiante, os gases retornam ao cabeçote pela válvula e dutos de exaustão e são direcionados ao coletor de escapamento e posteriormente ao escapamento. Como periféricos, é possível elencar o coletor de admissão, o coletor de escapamento e as correias que giram o comando de válvulas.

No bloco do motor, Figura 2, é onde é possível encontrar o conjunto pistão e biela, é o local onde as combustões ocorrem e transformam a energia química em energia mecânica. Está localizado entre o cabeçote e o cárter e tem alto grau de complexidade de construção. Segundo (BOFF, 2003), a “face de fogo” é a parte onde fica em contato com o cabeçote e recebe esse nome por ser a face a qual está mais próxima das combustões. A “face do cárter”, como o nome sugere, é a face que fica em contato com o reservatório de óleo do motor. Além do descrito, possui diversas galerias de água, óleo e ranhuras e bolachas que promovem a resistência mecânica.

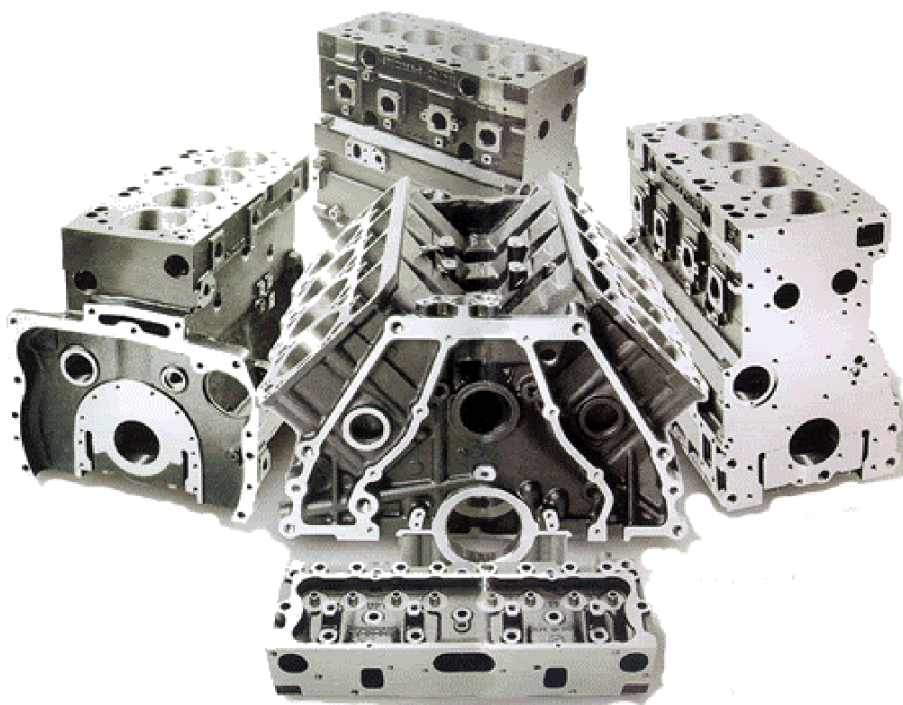


Figura 2 - Blocos de motores. Fonte: (BOFF, 2003)

O cárter, por sua vez, é o elemento mais simples. Em suma, é um reservatório de óleo que fica na parte de baixo do motor. A bomba de óleo promove pressão que transporta o fluido através das galerias com o intuito de lubrificar os componentes móveis tanto do cabeçote quanto do bloco do motor, evitando assim atrito e danos que podem ser até irreversíveis ao motor. É importante ressaltar que existem motores que não possuem o cárter na parte de baixo do motor, este tipo de estrutura chama-se “cárter seco”. Muito utilizado em veículos de performance, o sistema evita a perda de lubrificação por conta da força G que desloca todo o óleo para um lado do recipiente, fazendo com que o pescador não sugue o lubrificante, mas sua principal função é abaixar a altura do motor e consequentemente o centro de gravidade do veículo. A grande desvantagem desse tipo de construção é o custo.

3.3. MOTOR DE 4 TEMPOS

De acordo com Sandro Guimarães (SOUZA, 2014), o princípio patenteado, ou seja, sem protótipo, do motor a combustão de 4 ciclos por centelha foi desenvolvido por Alphonse Beau de Rochas, que concluiu sua tese aproximadamente ao mesmo tempo que Nicolaus Otto, o qual, conforme dito acima, efetivamente construiu o primeiro motor de ignição a centelha.

Alphonse, em seus trabalhos, descreveu a importância da compressão da mistura de ar combustível antes da ignição, relação que será abordada mais à frente ainda neste artigo. Sendo assim, definiu que um motor deveria ter 4 tempos bem determinados conforme Figura 3:

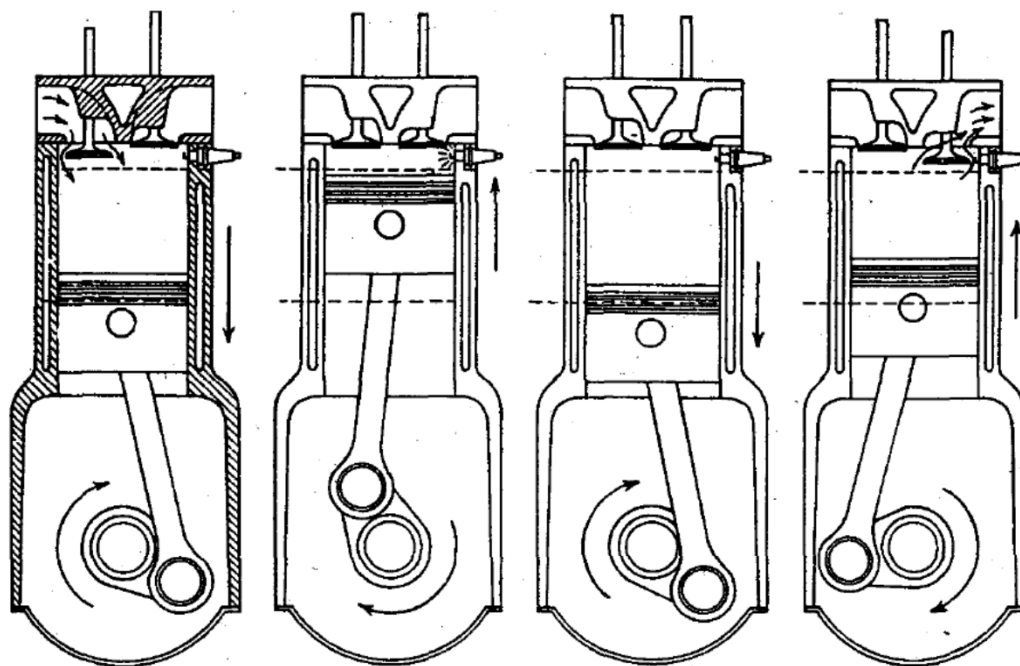


Figura 3 - Os quatro tempos do motor. Fonte: (HEYWOOD, 1988) com adaptações.

O famoso livro (HEYWOOD, 1988), explica de forma clara os quatro tempos, que são:

Admissão: Tempo no qual a válvula de admissão é acionada mecanicamente pelo comando de válvulas. A válvula se abre, permitindo assim que o motor tenha o cilindro preenchido por a mistura ar combustível. A Válvula de escape permanece fechada. O motor inicia a fase em PMS (Ponto Morto Superior) e termina o ciclo em PMI (Ponto Morto Inferior).

Compressão: Válvulas de admissão e escape estão fechadas. O motor inicia a fase em PMI e termina em PMS comprimindo a mistura ar-combustível.

Expansão: Pouco antes do PMS a vela produz a centelha que inflama o combustível e à medida que a frente de chama se propaga, aumenta a temperatura e pressão no interior do cilindro, empurrando desta forma o conjunto pistão biela para baixo e realizando trabalho, dando início a próxima fase.

Exaustão: O ciclo começa em PMI e termina em PMS, a válvula de exaustão se abre e a de admissão permanece fechada. Com o movimento do pistão, o gás é expulso do cilindro saindo em direção ao escapamento. O ciclo se repete.

3.4. IGNIÇÃO

A ignição é ponto crucial do ciclo de 4 tempos, pois é quem inicia o processo de queima do combustível. Diferente do que se possa pensar, a centelha não deve ser dada exatamente no PMS. É trivial entender que, embora aconteça em fração de segundos, existe certo tempo do momento que a centelha é gerada até efetivamente a combustão aconteça e consiga preencher todo o cilindro (HEYWOOD, 1988). Sendo assim, o avanço ou retardo do ponto de ignição é extremamente importante quando a intenção é o ganho de potência, redução de poluentes ou, até mesmo economia.

Conforme é possível visualizar na Figura 4, a frente de chama é diferente em veículos do ciclo Otto e diesel.

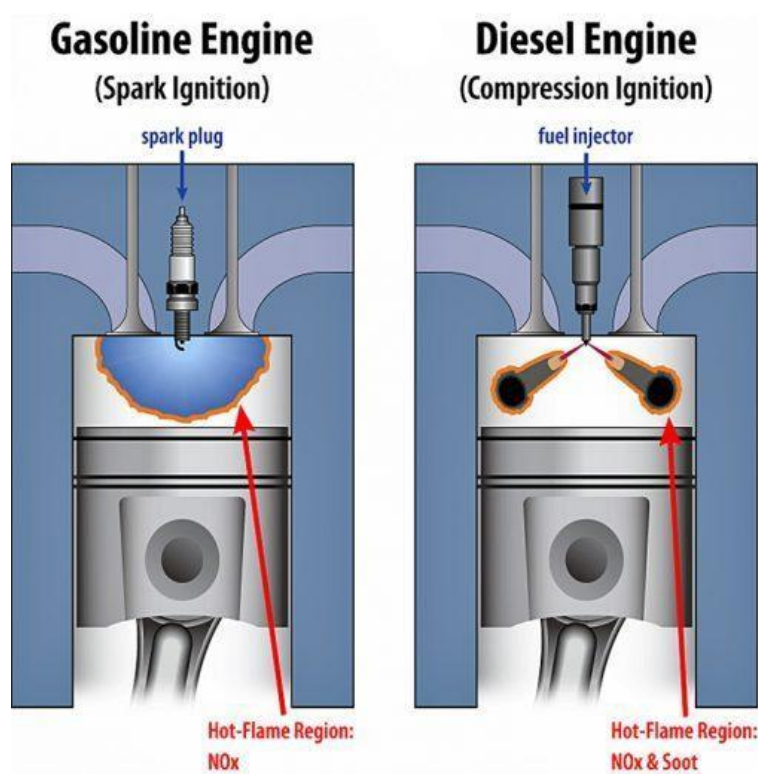


Figura 4 - Frente de chama. Fonte: (MAZDA, 2018), com adaptações.

3.4.1. Ignição por centelha

Acontece quando existe um componente chamado de “Vela de Ignição”, que pode ser visualizada na Figura 5 no interior do cilindro. Este componente recebe energia da bobina, saindo do eletrodo central e fluindo para a lateral. Esta peça é essencial para iniciar o processo de queima em motores a combustão que possuam taxa de compressão igual ou menor que 14:1. Sendo assim, é possível concluir que todos os veículos que possuam motor de combustão interna alimentados com etanol ou gasolina, possuem vela de ignição.



Figura 5 - Vela de ignição. Fonte: (NGK, 2022), com adaptações.

3.4.2. Ignição por compressão

A ignição por compressão ocorre, propositalmente, em veículos alimentados por diesel, os quais a taxa de compressão é tão alta que é possível explodir o combustível apenas pela pressão da câmara de combustão. O início da combustão é dado quando o bico de injeção direta – inserido no interior da câmara de combustão – pulveriza o combustível a pressões próximas de 1500 bar, e com a temperatura e pressão do interior do cilindro, a frente de chama começa a se propagar.

Em veículos do ciclo Otto, também é possível haver combustão por compressão, mas, no geral, não propositalmente. Este fenômeno é conhecido como pré-ignição, ou seja, ignição antes da centelha da vela. Existe também um veículo da fabricante Mazda desenvolveu um motor que tem taxa de compressão superior a 18:1, no que é chamado pela empresa de “ignição por compressão com carga homogênea” (RODRIGUEZ, 2017).

3.5. RELAÇÃO AR COMBUSTÍVEL

Como forma simples ao entendimento, é plausível compreender que em qualquer relação química/química existe uma quantidade ideal dos componentes a qual deve ser respeitada. Por exemplo, em uma receita de bolo se for adicionado muito fermento o resultado não é o mesmo se comparado a uma receita que respeitou as proporções corretas.

Trazendo esta simples ideia para os motores, e usando conceitos da química, para que haja fogo faz-se necessário um combustível e um comburente. Em MCI, o comburente é o ar e o combustível utilizado pode ser etanol, gasolina, diesel, nitro metano, GLP, dentre outros.

Sendo assim, a quantidade de combustível e ar colocados no interior do cilindro durante a fase de admissão interfere drasticamente no desempenho, consumo e emissões do veículo.

A relação ar combustível é mensurada através da quantidade de oxigênio que sai dos cilindros em direção ao escapamento. Em síntese, o sensor de oxigênio – ou sonda lambda – faz a leitura continuamente e informa a central, através de impulsos elétricos que variam normalmente de 100 a 850Mv (BOSH, 2006), a qual toma as decisões de acordo com a calibração, se deve realizar alterações na injeção de combustível.

O lambda é a relação pela qual é possível calcular a relação ideal para cada tipo de veículo e combustível. Podemos definir o coeficiente lambda (λ) (DENTON, 2004):

$$\lambda = \frac{\text{Relação ar / combustível real}}{\text{Relação ar / combustível estequiométrica}} \quad (1)$$

O fator lambda é uma razão, conforme demonstrada acima. Existem três possíveis resultados, $\lambda < 1$, $\lambda = 1$ e $\lambda > 1$. Se $\lambda < 1$, denominado como mistura rica, significa que a quantidade de combustível injetado na câmara de combustão foi, proporcionalmente, maior que a quantidade de ar. Isso implica dizer que a parte do combustível será desperdiçada. Quando $\lambda = 1$, o sistema apresenta uma razão estequiométrica perfeita, ou seja, todo o combustível e o comburente foram utilizados completamente.

Por fim, existe a mistura pobre ou $\lambda > 1$, que acontece quando a quantidade de ar no interior do cilindro é maior proporcionalmente que a quantidade de combustível injetado (WILLIAM B. RIBBENS, 1998). As proporções de lambda dependem do objetivo da central naquele instante. A renomada fabricante de injeções programáveis (FUELTECH, 2019) diz que se o objetivo for potência, o resultado será $\lambda < 1$, porém se a necessidade for menor consumo, será $\lambda = 1$ ou $\lambda > 1$, estratégias estas que previnem danos ao motor.

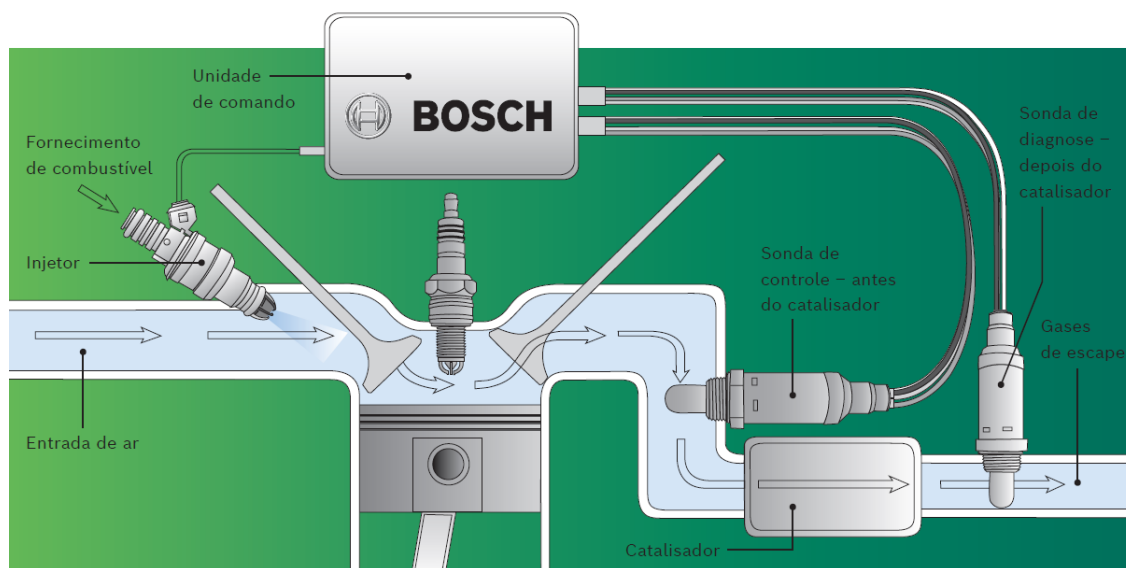


Figura 6 - Sonda lambda. Fonte: (BOSH).

O sensor de oxigênio presente na Figura 6 é um componente que pode ter diversos tipos: O catálogo da (BOSH) traz a sonda lambda não aquecida, de três ou quatro fios, planares, de banda larga e universais. Nos motores modernos, são dois dispositivos posicionados antes e depois do catalisador, conforme a Figura 6.

O sensor é construído a partir de zircônia, e (SHUK, 2008) informa que o elemento ao ser submetido a temperaturas próximas a 400°C a 700°C gera uma tensão que pode ser medida entre os terminais revestidos de platina.

Os sensores normalmente encontrados em veículos são conhecidos como narrow band ou de banda estreita, os quais conseguem informar para a ECU apenas se a mistura está pobre, estequiométrica ou rica. Se tratarmos de sondas de banda larga, ou wideband, a central recebe o dado de qual é a mistura exata naquele instante.

3.6. RELAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS VERSUS LAMBDA IDEAL

A lei nº 8.723 de 1993 (CASA CIVIL, 2015) tornou obrigatório a adição de etanol à gasolina utilizada no Brasil. Em março de 2015 o percentual foi reajustado para 27% para gasolina comum e 25% para gasolina premium

Desta forma, é plausível compreender que determinados combustíveis precisam de lambdas diferentes por conta dos seus componentes químicos. A Tabela 1 demonstra como as razões estequiométricas de cada combustível:

Tabela 1 - Lambda X Relação Estequiométrica. Fontes: (MOTEC, 2016) e (FUELTECH, 2019)

<i>Lambda</i>	<i>Gasolina</i>	<i>Etanol</i>	<i>Metanol</i>	<i>Mistura E85</i>	<i>GLP</i>
Valor estequiométrico	14,70	9,00	06,40	17,20	14,60
0,65	9,56	5,85	04,16	11,18	09,49
0,70	10,23	6,30	04,48	12,04	10,22
0,75	11,03	6,75	04,80	12,90	10,95
0,80	11,76	7,20	05,12	13,76	11,68
0,85	12,50	7,65	05,44	14,62	12,41
0,90	13,23	8,10	05,76	15,48	13,14
0,95	13,97	8,55	06,08	16,34	13,87
1,00	14,70	9,00	06,40	17,20	14,60
1,05	15,44	9,45	06,72	18,06	15,33
1,10	16,17	9,90	07,04	18,92	16,06
1,15	16,91	10,35	07,36	19,78	16,79
1,20	17,64	10,80	07,68	20,64	17,52
1,25	18,38	11,25	08,00	21,50	18,25
1,30	19,11	11,70	08,32	22,36	18,98

3.7. TORQUE E POTÊNCIA

Quando falamos em veículo, os dados de potência e torque são utilizados para especificar a motorização. O torque normalmente é medido em um dinamômetro, que será tratado no tópico 3.10.

A Figura 7 apresenta o sistema pistão-biela-manivela de um MCI o qual é responsável pelo momento torçor no virabrequim, ou eixo de manivelas, composta por F_r e pela força normal F_n .

O torque, por definição, é o produto da força pelo braço de manivela. Sendo assim, a força F resultante no pistão composta pela força F_r e pela normal F_n transmite-se à biela e desta à manivela, dando origem a uma força tangencial (F_{tan}) e consequentemente a um momento instantâneo no eixo do motor. É importante ressaltar que o motor, durante um ciclo, apresenta diversos valores para o torque devido a posição angular da manivela e, portanto, a F_{tan} é variável.

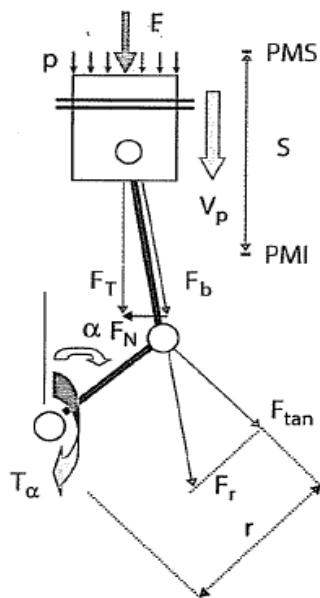


Figura 7 - Sistema pistão-biela-manivela. Fonte: (BRUNETTI, 2012), pág 159.

Para definir qual o torque do veículo (T), é calculado o momento torçor médio positivo. A força F do motor é gerada através da pressão P resultante da combustão no interior do cilindro, ou seja, quanto mais ar e combustível adentrarem no motor, mais torque o veículo produzirá. Portanto, alterar o sistema de captação de ar e preencher o cilindro com mais moléculas de ar fará com que a pressão da combustão seja maior e, conseqüentemente, seja extraído mais torque do motor (BRUNETTI, 2012).

Torque, ou binário, é a capacidade de gerar esforço, ou seja, gerar energia (HONDA, 2021). O equacionamento do torque pode ser feito utilizando a seguinte fórmula:

$$T = FD \quad (2)$$

onde:

T = Torque;

F = Força (N);

D = Distância (m);

Potência, por sua vez, é o produto do torque pela velocidade angular da árvore de manivelas e pode ser calculada para um veículo a partir de: (HEYWOOD, 1988)

$$P = 2\pi NT \quad (2)$$

o qual:

P = Potência;

N = Velocidade angular da árvore de manivelas;

T = Torque;

A potência, de forma simplificada, é o torque multiplicado pelo RPM, e da mesma forma que o torque, é dependente da rotação. Quando publicado nas fichas técnicas dos veículos, o torque e potência divulgado pelas montadoras referem-se apenas aos valores máximos, por exemplo: O motor 1.6 THP de código N13B16 tem 170 cavalos a 4800 RPM e 25,5 kgfm de torque à 1500 RPM.

3.8. TIPOS DE ELEMENTOS FILTRANTES

O elemento filtrante é responsável por impedir que partículas de poeira cheguem ao interior do motor. Para tal, existem alguns tipos de construções possíveis para esta finalidade, e neste artigo abordaremos duas delas, com desenvolvimento para veículos de passeio. A (DPK, 2022) indica que a durabilidade depende do local pelo qual o motorista circula, se o motorista trafegar apenas em vias pavimentadas e com pouco fluxo de caminhões, a durabilidade será alta, mas se a rodagem ocorrer em vias que possuam muitos veículos pesados ou vias de terra, a durabilidade cai significativamente.

3.8.1. Filtro de papel

Encontrado em carros de linha, os filtros de papel semelhantes ao da Figura 8 são, normalmente, construídos com papel fibroso e resina (TECFIL, 2022) os quais possuem diversas camadas para, dessa forma, aumentar a área de contato do material, aumentando, conseqüentemente, a eficiência do filtro. Essa manobra é denominada de papel plissado. A durabilidade, indicada pela grande maioria dos fabricantes, é de 10 mil quilômetros.



Figura 8 - Filtro de ar do motor. Fonte: (TECFIL, 2022)

3.8.2. Filtro esportivo

Dividido em duas categorias, temos os filtros de ar “*inbox*”, o qual é colocado na caixa de ar original do veículo e os filtros de ar cônicos como o da Figura 9, os quais, na maioria dos casos, é necessário realizar adaptações para que o filtro fique no local correto. A (K&N, 2022) discorre que diferentemente dos filtros de papel, o material empregado é o papel TNT e micro camadas de poliéster com troca recomendada a cada 50 mil quilômetros, com limpeza utilizando produto especial a cada 10 mil quilômetros. Nestes modelos de filtro, é priorizado o fluxo de ar admitido pelo motor, garantindo assim melhor desempenho.



Figura 9 - Filtro de ar de fixação universal RG-1001RD. Fonte: (K&N, 2022)

3.9. COLD AIR INTAKE

Outro ponto importante para a combustão é a auto-ignição ou “Knock”. Segundo (JORGE MARTINS, 2006) o abaixamento da temperatura e pressão da mistura origina menores pressões e temperaturas na altura da combustão, pelo que são benéficas para o não aparecimento do “knock”. Motores com compressão prévia, como turbocomprimidos, deverão ter intercooler, para arrefecimento da massa de ar que adentrará o motor. Esta medida também aumentará o binário, pois permite uma maior densidade de carga e um maior avanço da ignição.

O princípio básico para funcionamento de um motor é uma boa relação estequiométrica. Se o cilindro do motor for preenchido com mais ar, maior será a quantidade de combustível injetada para atingir o mesmo fator lambda alvo da ECU para aquela condição, aumentando o torque e a potência. Outro fator que influencia diretamente a potência é a temperatura de ar, visto que quanto maior a energia das moléculas, maior o seu grau de agitação e, por consequência, menor quantidade de moléculas de ar no interior do cilindro, o que resulta em menos potência.

Sendo assim, captar ar com menor temperatura se torna uma solução mecânica para aumento da eficiência do motor. A ideia é simples, se o filtro de ar ficar muito próximo ao motor, componente que possui elevada temperatura, sem nenhum isolante, o sistema de admissão sugará essa massa de ar quente que circula o motor, causando prejuízo a performance do veículo.



Figura 10 - Cold Air Intake Version V4 carbon fiber edition. Fonte: (N63 INTAKE).

Conforme é possível visualizar na Figura 10, em projetos que visam desempenho, a captação de ar é imprescindível. No veículo da marca BMW, os filtros de ar foram posicionados logo atrás das grades características da marca, para garantir a captação do ar mais frio possível. É importante ressaltar ainda que não apenas a captação deve ser fria, mas os dutos que canalizam o ar até a admissão do veículo devem possuir baixo coeficiente de troca de calor.

3.10. DINAMÔMETRO

Adriano Kollross (KOLLROSS, 2016) define o dinamômetro como o dispositivo utilizado para quantificar os dados de rotação, torque e potência de motores. Esse dispositivo já utilizado há muito tempo possui diversas maneiras de ser construído, utilizando simples atrito, sistemas hidráulicos ou sistemas elétricos, por exemplo.

Existem dois tipos de dinamômetros, os de freios dinamométricos e os dinamômetros de inércia. (JORGE MARTINS, 2006) discorre sobre os de freios dinamométricos, os quais absorvem a energia mecânica e transformam em energia elétrica, que pode ser retida do freio como eletricidade ou como calor resultante das perdas eletromagnéticas, como as correntes de Foucault. Por outro lado, os dinamômetros de inércia consistem em cilindros de inércia que são

girados pelo motor no qual o MCI pode ser ligado diretamente ao dinamômetro ou a roda motriz do veículo estar sobre os cilindros de inércia, os quais são mais comuns em aplicações como as que serão utilizadas neste trabalho.

Tendo revisado as principais estruturas que compõem um motor de combustão e que serão relevantes nas alterações mecânicas em um MCI propostas no objetivo, no próximo capítulo apresentaremos a metodologia de pesquisa.

4. LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS

Nesta sessão serão relacionados todos os itens utilizados, descritos o tipo e o valor pago. Desta forma, após compreender todas as decisões tomadas e os materiais escolhidos, ficará simples caso o experimento for replicado.

Tabela 2 - Materiais utilizados. Fonte: Autor.

Item	TIPO	VALOR
Renault Megane Expression 1.6 16v 2008/2009	Automóvel	Empréstimo
Filtro de ar original cod. 0986b02333	Insumo	R\$ 34,80
Filtro de ar esportivo RS de modelo rsd65150	Insumo	R\$ 199,90
Conduíte corrugado	Insumo	Doação
Abraçadeira	Insumo	R\$ 2,39
Dinamômetro Dynamite 1300-lite 2wd EC Chassis	Ferramental	Empréstimo
DinoMax PRO	Software do dinamômetro	-
Polioximetileno	Insumo	Doação
Torno CNC	Ferramental	Empréstimo
Serra fita horizontal Starrett	Ferramental	Empréstimo

4.1. VEÍCULO UTILIZADO

O veículo utilizado foi um Renault Megane na carroceria do tipo sedan de ano de fabricação 2008 e modelo 2009 na versão expression. equipado com motor 1.6 16v flex de código K4M aliado a uma transmissão manual de 5 velocidades de código JH3. Abaixo temos a ficha técnica bem como uma imagem real do veículo utilizado:

Tabela 3 - Datasheet Renault Megane - Fonte: (CARROS NA WEB)

MOTORIZAÇÃO			
Instalação	Dianteiro	Aspiração	Natural
Disposição	Transversal	Alimentação	Injeção multiponto
Cilindros	4 em linha	Comando de válvulas	Duplo no cabeçote com correia dentada
Tuchos	Hidráulicos		

Válvulas por cilindro	4	Diâmetro do cilindro	79,5 mm
Razão de compressão	10:1	Curso do pistão	80,5mm
Cilindradas	1598 cm ³	Potência máxima	115 cv(A) 5750 rpm 110 cv(G) 5750 rpm
Peso/potência	11,2 kg/cv	Torque máximo	16 kgfm(A) 3750 rpm 15,2 kgfm(G) 3750 rpm
Peso/torque	80,3 kg/kgfm	Torque específico	10,0 kgfm/litro
Rotação máxima	6500 rpm	Potência específica	72,0 cv/litro
Transmissão			
Tração	Dianteira	Acoplamento	Embreagem monodisco a seco



Figura 11 - Motor Megane 1.6 16v. Fonte: (GUILHERME FONTANA E FELIPE BITU, 2017)

4.2. ELEMENTO FILTRANTE

O elemento filtrante escolhido é da marca RS, de duplo fluxo e modelo Rsd65150 na cor vermelha igual ao da imagem abaixo:



Figura 12 – Filtro de ar esportivo da marca RS Performace. Fonte: (RS AIR FILTER, 2022)

Segundo a fabricante, as dimensões do filtro são:

Altura:	175 mm
Diâmetro Superior:	115mm
Diâmetro Inferior:	150 mm
Diâmetro Entrada:	2,5 polegadas

4.3. IDEALIZAÇÃO DA TOMADA DE AR FRIO

Ao analisar a motorização do veículo alguns aspectos foram levados em consideração para a construção da tomada de ar frio. O espaço do cofre não permitiria colocar o filtro na posição superior, perto dos coletores visto a caixa de ressonância de código 8200200821 que tem por função acumular ar para quando a borboleta for aberta e demandar grande fluxo de ar devido ser multiválvulas, esta caixa terá comburente acumulado em seu interior, melhorando assim a resposta em baixas rotações.



Figura 13 - Caixa de ressonância. Fonte: (RENAULT)

Então foi pensado em uma alternativa a qual o filtro fosse exposto a maior massa de ar e com a menor temperatura possível. Conforme é possível visualizar na Figura 11, o motor K4M possui um duto para captação de ar frio originalmente que fica atrás do farol do lado do motorista. Seguindo o objetivo de manter o veículo o mais original possível, foi removido esse tudo e empregado outro, de mesma bitola interna.

Ainda existia um problema, o cofre do motor não dispunha de espaço suficiente para a instalação do filtro esportivo. A solução foi instalar o filtro de ar na parte de trás do para-choque, em local estratégico que permitisse a alocação do filtro esportivo e a captação de ar frio, isolado do motor.

4.4. TUBO DE ADMISSÃO

Para transportar o fluido do filtro de ar até a admissão do motor, foi necessário escolher um tubo flexível, com baixa condutibilidade térmica e de baixo custo. Fabricado a partir de um Polietileno de Alta Densidade (PEAD) que tem como características estrutura praticamente isenta de ramificações, é um plástico Rígido, resistente a tração tensão e compressão e com moderada resistência ao impacto, impermeável, reciclável e resistente a altas temperaturas. (NEURÔNIO, 2021). Embora seja um plástico rígido ele é corrugado, o que faz com que seja flexível como pode ser observado na



Registro fotográfico 1 - Conduíte corrugado. Fonte: Autor.

Para o projeto, foi utilizado um conduíte corrugado de aproximadamente 1,20 metro ligando a caixa de ressonância ao filtro de ar localizado atrás do para-choque.

4.5. LUVAS ADAPTADORAS

Após entendido o fato pelo qual a caixa de ressonância deve ser mantida, fez-se necessário conectar o tubo previamente escolhido com a caixa de ressonância, porém os dois tinham exatamente o mesmo diâmetro, e por isso não se encaixavam. Sendo assim, foi construída a luva conforme croqui abaixo:

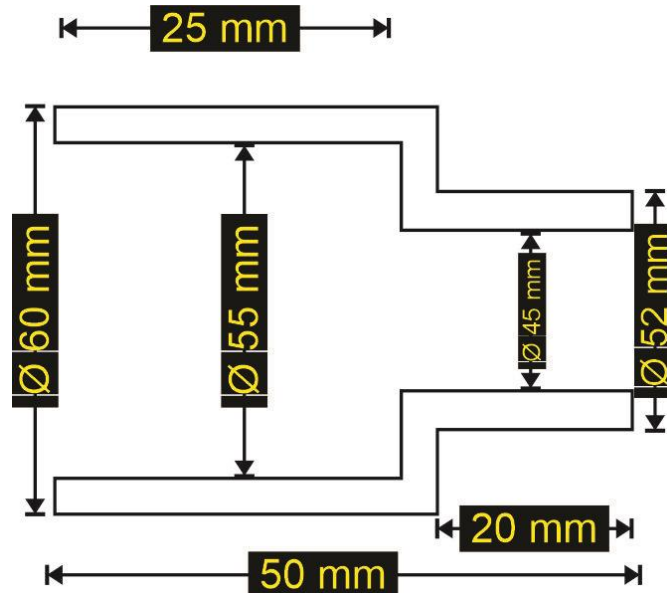


Figura 14 - Croqui da luva de conexão. Fonte: Autor.

O furo de medida de 55mm fica encaixado na caixa de ressonância e o lado menor, de 52mm, entra no tubo de conexão sendo este preso com uma abraçadeira. Posteriormente foi realizado o CAD do modelo, o qual o drafting pode ser observado no ANEXO I.

4.5.1. Ferramental utilizado na construção do dispositivo

Para a fabricação da luva foi necessário utilização do laboratório da Universidade de Brasília e todos os equipamentos utilizados foram detalhados nesse subcapítulo.



Registro fotográfico 2 - Especificações da Serra Fita Horizontal Starrett. Fonte: Autor.



Registro fotográfico 3 – Especificações do torno CNC. Fonte: Autor.

4.5.2. Matriz de decisão do material

Foram analisados 03 materiais bem como suas formas de construção do dispositivo: tubo de aço carbono de 2,5 polegadas, impressão 3D com PETG e o Polioxymetileno usinado, e para a determinar o material foi construída uma matriz de tomada de decisão, com os seguintes critérios: Custo; Dificuldade de construção; Condutibilidade Térmica; Durabilidade; e Acabamento.

Tabela 4 – Características dos materiais- Fonte: Autor.

PARAMETRO	TUBO DE ALUMINIO 1050	POLIOXYMETILENO	PETG
CUSTO	R\$ 115,00 + frete	R\$ 0,00	R\$ 90,00
CONSTRUÇÃO	Difícil	Médio	Médio
CONDUTIBILIDADE	204	0,30	0,20
TÉRMICA	W/°K.m	W/°K.m	W/°K.m
RESISTENCIA	660 °C	110 °C	75° C
TÉRMICA			
DURABILIDADE	Alta	Alta	Alta
ACABAMENTO	Alto	Médio	Baixo

Como forma de deixar claro as decisões tomadas, segue a explicação das notas de cada critério:

- Custo: o Polioxymetileno poderia ser fornecido pela universidade, e por esse motivo recebeu o valor de zero reais.
- Construção: O PETG seria impresso em 3D, favorecendo assim a construção, visto que a impressora realizaria todo o serviço e o modelo CAD é de fácil

construção, porém o processo é demorado. O alumínio teria de ser expandido para encaixar na caixa de ressonância, e este ferramental a UNB não possui, além do alto tempo para a entrega. O polioxymetileno estava em mãos fato que elevou sua nota, embora fosse necessário grande trabalho de usinagem.

- Condutibilidade térmica: Como a intenção é manter o ar admitido na menor temperatura possível, o PETG possui a menor condutibilidade térmica, ou seja, troca menos calor com o cofre do motor.
- Durabilidade: Todos os itens possuem grande durabilidade.
- Acabamento: O melhor acabamento é do alumínio.

Após a análise inicial, os dados levantados acima foram transformados em notas que variam de 1 a 5, sendo 0 RUIM e 5 ÓTIMO. A matriz apresentará o vencedor que obtiver a maior nota final após somar todas as parciais.

Tabela 5 – Matriz de decisão - Fonte: Autor.

	TUBO DE ALUMINIO	POLIOXYMETILENO	PETG
CUSTO	1	5	1
CONSTRUÇÃO	1	3	3
CONDUTIBILIDADE TÉRMICA	1	3	4
RESISTENCIA TÉRMICA	5	2	1
DURABILIDADE	5	5	5
ACABAMENTO	5	3	2
TOTAL	18	19	17

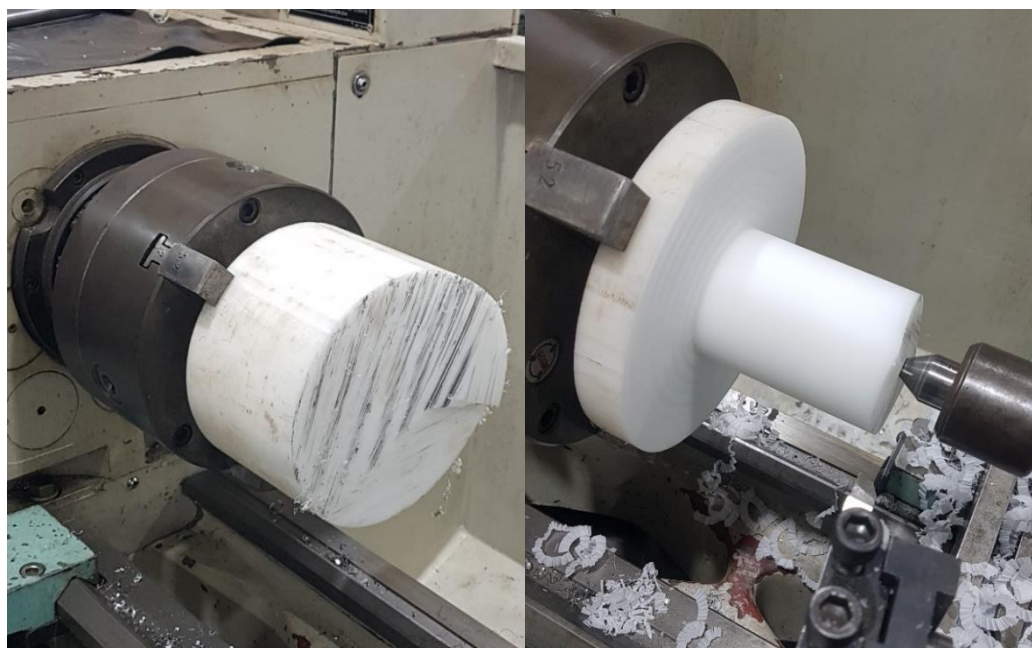
Sendo assim, o melhor material a ser utilizado é o Polioxymetileno com 19 pontos. Após a matriz estar completa, tempestivamente iniciou-se a construção do dispositivo.

Foi utilizado um tarugo de poliacetal (polioxymetileno) que tinha como medidas inicial 700mm de comprimento por 200mm de espessura. No primeiro momento foi cortado apenas o pedaço de 70mm de comprimento com auxílio da Serra Fita Horizontal Starrett.



Registro fotográfico 4 - Polioximetileno sendo cortado. Fonte: Autor.

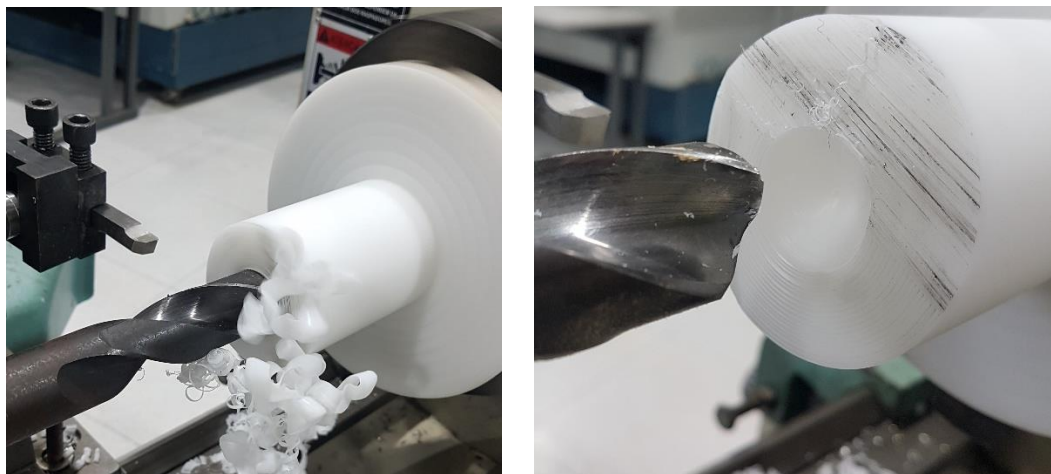
Como segundo passo, o diâmetro foi reduzido de 200 para 60mm para auxílio de um torno CNC conforme o Registro fotográfico 5. Os parâmetros utilizados no torno foram rotação de 630rpm, avanço de 0,1mm/rotação e a profundidade de corte máxima de 4mm.



Registro fotográfico 5 - Redução do diâmetro de 200mm para 60mm. Fonte: Autor.

Após chegar no diâmetro de 60mm de diâmetro, a peça foi usinada até 45mm em uma extremidade seguindo o croqui.

Ao final do procedimento acima descrito, foi realizado um furo na peça conforme diâmetros indicados no croqui com broca de diâmetro correspondente, o procedimento é ilustrado no Registro fotográfico 6:

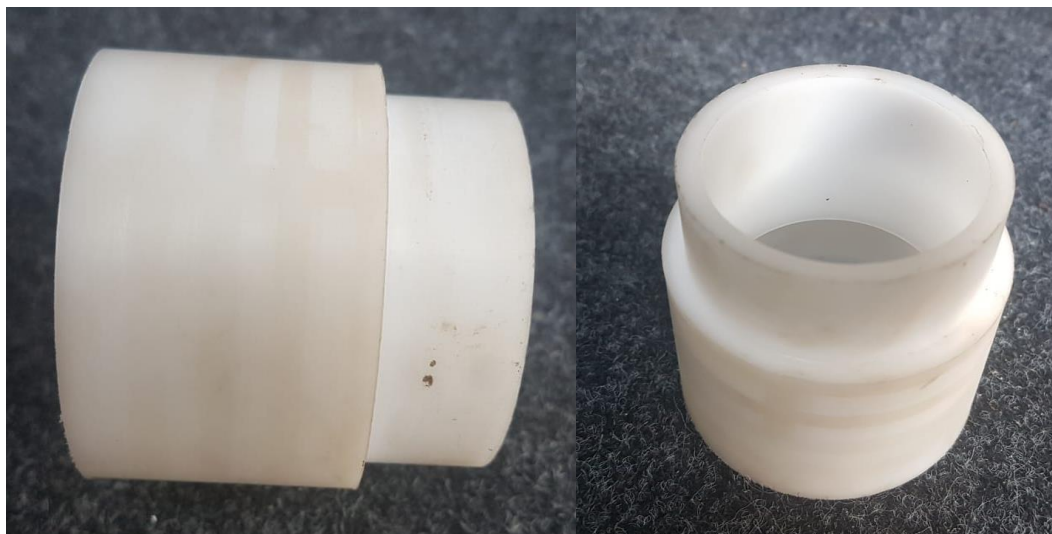


Registro fotográfico 6 - Furo com torno. Fonte: Autor.

Por fim, foi necessário separar o dispositivo do pedaço sobressalente com a Serra Fita Horizontal Starrett, o procedimento está no Registro fotográfico 7.



Registro fotográfico 7 - Serra fita separando dispositivo de pedaço sobressalente. Fonte: Autor.

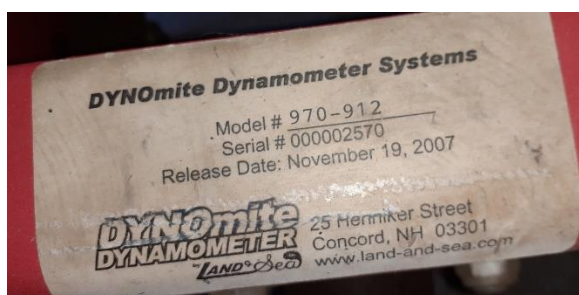


Registro fotográfico 8 – Luva adaptadora. Fonte: Autor.

Com todos os componentes dos dispositivos em mãos iniciou-se a montagem no veículo. A montagem detalhada será descrita no capítulo 5.5.

4.6. Dinamômetro e software

O equipamento utilizado para realizar a medição dos dados foi o 1300-Lite 2WD EC Chassis Dyno da fabricante Dynamite Dynamometer do tipo Eddy-current de Foucault (corrente parasita em tradução livre) com 4 rolos de baixa inércia de 13” de diâmetro, sendo 2 em cada roda. Possui ainda um absorvedor de correntes e controlador com Overdrive além de uma célula de carga S-beam. A seguir é possível visualizar o dinamômetro bem como a sua plaqueta de identificação:



5. METODOLOGIA

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O experimento foi todo realizado em um único dia, com variação de menos de 1,5 hora do 1º ao último ensaio para garantir a menor variação climática possível (temperatura de 24,8°C e umidade de 47%). O dinamômetro utilizado não possui ventilador de alta vazão, o que prejudicou a simulação do ambiente de estrada, visto que não havia massa de ar forçada pela frente do carro, aumentando assim a temperatura de trabalho do motor bem como a temperatura de admissão.

Os testes dinamométricos foram realizados em três condições: sistema de captação de ar original com elemento filtrante contaminado com impurezas, elemento filtrante original e novo e, por fim, filtro de duplo fluxo aliado a tomada de ar frio desenvolvida para o veículo sem alterar nenhuma de suas características originais.

A forma com a qual os testes foram realizados podem ser visualizados no capítulo 5.2 na Figura 15.

5.2. FLUXOGRAMA DE TESTES DINAMOMÉTRICOS

Para facilitar o entendimento sobre os testes que serão realizados, o fluxograma que pode ser visualizado na Figura 15 retrata em forma de diagrama todo o processo.

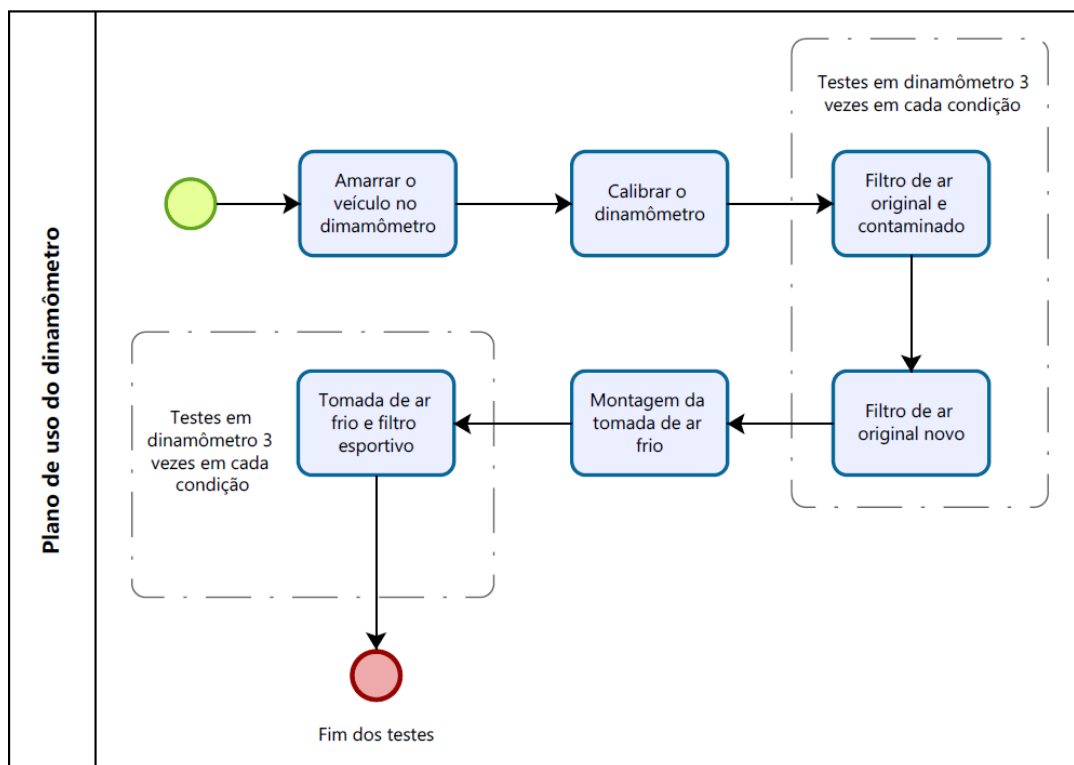
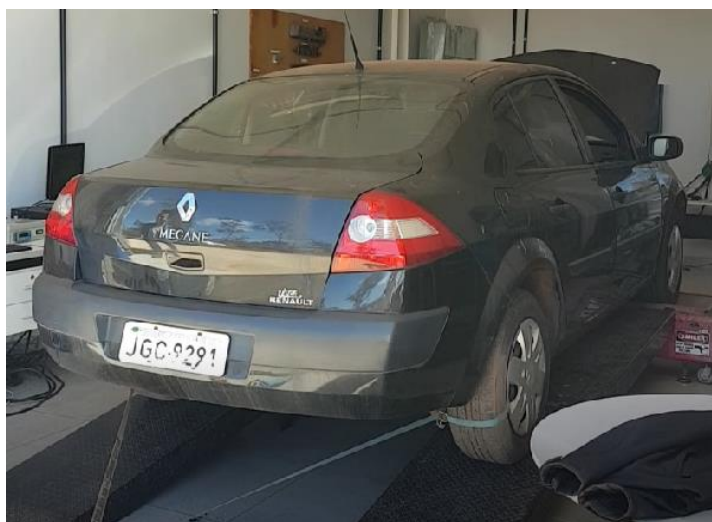


Figura 15 - Plano de uso do dinamômetro. Fonte: Autor.

O experimento foi realizado em condições de contorno reais do motor sobre os rolos do dinamômetro permanecendo este estático, preso por amarras às bandejas e às rodas traseiras, conforme Registro fotográfico 9. A Universidade de Brasília não dispõe de ventilador de alta vazão, o que dificultou o processo de tomada de dados. Para contornar este empecilho, a cada tomada de dados foi necessário esperar o veículo reduzir sua temperatura a qual era observada no painel do veículo.



Registro fotográfico 9 - Renault Megane no dinamômetro. Fonte: Autor.

5.3. TESTE 1: FILTRO DE AR ORIGINAL E CONTAMINADO

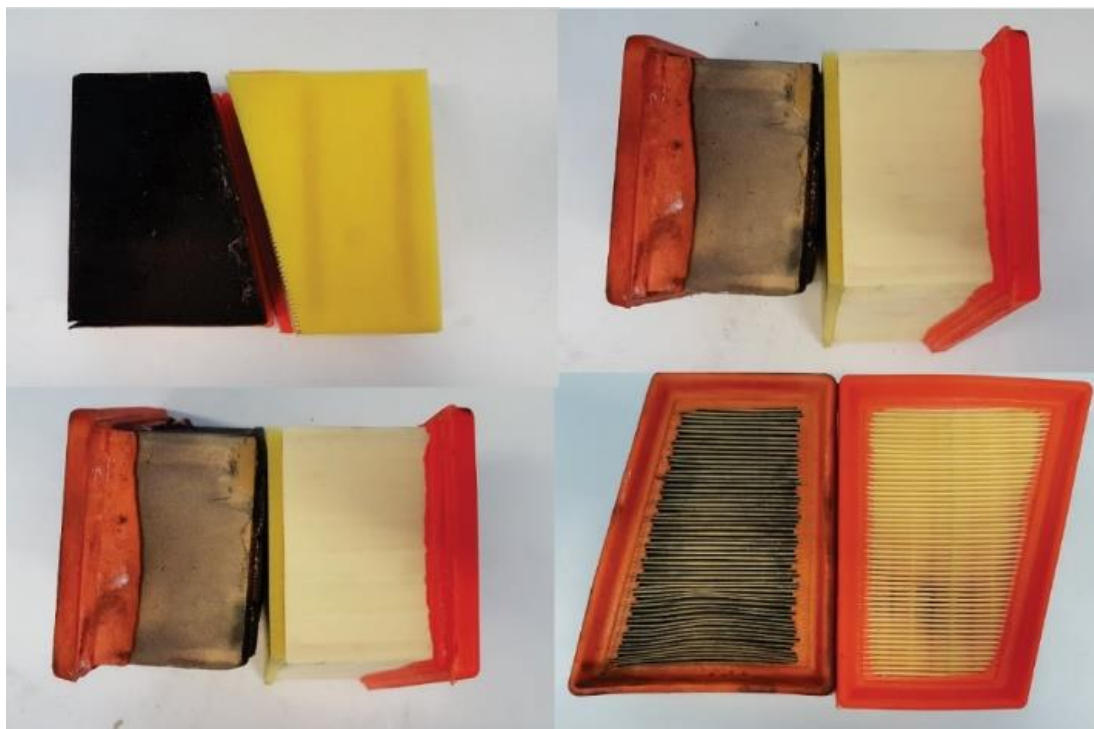
Inicialmente os testes foram realizados com o sistema de admissão original do veículo, com o filtro no estado que se encontrava como visto no Registro fotográfico 10, tomando assim os valores de base para o experimento. Foram analisadas o comportamento do motor nas seguintes condições: baixas rotações (2000rpm), médias rotações (4000 rpm), altas rotações (6000 rpm) e valores de pico.



Registro fotográfico 10 – Sistema de captação de ar original. Fonte: Autor.

5.4. TESTE 2: FILTRO DE AR ORIGINAL NOVO

O filtro de ar de papel sujo foi substituído pelo outro idêntico e novo como pode ser observado no Registro fotográfico 11. Após a substituição foi dada a partida no veículo e realizou-se uma sequência de três ensaios em dinamômetro, observando sempre a temperatura do motor.



Registro fotográfico 11 - Comparativo filtro de ar sujo e limpo. Fonte: Autor.

5.5. TESTE 3: COLD AIR INTAKE E FILTRO DE AR ESPORTIVO

Por fim, foi realizada a instalação do filtro de ar esportivo colocando-o isolado do motor, o que garante a captação apenas de ar frio vindo da área frontal do veículo. Para tal, foi removido o tubo de captação de ar original do veículo que é conectado à caixa de ressonância e o filtro original do veículo, removido também o para-barro do lado do motorista que é solto com três parafusos torx m3 e uma trava plástica conforme Registro fotográfico 13 e foi conectado a tomada de ar frio que fica atrás do farol de milha. Para melhor o fluxo de ar, foi removida a moldura do farol de neblina como pode ser observado no Registro fotográfico 12:



Registro fotográfico 12 – Moldura do farol de milha removida. Fonte: Autor.



Registro fotográfico 13 – Parafuso Torx a esquerda e presilha plástica a direita. Fonte: Autor.

Para a correta montagem do sistema elaborado, foi conectado a luva adaptadora na extremidade da caixa de ressonância, o conduíte corrugado e em sua extremidade, o filtro de ar esportivo. Para melhor entendimento do sistema montado, foi elaborado um vídeo que pode ser acessado apontando a câmera do celular para o QR Code da Figura 16.

Novamente realizou-se os testes dinamométricos, coletando os dados pertinentes.



Figura 16 - Vídeo demonstração de posicionamento do CAI. Fonte: Autor.

A parte final deste experimento consiste em analisar os dados dinamométricos e entender como as três condições influenciaram na potência e torque do motor. Para a análise, foram coletados os dados em excel (.CSV) fornecidos pelo dinamômetro bem como os gráficos gerados pelo sistema DinoMax Pro e estes foram tratados de forma que ficasse simples de trabalhar no Power BI, ferramenta especializada em gerar e comparar dados. Todos os dados do projeto podem ser acessados através do QR Code da Figura 17:



Figura 17 – Dados brutos e tratados utilizados no projeto. Fonte: Autor.

6. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e comentados os dados oriundos do experimento descrito nos capítulos anteriores. Para apresentar os dados será utilizado a plataforma gratuita do PowerBi que poderá ser acessada através do QR Code da Figura 18 para análise dos dados completos.



Figura 18 - Análise dos dados gerais do experimento em PowerBI. Fonte: Autor.

De forma mais resumida, serão apresentados nas próximas sessões os dados em forma de tabela, os quais constarão os valores do teste por rotação (2000, 4000 e 6000 rpm, bem como os valores de pico), seus valores médios e o desvio padrão. Todos os valores estão convertidos no motor.

Será apresentado ainda um gráfico dos dados da tabela. Os valores coloridos representam a média de potência e torque enquanto os valores cinzas são os testes parciais em cada faixa de rotação.

6.1. BAIXAS ROTAÇÕES (2000 RPM)

Os dados apresentados a seguir tratam das três condições do veículo: Filtro contaminado, filtro novo e tomada de ar frio com filtro esportivo, denominado simplesmente de CAI. Os valores em cinza nos gráficos são as parciais e os valores coloridos são os valores médios de potência e torque de cada condição.

6.1.1. Filtro contaminado

Tabela 6 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo.

Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	38,39	137,75
2	40,49	144,12
3	38,66	138,97
Média	39,18	140,28
Desvio padrão	1,14	3,38

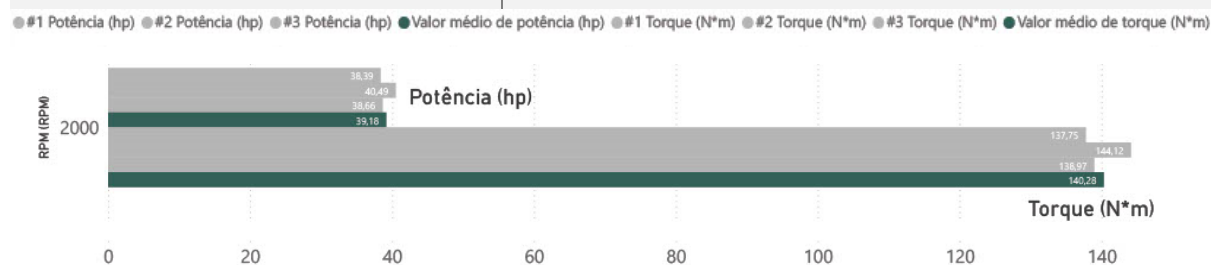


Gráfico 1 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro contaminado. Fonte: Autor.

Análise em 2000 RPM para a condição de filtro contaminado. Para facilitar a leitura e compreensão, o Gráfico 1 e a Tabela 6 possuem os mesmos valores.

6.1.2. Filtro novo

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	39,97	143,04
2	39,87	141,82
3	39,92	141,82
Média	39,92	142,22
Desvio padrão	0,05	0,70

Tabela 7 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo.

Fonte: Autor

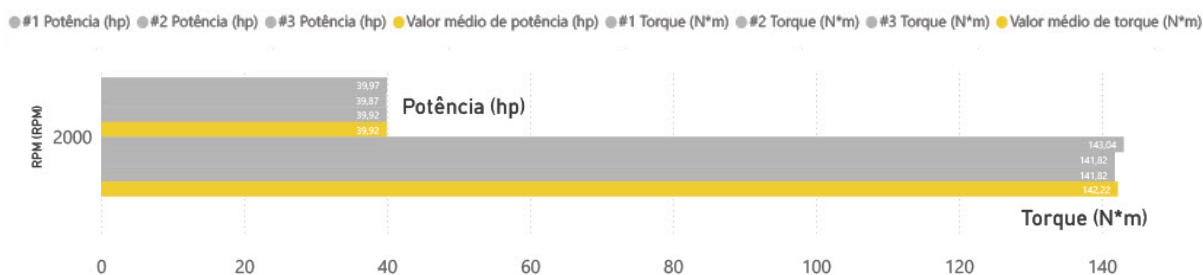


Gráfico 2 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo.

Fonte: Autor

A partir dos dados coletados em dinamômetro, a Tabela 7 e o Gráfico 2 foram elaborados para apresentar a informação escrita e visual com o intuito de facilitar a compreensão do leitor.

6.1.3. Cold Air Intake e filtro esportivo

Tabela 8 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo.

Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	38,44	138,29
2	39,88	140,87
3	40,66	143,85
Média	39,66	141,00
Desvio padrão	1,13	2,78

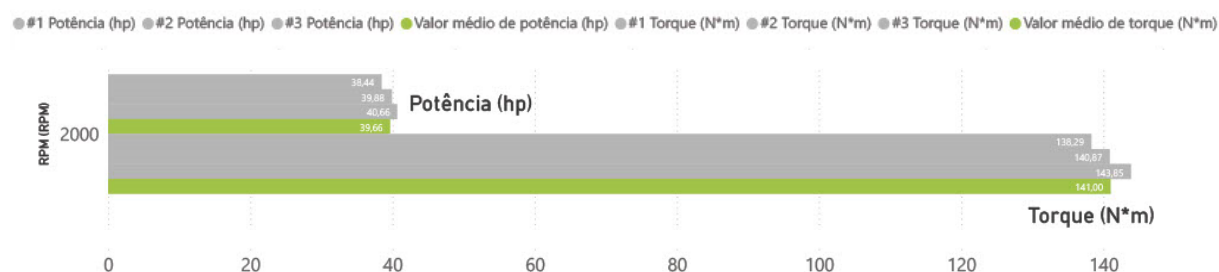


Gráfico 3 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – CAI. Fonte:

Autor

O filtro de duplo fluxo RS Performace aliado a tomada de ar frio resultou nos dados dinamométricos vistos na Tabela 8 e no Gráfico 3 os quais possuem os mesmos valores tem por objetivo a melhor compreensão do leitor.

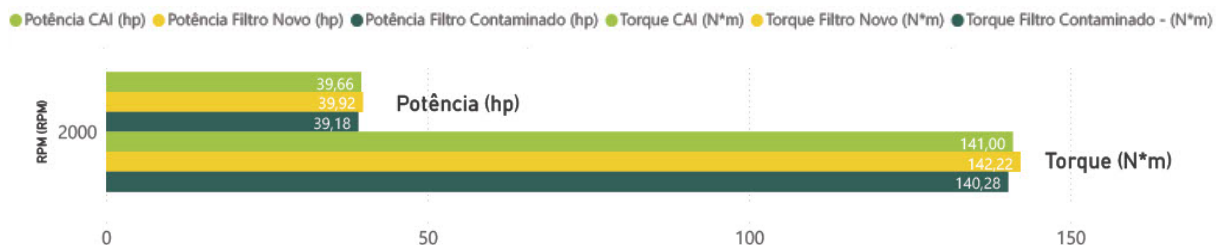


Gráfico 4 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) médios a 2000 RPM em todas as condições. Fonte: Autor

Por fim, a análise em 2000 RPM reúne no Gráfico 4 todas os valores médios de torque e potência nas três condições.

6.2. MÉDIAS ROTAÇÕES (4000 RPM)

6.2.1. Filtro contaminado

Tabela 9 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	85,54	152,26
2	86,29	153,54
3	85,66	151,58
Média	85,83	152,46
Desvio padrão	0,40	1,00

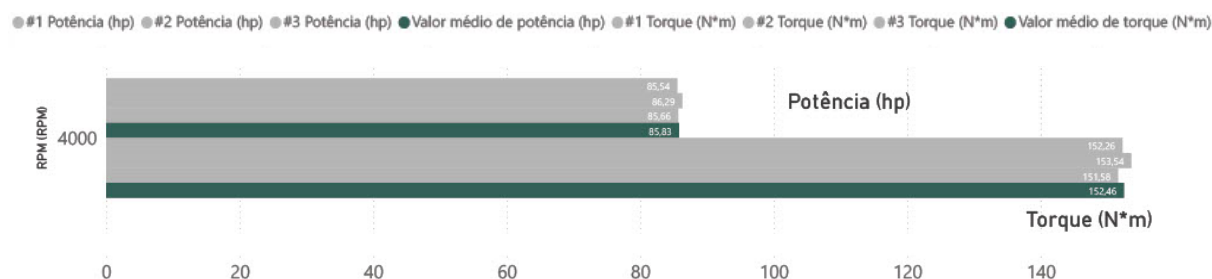


Gráfico 5 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM – Filtro Contaminado. Fonte: Autor

Valores para 4000 RPM aliado ao filtro contaminado. Para melhor compreensão e legibilidade e com o intuito de facilitar o entendimento, a Tabela 9 e o Gráfico 5 possuem os mesmos valores.

6.2.2. Filtro Novo

Tabela 10 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	89,97	159,71
2	90,47	160,59
3	90,97	161,61
Média	90,47	160,64
Desvio padrão	0,50	0,95

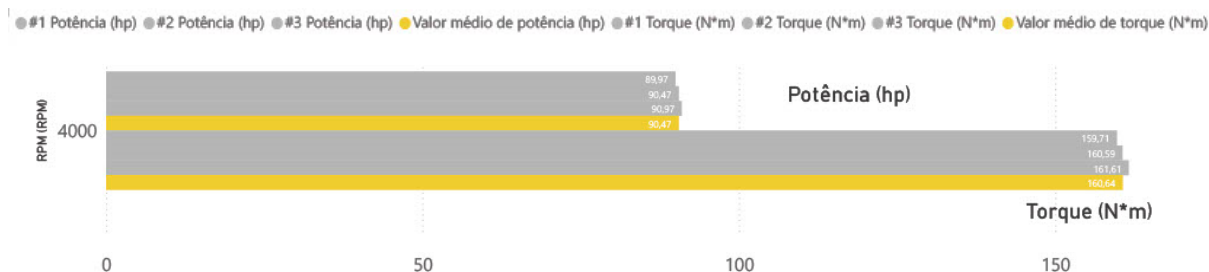


Gráfico 6 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor

Com o filtro novo e original, a 4000 RPM o dinamômetro de Foucault registrou os valores listados na Tabela 10 e no Gráfico 6.

6.2.3. Cold Air Intake e filtro esportivo

Tabela 11 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	90,94	162,29
2	92,26	163,51
3	92,69	163,10
Média	91,96	162,97
Desvio padrão	0,61	0,62

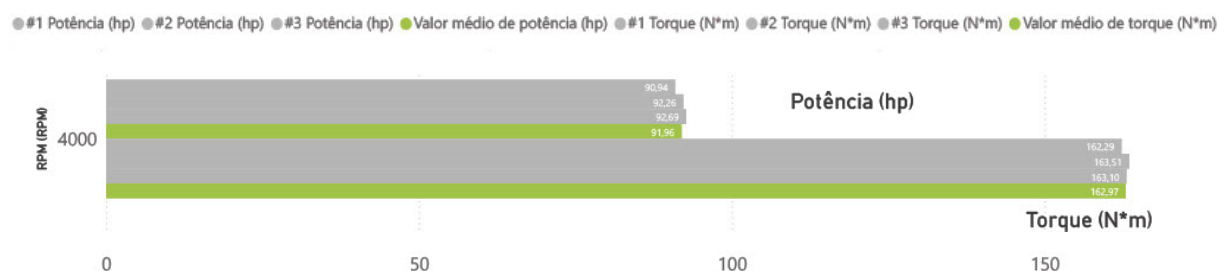


Gráfico 7 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM – CAI. Fonte: Autor

Na Tabela 11 e no Gráfico 7, que possuem os mesmos valores, estão listados os dados recebidos pelo dinamômetro. Os valores foram ordenados dessa forma para facilitar a compreensão do leitor.

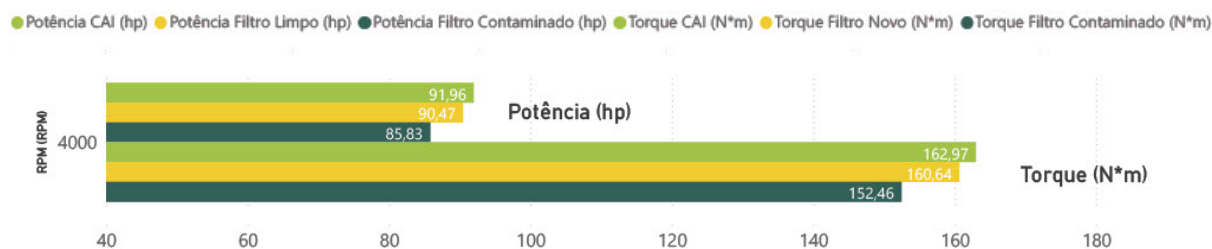


Gráfico 8 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) médios a 4000 RPM em todas as condições. Fonte: Autor

Conforme descrito na legenda do Gráfico 8, os valores em verde claro retratam os valores médios de potência e torque do CAI aliado ao filtro de duplo Fluxo da RS Performace, enquanto os dados em amarelo e verde escuro trazem os valores do filtro de ar novo e original e do elemento filtrante contaminado, respectivamente.

6.3. ALTAS ROTAÇÕES (6000 RPM)

6.3.1. Filtro contaminado

Tabela 12 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM – Filtro contaminado. Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	93,93	111,45
2	98,12	116,46
3	98,29	116,73
Média	96,78	114,88
Desvio padrão	2,47	2,98

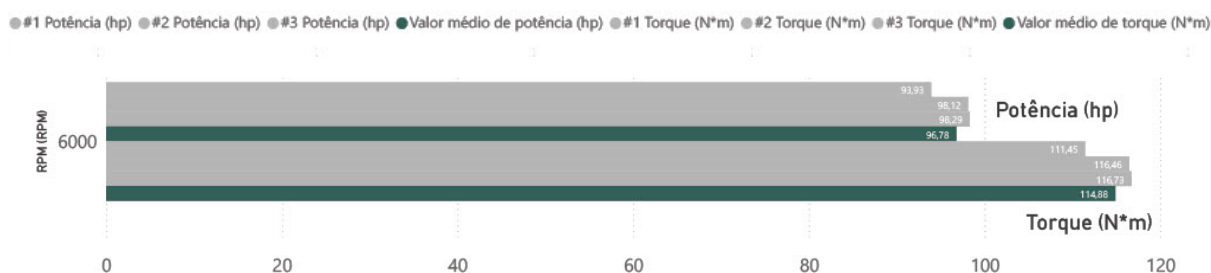


Gráfico 9 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM – Filtro Contaminado. Fonte: Autor

A Tabela 12 e o Gráfico 9 apresentam os valores dos testes do Renault Megane equipado com o filtro contaminado a 6000 revoluções por minuto tanto de potência quanto de torque.

6.3.2. Filtro novo

Tabela 13 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	109,80	130,43
2	109,20	129,48
3	109,50	129,75
Média	109,50	129,89

Desvio padrão	0,30	0,49
----------------------	------	------

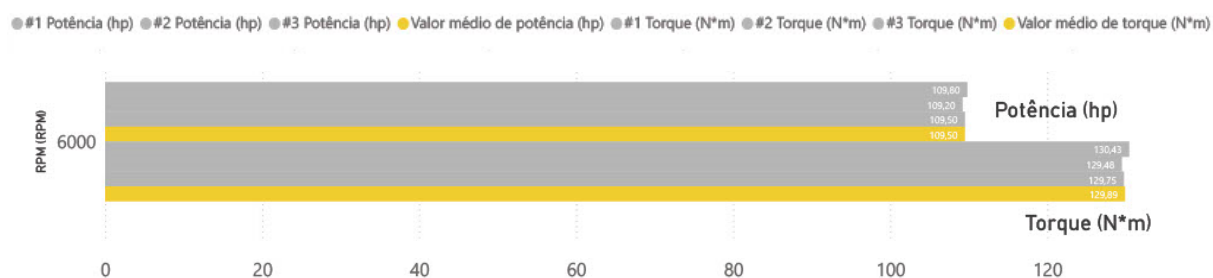


Gráfico 10 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM – Filtro Novo. Fonte: Autor.

Valores para 6000 RPM com filtro original e novo estão descritos na Tabela 13 e no Gráfico 10, os quais retratam os mesmos valores em diferentes apresentações para melhorar a legibilidade e entendimento do leitor.

6.3.3. Cold Air Intake e filtro esportivo

Tabela 14 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM – Filtro esportivo e CAI. Fonte: Autor.

	Potência (hp)	Torque (N*m)
1	111,70	132,46
2	110,90	131,78
3	111,70	132,60
Média	111,43	132,28
Desvio padrão	0,46	0,44

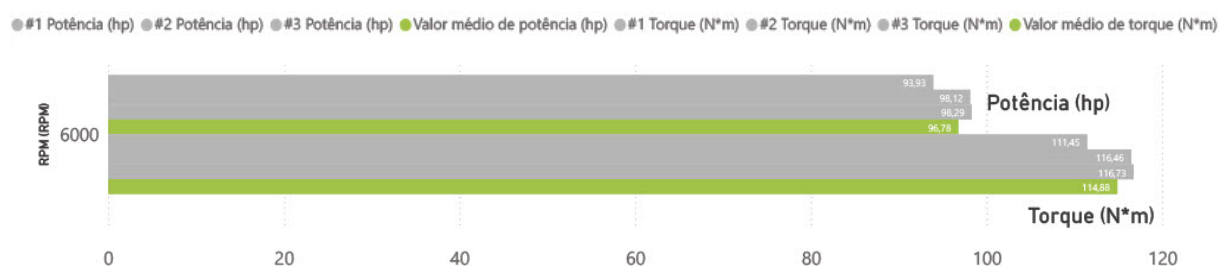


Gráfico 11 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM – CAI. Fonte: Autor

Valores para 6000 RPM com Cold Air Intake - CAI. a Tabela 11 e o Gráfico 7 possuem os mesmos valores para melhor compreensão e legibilidade dos dados dinamométricos.

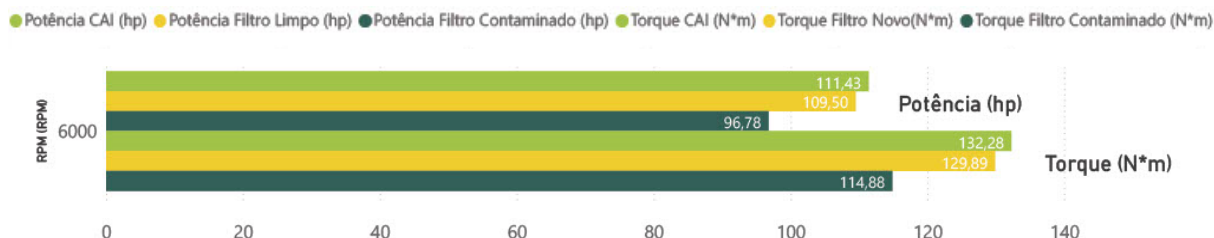


Gráfico 12 - Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) médios a 6000 RPM em todas as condições. Fonte: Autor

Por fim, o Gráfico 12, demonstra os valores de torque e potência médios a 6000 rpm considerando todas as condições de acordo com a legenda.

É importante ressaltar que as variações vistas no desvio padrão não são em pontos percentuais, ou seja, embora a variação tenha sido de até 3,38 pontos, se foram analisados em percentual essa variação é de apenas 2,38% em relação ao valor máximo.

6.4. GRÁFICOS DINAMOMÉTRICOS

As análises deste capítulo se resumirão os gráficos completos de dos valores de torque e potência por condição em que o intuito é verificar se houve ganho na curva inteira ou apenas de forma pontual em uma condição. É importante ressaltar que os valores podem ser analisados de forma dinâmica na plataforma do PowerBi online acessando o QR Code da Figura 18. Para melhor visualização, No ANEXO II deste trabalho pode ser visualizado os gráficos de potência e torque em formato paisagem, facilitando assim a leitura

6.4.1. CURVAS POR CONDIÇÃO

Novamente as curvas em cinza são os valores parciais de cada teste. As curvas em amarelo representam os valores médios de torque dados em newton-metro (N*m) e as curvas em vermelho dos dados médios de potência em horse power (hp).

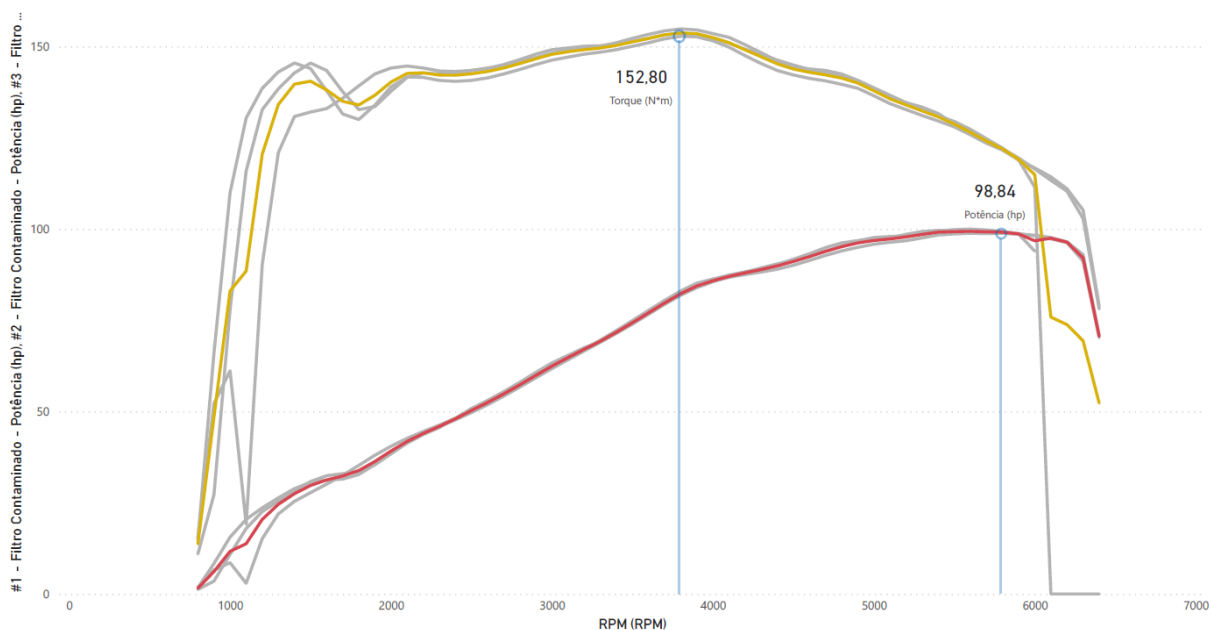


Gráfico 13 – Curvas de potência e torque do filtro contaminado. Fonte: Autor.

Curvas de torque e potência sobrepostas no Gráfico 13 referentes ao filtro contaminado. O valor de pico do torque médio ficou em 152,80 N*m e o de potência em 98,84 hp.

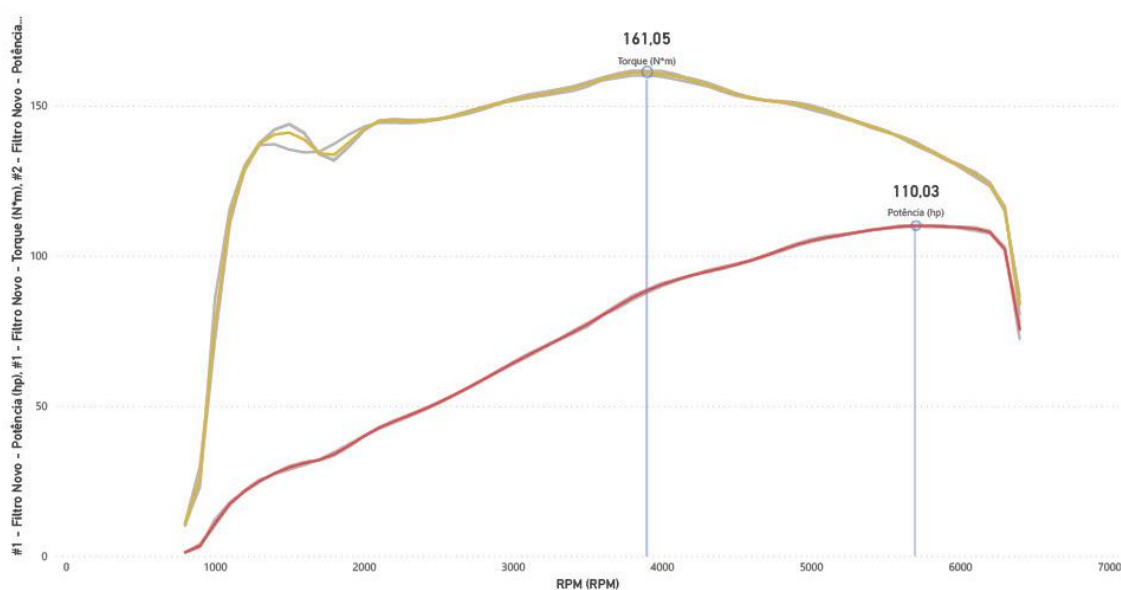


Gráfico 14 – Curvas de potência e torque do filtro novo. Fonte: Autor.

As curvas de torque e potência sobrepostas na Gráfico 14 referem-se aos testes com o filtro na segunda condição, ou seja, elemento original e novo. O pico de torque médio é de 161,05 N*m a aproximadamente 3800 rpm e a potência é de 110,03 hp cerca de 5800 rpm, sendo estes as rotações declaradas pela fabricante conforme a Tabela 3.

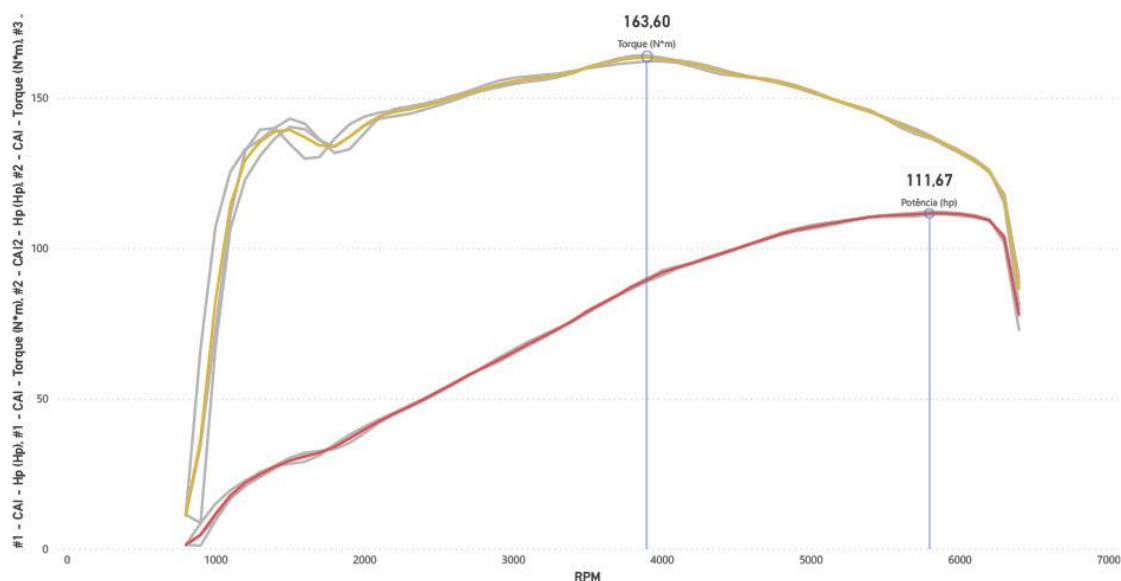


Gráfico 15 – Curvas de potência e torque do CAI. Fonte: Autor.

Da mesma forma que nas condições anteriores, os picos de torque e potência se apresentam em rotações semelhantes às originais, o que significa que a tomada de ar frio preservou as características originais do veículo. A potência chegou aos 111,67 cavalos de potência e o torque a 163,60 newton-metro.

1.1. CURVAS MÉDIAS SOBREPOSTAS

Para finalizar a análise, as curvas médias de cada condição foram sobrepostas para que seja possível visualizar o ganho médio em cada condição. É possível analisar a partir de qual momento a alteração do elemento filtrante, se torna benéfica em termos de torque e potência.

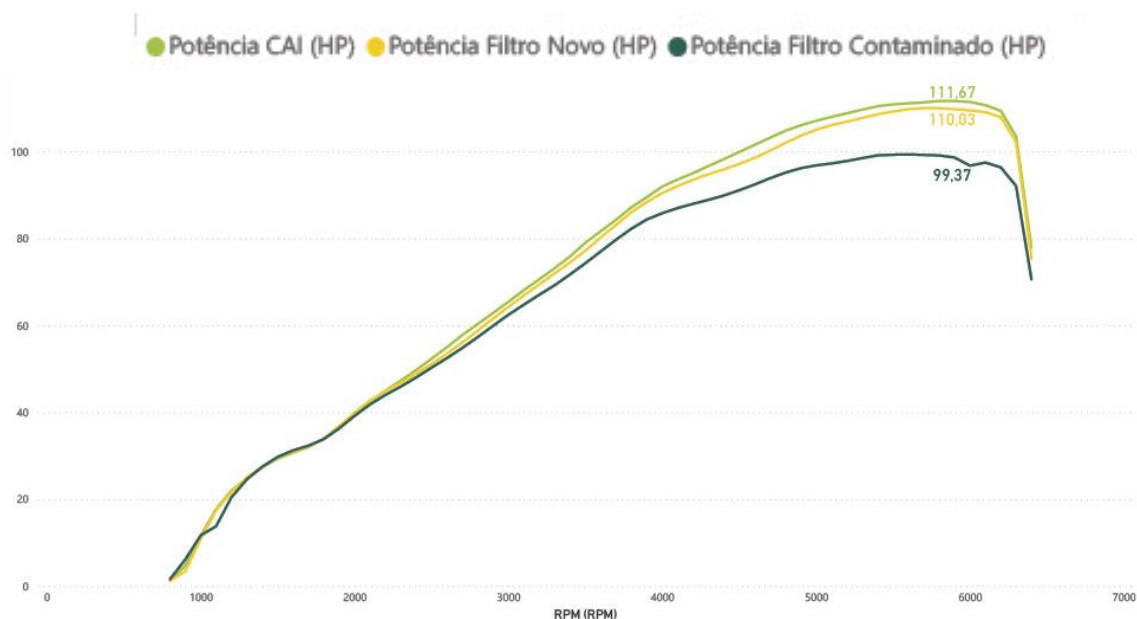


Gráfico 16 – Curvas de de valores médios de potência. Fonte: Autor.

A partir das 2500 revoluções por minuto as curvas começam a divergir, demonstrando que a maior vazão de ar resulta realmente em mais potência. Nos valores de pico que se apresentam entre 5500 e 6000 rpm, é possível verificar que da melhor para a pior condição houve ganhos expressivos.

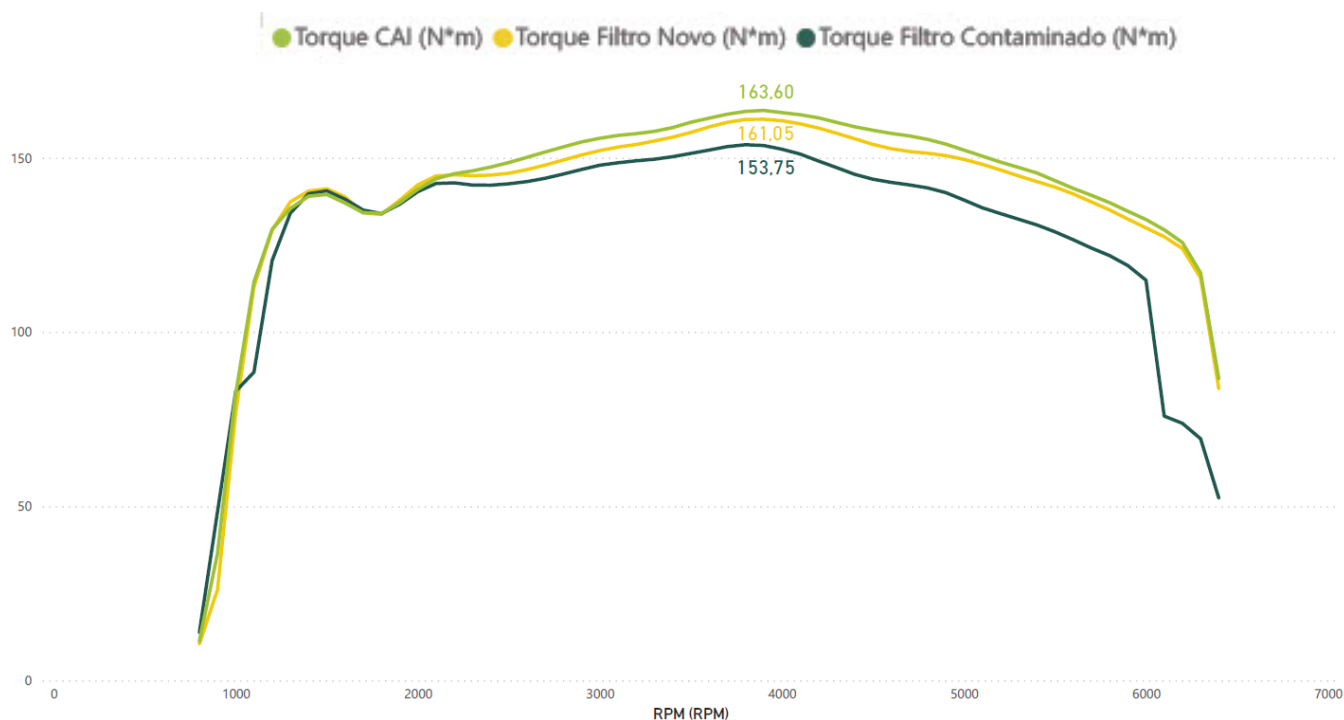


Gráfico 17 – Comparativo de curvas de valores médios de torque. Fonte: Autor.

Como último gráfico a ser analisado, as curvas de torque médias são sobrepostas de forma a facilitar a visualização do comportamento do veículo com os diferentes tipos de elementos filtrantes propostos.

7. CONCLUSÃO

O experimento apresentou os resultados dentro do esperado, mesmo com a ausência de um ventilador de alta vazão que ajudaria o veículo a aspirar maior quantidade de ar, simulando as condições de estrada. Quando analisado os valores médios de cada condição, é possível perceber que a 2000 rpm o ganho foi insignificante do filtro contaminado, que é a pior condição, para a tomada de ar frio com filtro de duplo fluxo.

Para 4000 rpm, o veículo apresentou melhor torque e potência em cada condição, o que evidencia que em médias rotações a menor restrição, tanto do filtro original novo quanto da tomada de ar e filtro de duplo fluxo possibilitaram ao motor aspirar maior massa de ar e consequentemente gerar melhores picos das variáveis estudadas. Houve ganho em todas as faixas, de 4,64 horse power do filtro contaminado para o novo e 6,13 hp para a tomada de ar frio, e no torque teve aumento de 10,51 newton-metro, melhorando assim quase 7% em valores totais.

Para finalizar esta primeira análise, em altas rotações houve aumento de 12,72 hp do filtro contaminado para o filtro original e novo e 14,65 hp para o CAI, que totalizam 15,13% da melhor para a pior condição. No torque a diferença em números percentuais foi a mesma, de 15,14%, para os valores de pico, houve aumento de 17,4 N*m.

Quando as curvas de potência foram sobrepostas no Gráfico 16, foi possível perceber que houve ganho em quase toda a curva. Após 2200 rpm o filtro contaminado restringiu o fluxo de ar admitido, a diminuição de 12,3 cavalos quando comparado com o CAI e 10,66 quando comparados ao filtro de ar original e novo, um aumento de 12,37% e 10,72% respectivamente.

Para o torque, no Gráfico 17 é possível visualizar um aumento de 9,85 N*m (6,40%) do filtro contaminado para o CAI e 7,3 N*m (4,74%) para o filtro original e novo.

É importante ressaltar que os picos de torque e potência descritos acima ocorrem fora dos valores analisados, e por isso são maiores do que os descritos nos capítulos 6.1 a 6.3 deste documento.

Conclui-se, portanto, que existe melhora considerável para os motores de combustão interna o elemento filtrante menos restritivo. Recomenda-se ainda que este esteja sempre limpo, visto que a contaminação, como do veículo em questão, reduz comprovadamente até em 10% a potência do motor com mesmas características.

8. BIBLIOGRAFIA

BOFF, CRISTIANO R. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE BLOCOS DE MOTORES - Aplicação a Blocos de Motores Diesel em, Florianópolis, p. 17-20, Fevereiro 2003.

BOSH. **Technical Product Information**. [S.l.]. 2006.

BOSH. **Catálogo de sondas lambda**. Bosh. São Paulo, p. 9.

BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna volume 1**. 1. ed.

CARROS NA WEB. Ficha técnica Renault Megane 1.6. **Carros na web**. Disponível em: <<https://www.carrosnaweb.com.br/fichadetalhe.asp?codigo=783>>. Acesso em: 30 agosto 2022.

CASA CIVIL. LEI Nº 8.723, DE 28 DE OUTUBRO DE 1993. **Planalto**, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.723%2C%20DE%2028%20DE%20OUTUBRO%20DE%201993.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20redu%C3%A7%C3%A3o%20de,automotores%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.>>. Acesso em: 10 abril 2022.

CASTELLAR, Guilherme. Como eram os primeiros carros de F-1?. **SuperInteressante**, 2018. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-eram-os-primeiros-carros-de-f-1/>>. Acesso em: 09 Abril 2022.

DENTON, Tom. **Automobile electrical and electronic systems**. 3ª. ed.

DPK, Distribuidora D. A. P.-. Filtros Automotivos: Saiba tudo sobre esses importantes componentes! **DPK**, 2022. Disponível em: <<https://www.dpk.com.br/filtros-automotivos-saiba-tudo/>>. Acesso em: 30 março 2022.

FIA. FIA Formula 2 Championship - 2022 Sporting Regulations. **Federation Internationale de l'Automobile**, 2022. Disponível em: <https://www.fia.com/sites/default/files/2022_fia_f2_sporting_regulations_v2_11-03-2022.pdf>. Acesso em: 30 março 2022.

FUELTECH. **Manel técnico WBO2 meter slim**.

GUILHERME FONTANA E FELIPE BITU. Guia de Usados: Renault Mégane Grand Tour. **Quatro Rodas**, 2017. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/melhor-compra/guia-de-usados-renault-megane-grand-tour/>>. Acesso em: 1º setembro 2022.

HEYWOOD, John B. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. 2ª. ed.

HONDA. O que é torque, potência, cilindrada do motor? **Honda**, 2021. Disponível em: <<https://www.honda.com.br/motos/blog/o-que-e-torque-potencia-cilindrada-do-motor>>. Acesso em: 10 abril 2022.

JORGE MARTINS. **Motores de Combustão Interna**. 2^a. ed.

K&N. Filtro de ar de fixação universal RG-1001RD K&N. **K&N**, 2022. Disponível em: <<https://www.knfilters.com/rg-1001rd-universal-clamp-on-air-filter>>. Acesso em: 03 abril 2022.

KOLLROSS, Adriano. Construção de Dinamômetro para Medição de Torque e Potência de MCI de Pequeno Porte. **Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Automotiva - Universidade Federal de Santa Catarina**, Santa Catarina, 2016.

MAZDA. Motor de ignição por compressão. **Mazda**, 2018. Disponível em: <<https://www.mazda.com/>>. Acesso em: 03 abril 2022.

MOTEC. Product dataheet #57005. **Motec**, p. 4, 2016. Disponível em: <<https://www.motec.com.au/filedownload.php/?docid=3524>>. Acesso em: 10 Abril 2022.

N63 INTAKE. Cold Air Intake Version V4 Carbon Fiber Edition. **N63 intake**. Disponível em: <<https://n63intake.com/products/n63n63-tu-cold-air-intake-n63intake>>. Acesso em: 09 Abril 2022.

NEURÔNIO. Polietileno de Alta Densidade (PEAD). **Gedel Plásticos**, 2021. Disponível em: <<https://gedelplasticos.com.br/artigos/pead-polietileno-de-alta-densidade/#:~:text=O%20Polietileno%20de%20Alta%20Densidade,com%20moderada%20resist%C3%Aancia%20ao%20impacto.>>. Acesso em: 1º setembro 2022.

NGK. Manuais técnicos. **NGK**, 2022. Disponível em: <<https://automotivo.ngkntk.com.br/suporte-tecnico/garantia/>>. Acesso em: 03 abril 2022.

POZIOMYCK, Marcos M. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES FORMAS, Porto Alegre – RS, 2009. 92.

RENAULT. Reprodução da internet. Disponível em: <https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_720140-MLB32396996274_102019-W.jpg>. Acesso em: 30 agosto 2022.

RODRIGUEZ, Henrique. Mazda terá motores com ignição por compressão em 2019. **Quatro Rodas**, 2017. Disponível em: <<https://quattrorodas.abril.com.br/noticias/mazda-tera-motores-com-ignicao-por-compressao-em-2019/>>. Acesso em: 03 abril 2022.

ROMANCINI, José A. DESENVOLVIMENTO DE PÁGINA WEB UTILIZANDO A, Florianópolis, 2017. 195.

RS AIR FILTER. FILTRO DE AR DUPLO FLUXO UNIVERSAL MULTI678RSD. **RS Air Filter**, 2022. Disponível em: <rsfiltros.com.br/linha-multi-universal/multi678-black/filtro-de-ar-esportivo-duplo-fluxo-universal-base-145mm-rsd>. Acesso em: 22 abril 2022.

SHUK, P. **New advanced in situ carbon monoxide sensor**. Palmerston North, p. 8. 2008.

SIMÕES, MARIA D. L. N. Identidade Cultural e Expressões Regionais, Ilhéus - BA, 2006. 18.

SOUZA, Sandro G. Desenvolvimento de uma câmara de cimbustão diesel ottorizado auxiliado por simulação 1D/3D, 2014.

TECFIL. Catálogo Tecfil. **Grupo Fape**, 2022. Disponível em: <<http://tecfil-catalago.gruposofape.com.br/CatalogoTecfil/>>. Acesso em: 08 abril 2022.

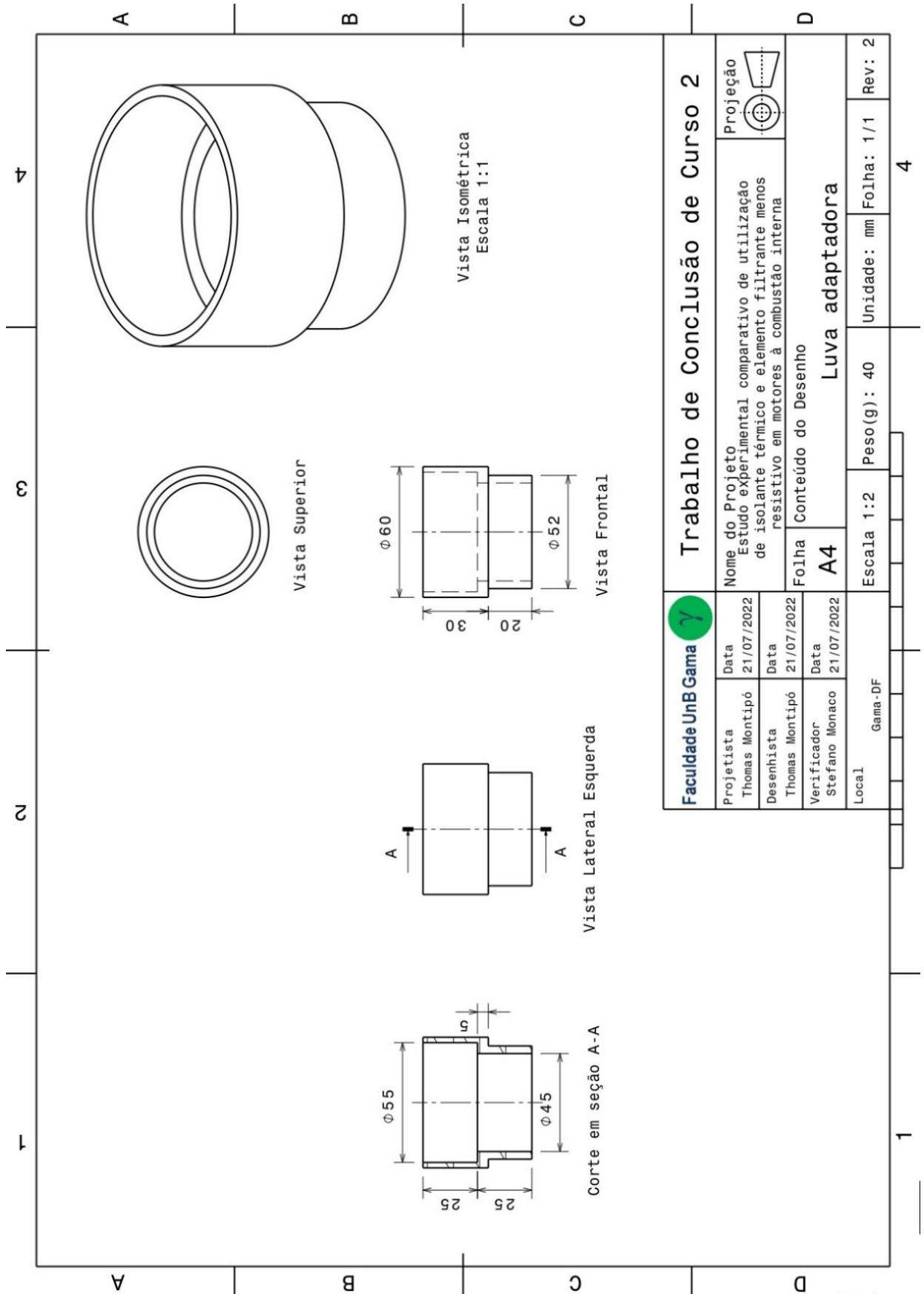
TUDO sobre F1. **Tudo sobre F1**, 2020. Disponível em: <<https://www.tudosobreformula1.com.br/pot%C3%Aancia-dos-motores>>. Acesso em: 25 março 2022.

VARELLA, Carlos A. A. **Constituição dos Motores**. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro, p. 6. 2016.

WILLIAM B. RIBBENS, Ph.D. **Understanding Automotive Electronics**. 5^a. ed.

ANEXOS

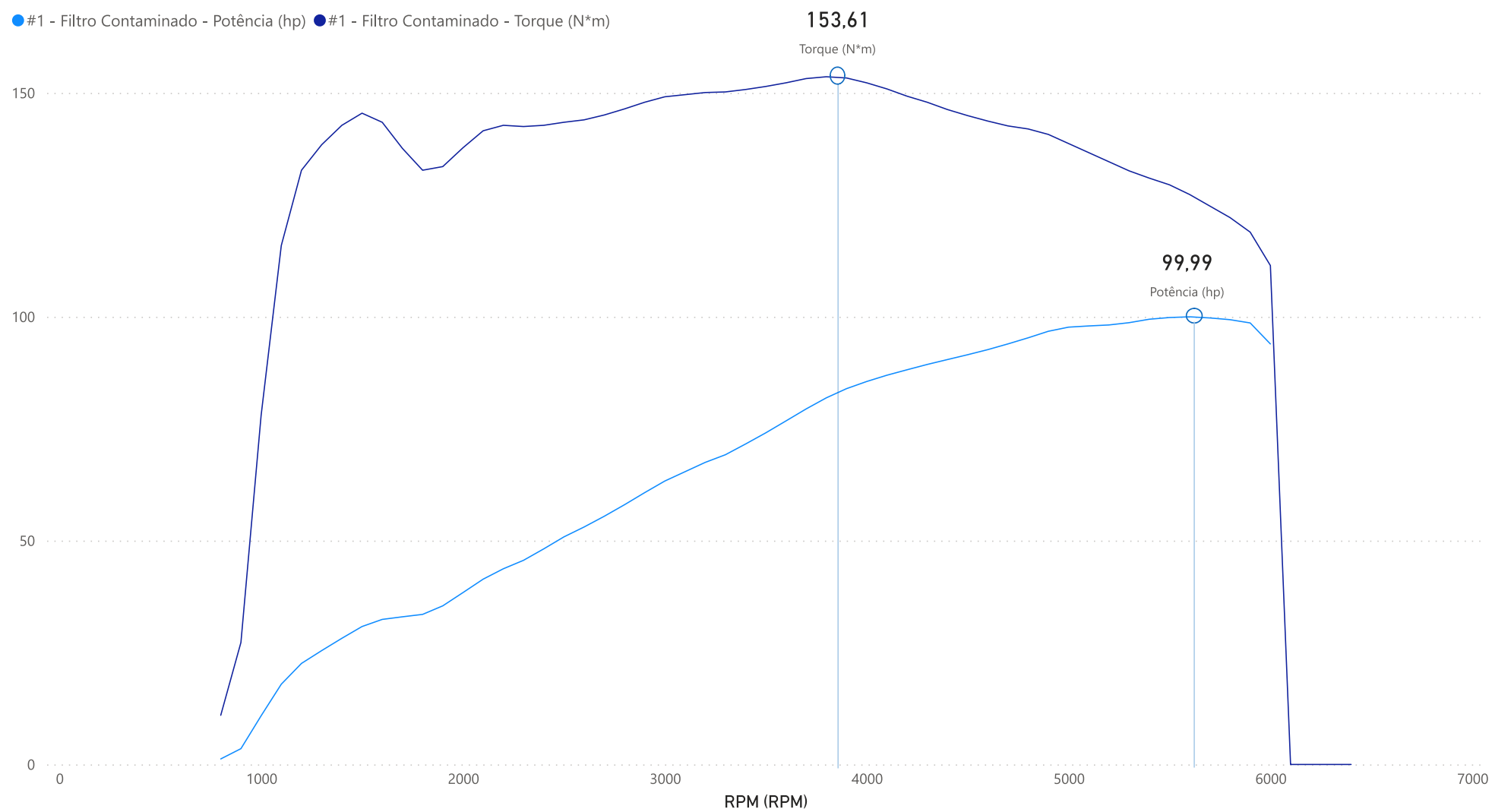
ANEXO I



ANEXO II

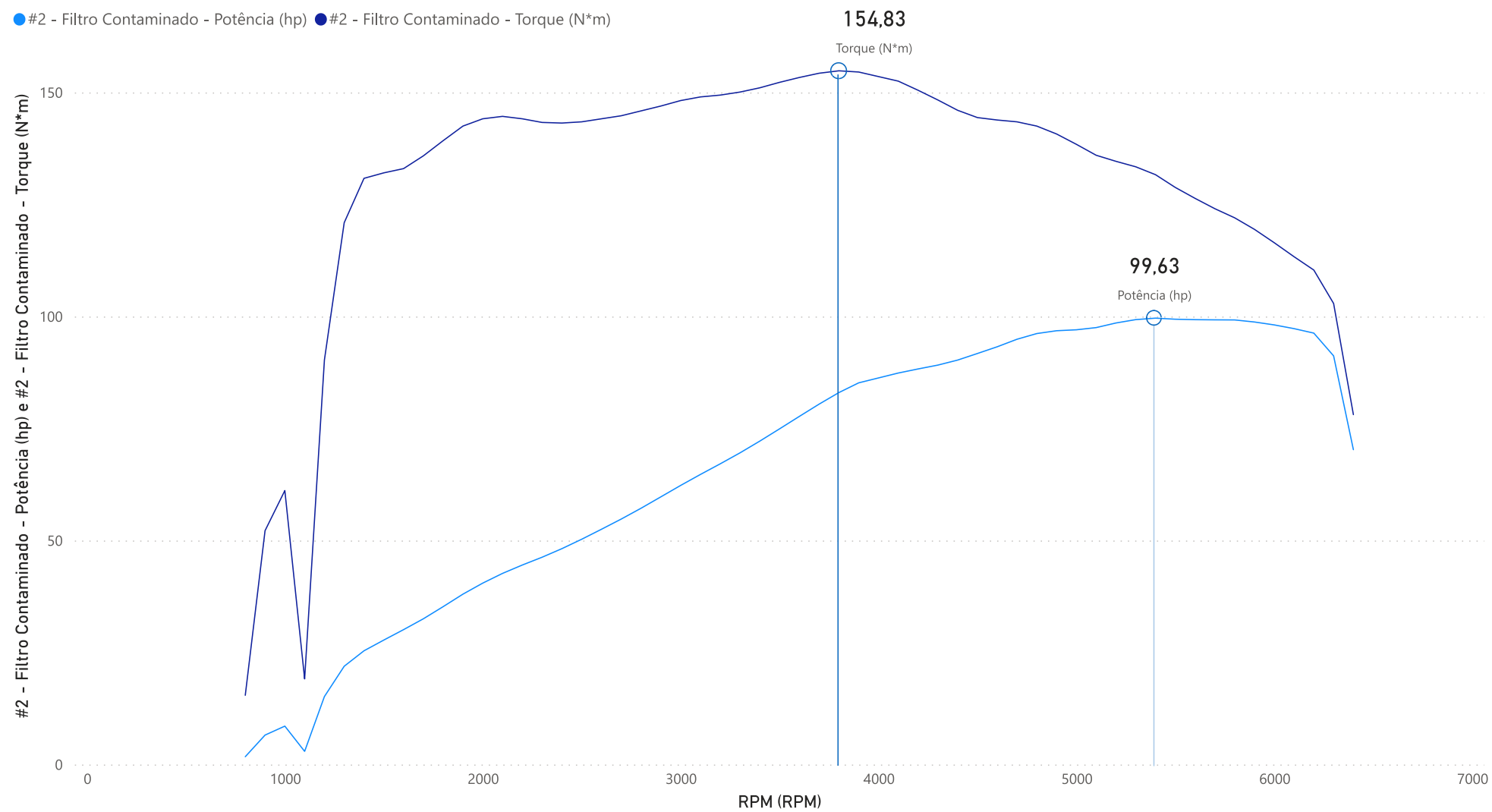
#1 - Potência e torque por RPM com filtro contaminado

● #1 - Filtro Contaminado - Potência (hp) ● #1 - Filtro Contaminado - Torque (N*m)



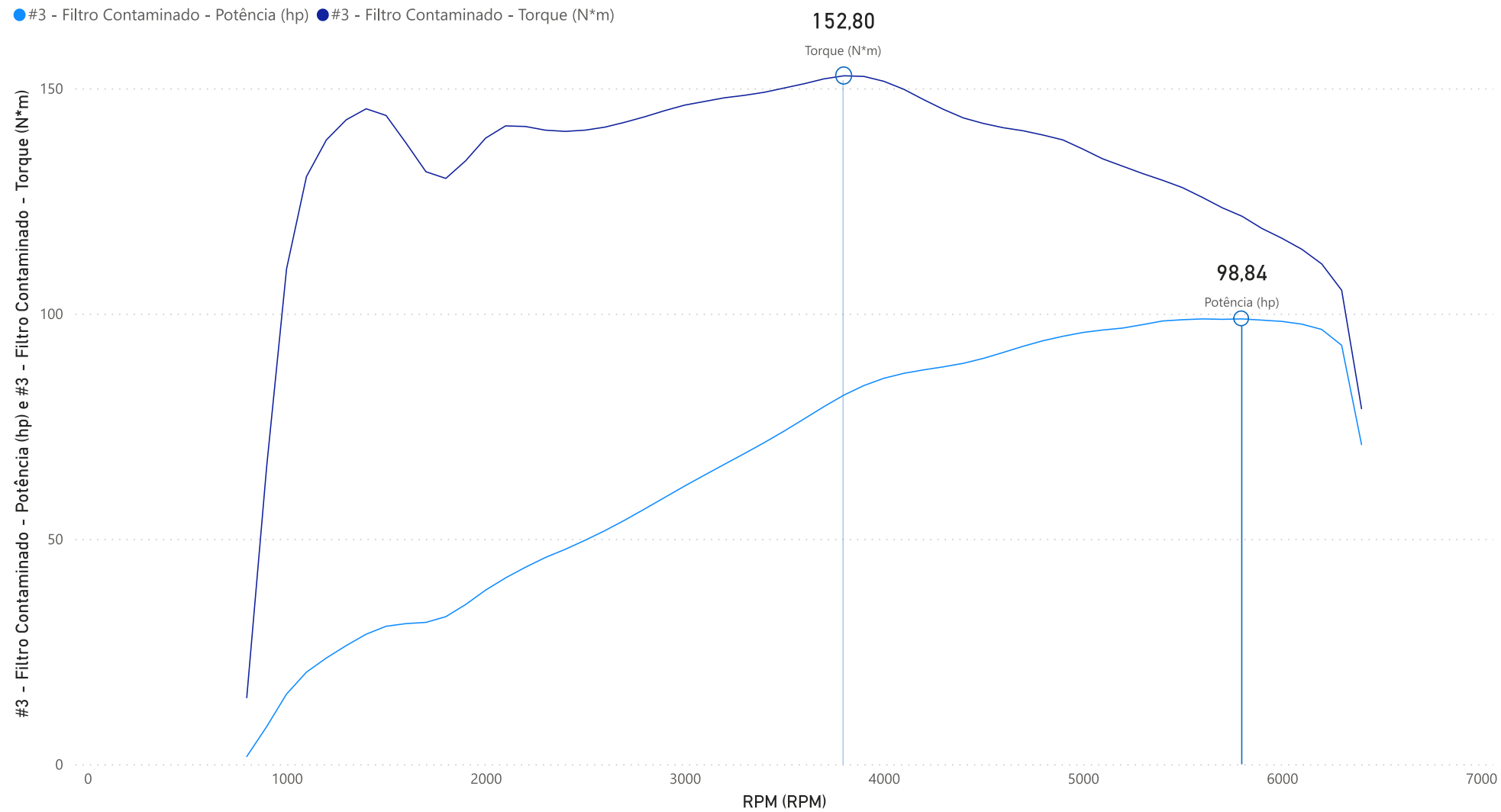
#2 - Potência e torque por RPM com filtro contaminado

#2 - Filtro Contaminado - Potência (hp) ● #2 - Filtro Contaminado - Torque (N*m)

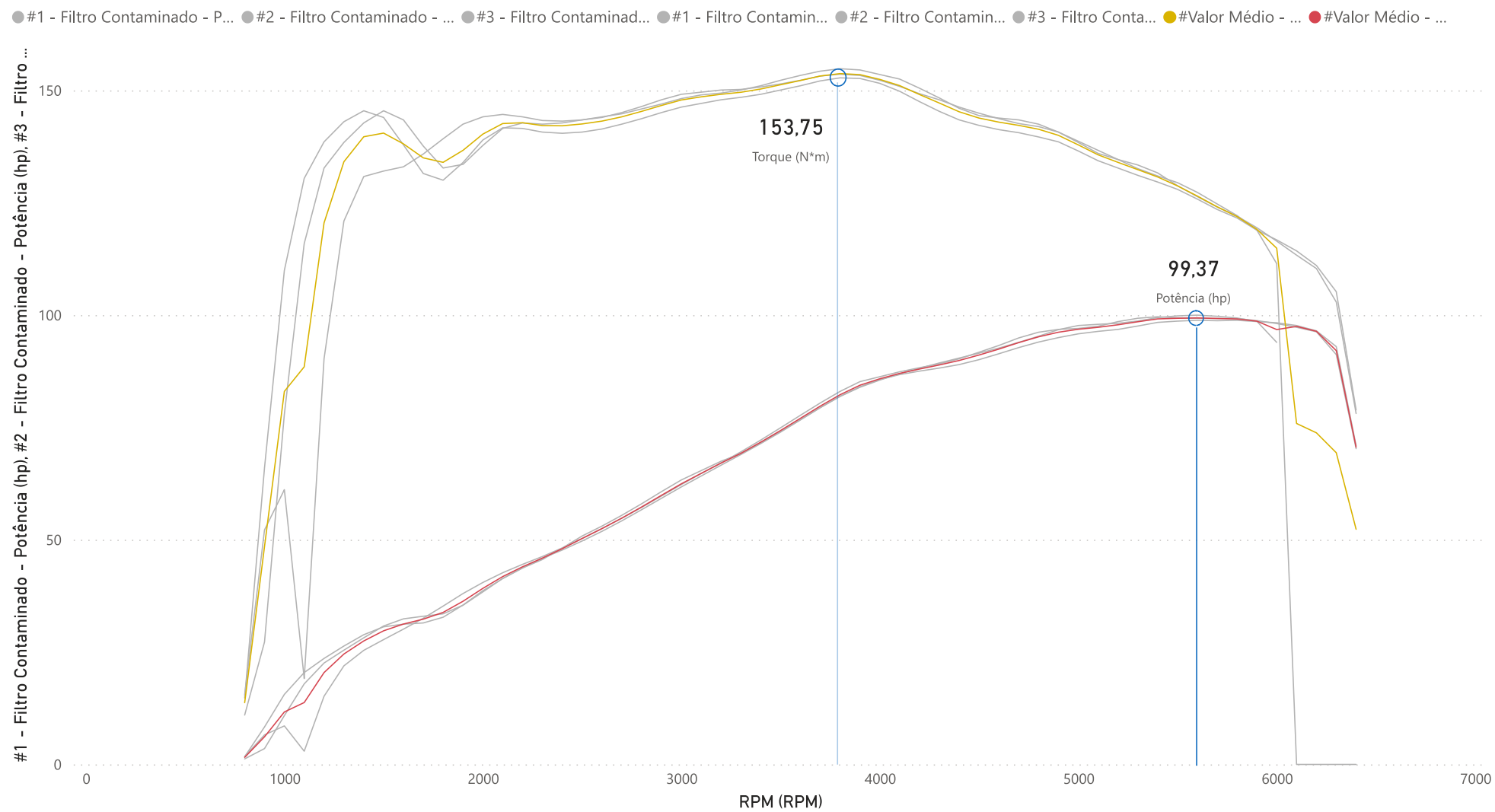


#3 - Potência e torque por RPM com filtro contaminado

#3 - Filtro Contaminado - Potência (hp) ● #3 - Filtro Contaminado - Torque (N*m)

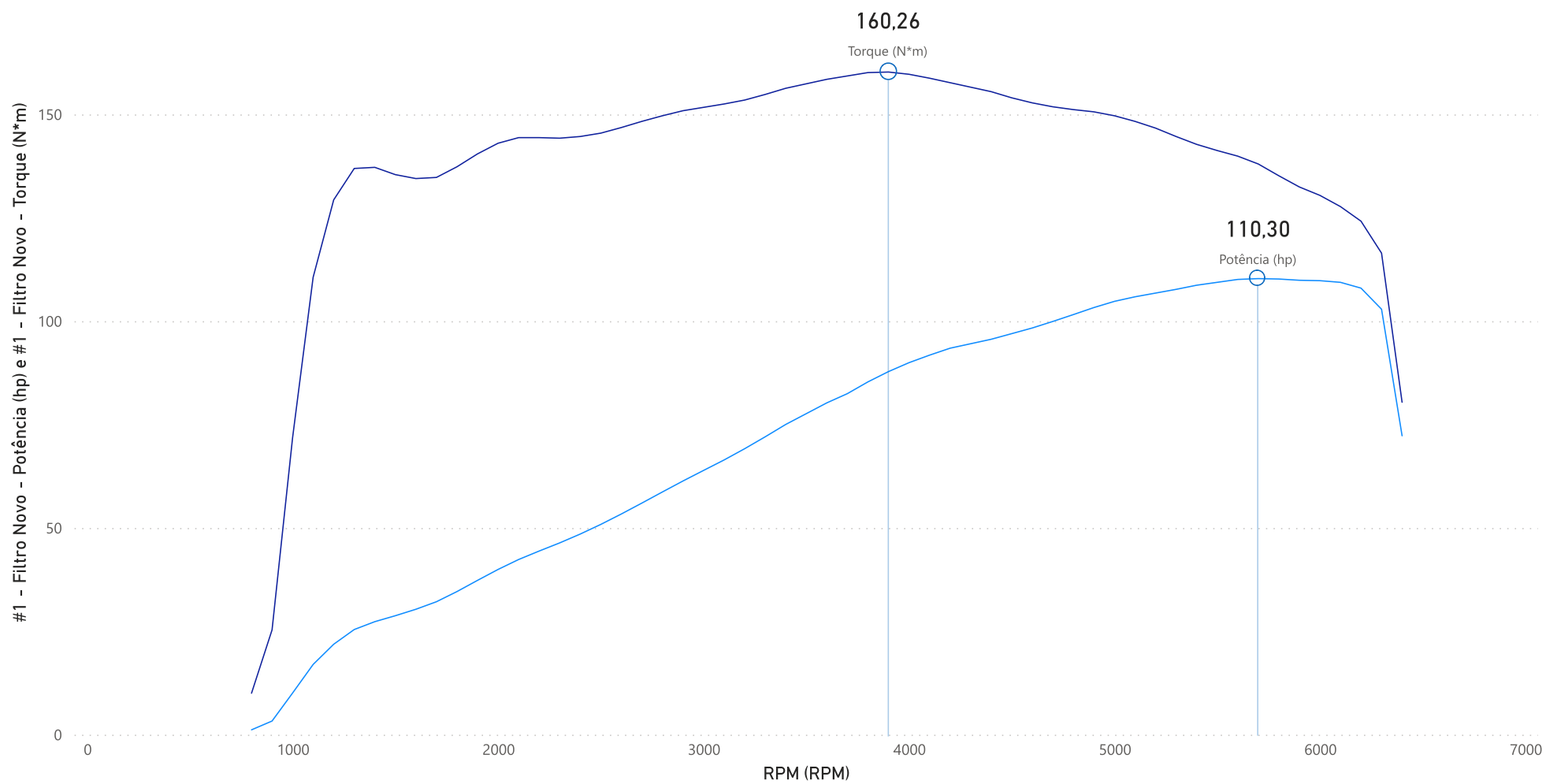


Potência e torque por RPM com filtro contaminado - Valores médios destacados



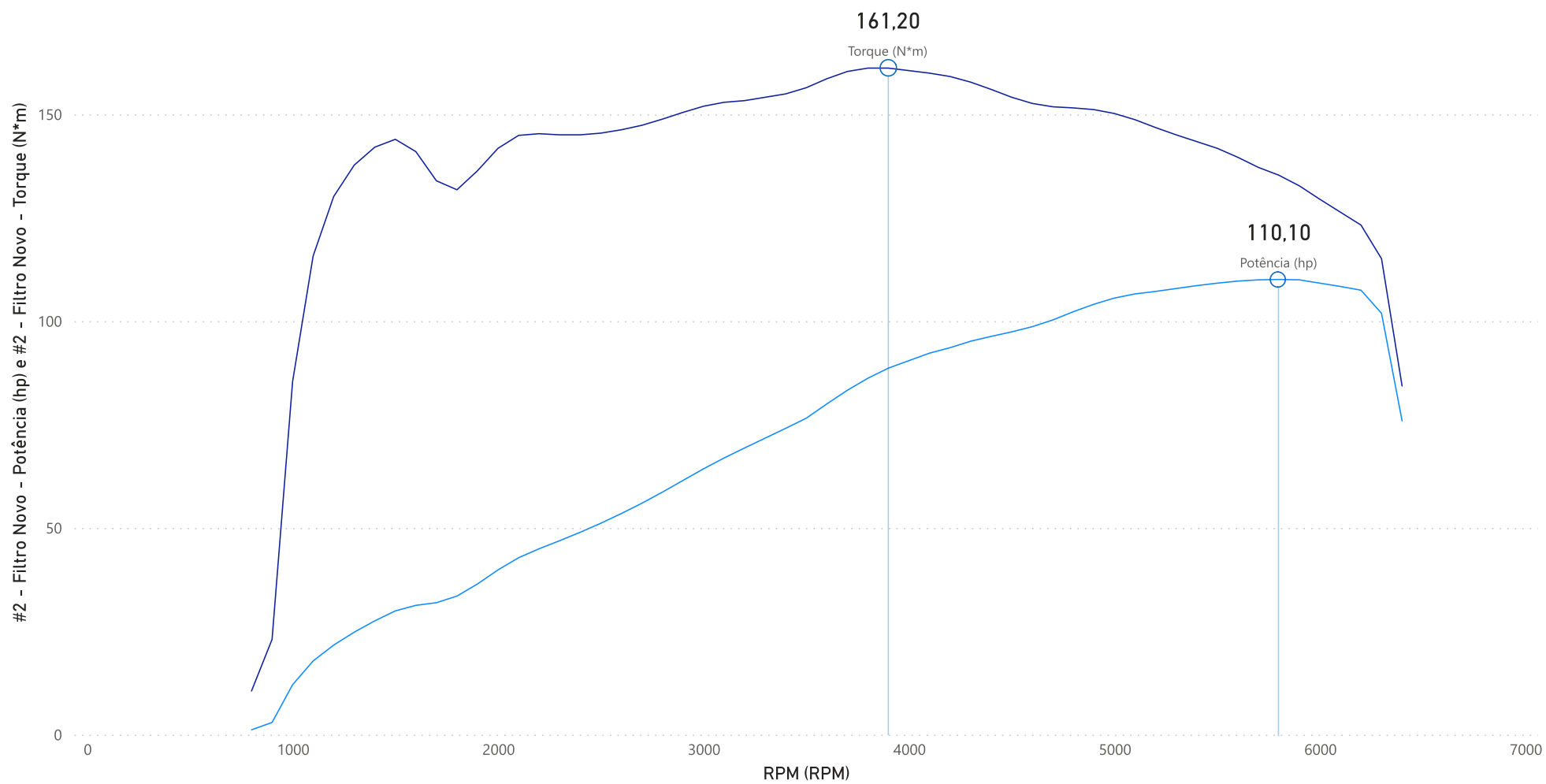
#1 - Potência e torque por RPM com filtro novo

#1 - Filtro Novo - Potência (hp) ● #1 - Filtro Novo - Torque (N*m)



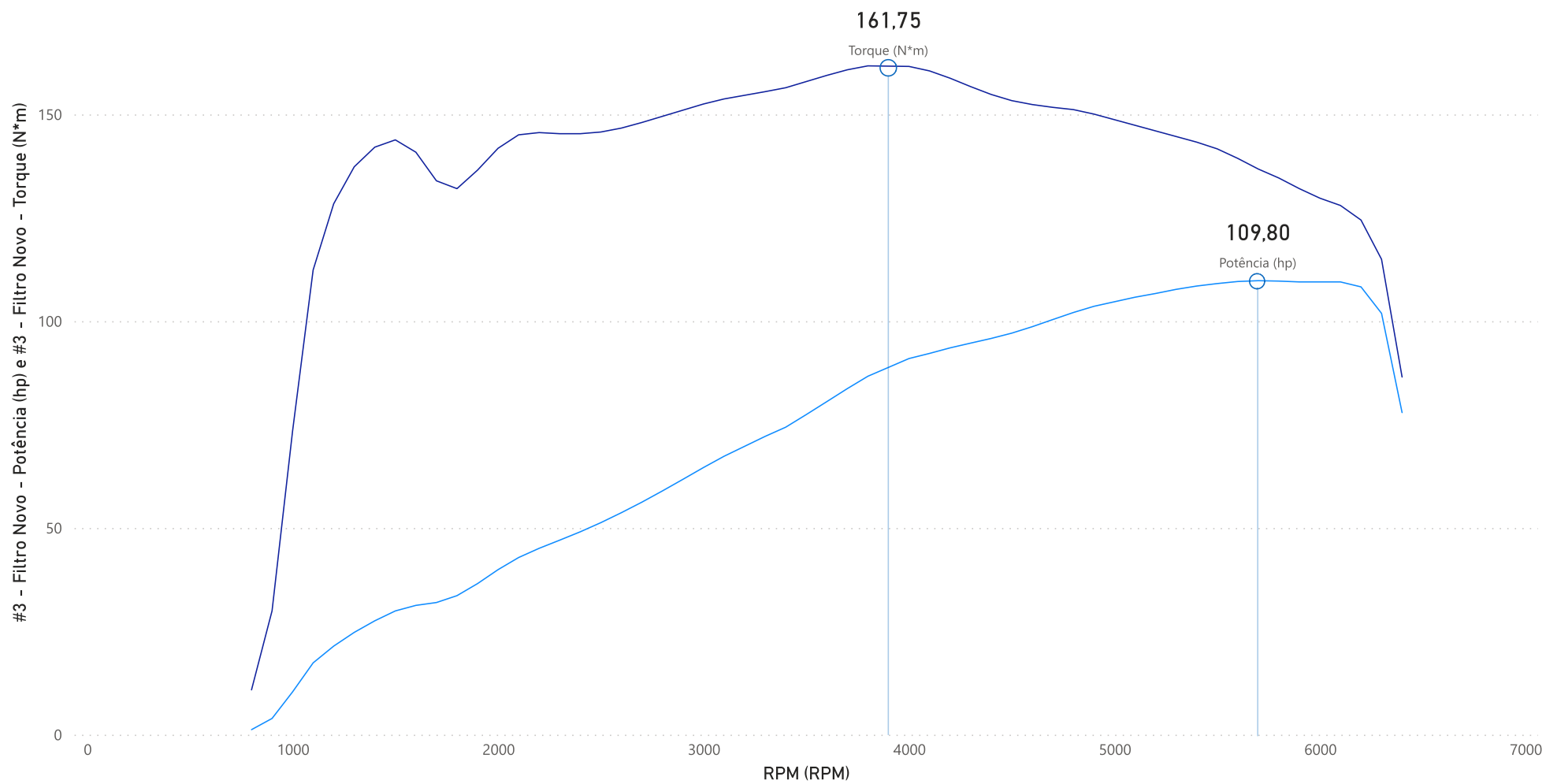
#2 - Potência e torque por RPM com filtro novo

#2 - Filtro Novo - Potência (hp) ● #2 - Filtro Novo - Torque (N*m)



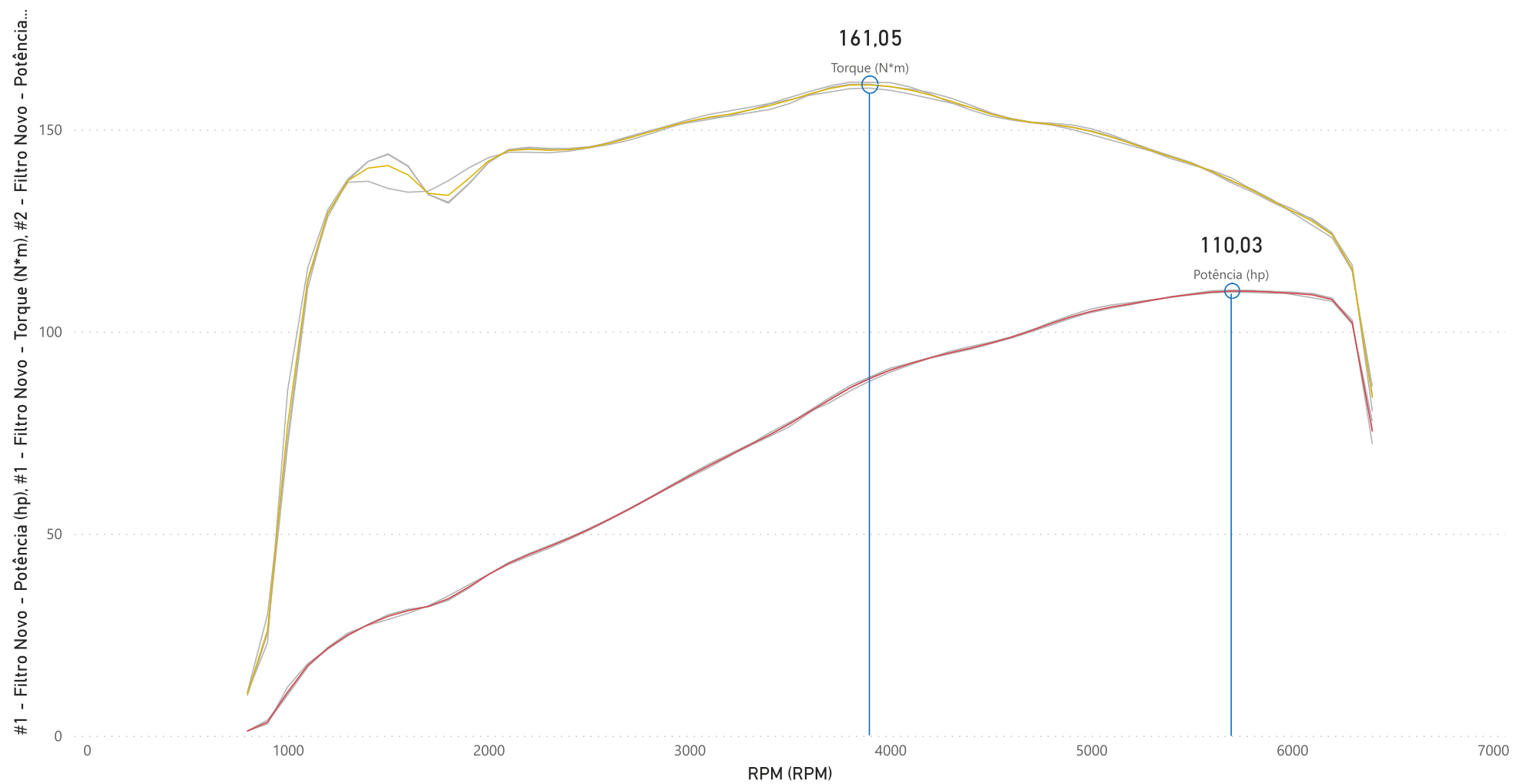
#3 - Potência e torque por RPM com filtro novo

● #3 - Filtro Novo - Potência (hp) ● #3 - Filtro Novo - Torque (N*m)



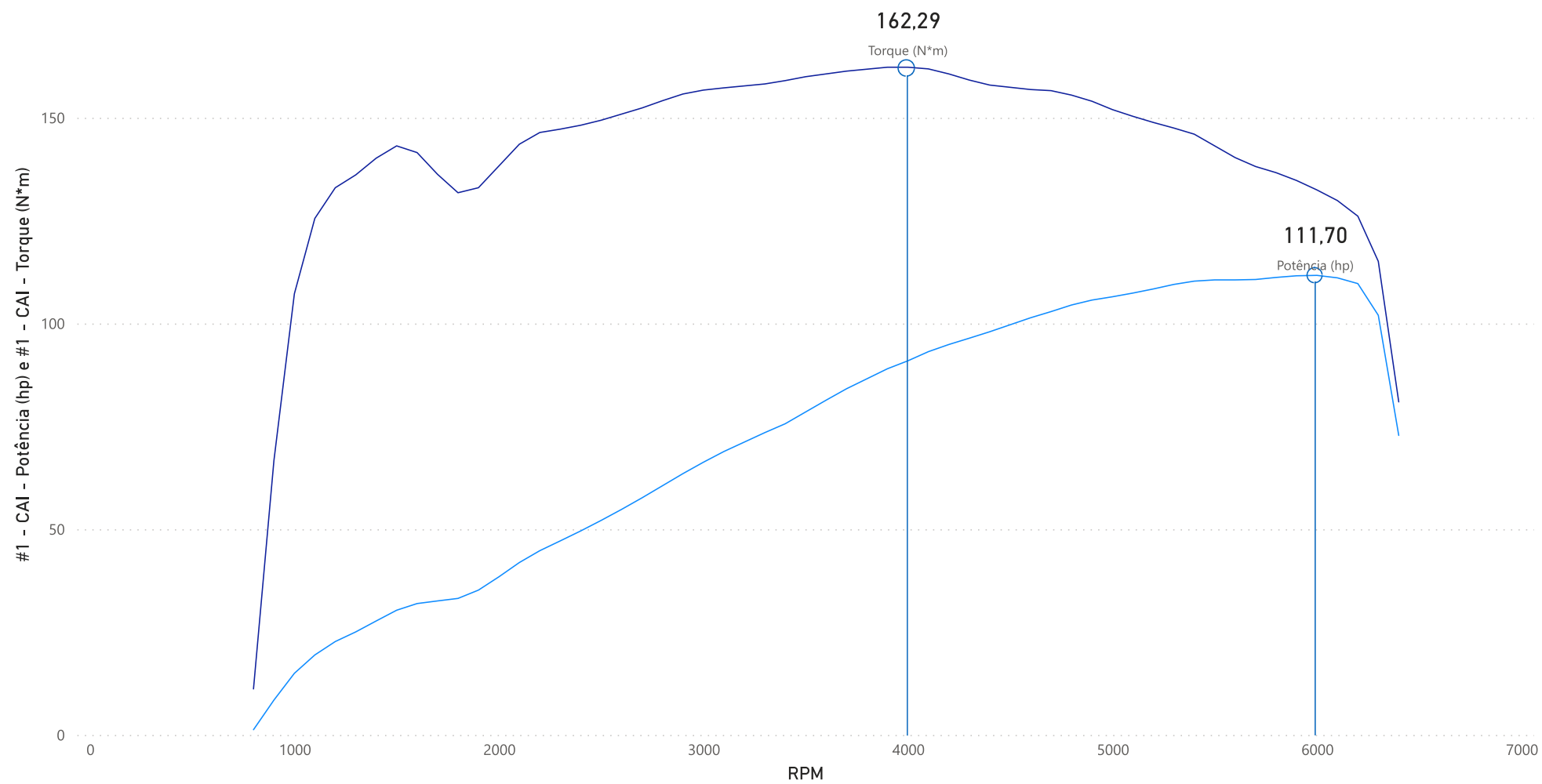
Potência e torque por RPM com filtro novo - Valores médios destacados

● #1 - Filtro Novo - Potência (hp) ● #1 - Filtro Novo - Torque (N*m) ● #2 - Filtro Novo - Potência (hp) ● #2 - Filtro Novo - Torque (N*m) ● #3 - Filtro Novo - Potência (hp) ● #3 - Filtro Novo - Torque (N*m) ● #Valor Médio - Potência (hp) ● #Valor Médio - Torque (N*m)



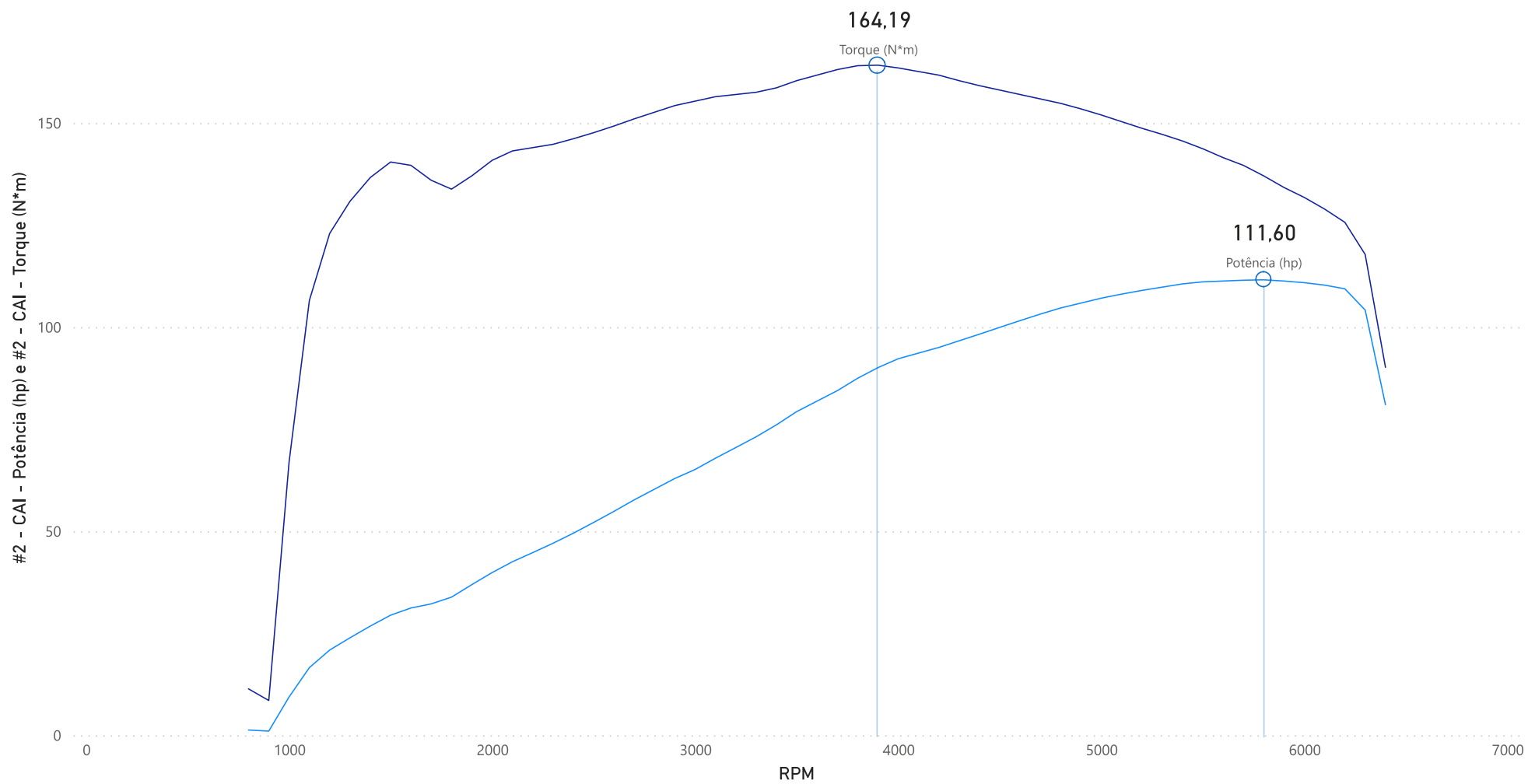
#1 - CAI - Potência (hp) e Torque (N*m) por RPM - CAI

#1 - CAI - Potência (hp) ● #1 - CAI - Torque (N*m)



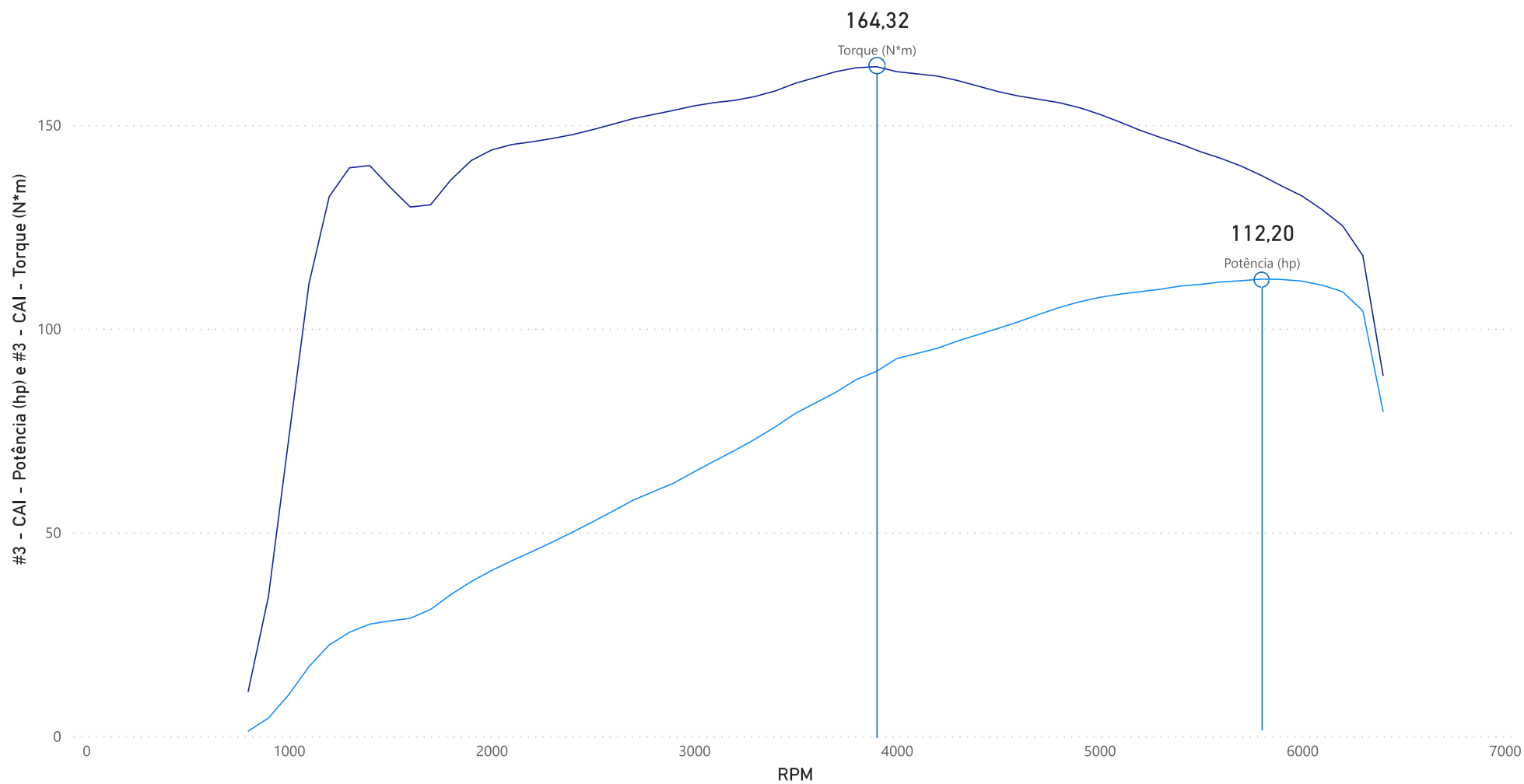
#2 - CAI - Potência (hp) e Torque (N*m) por RPM - CAI

#2 - CAI - Potência (hp) ● #2 - CAI - Torque (N*m)



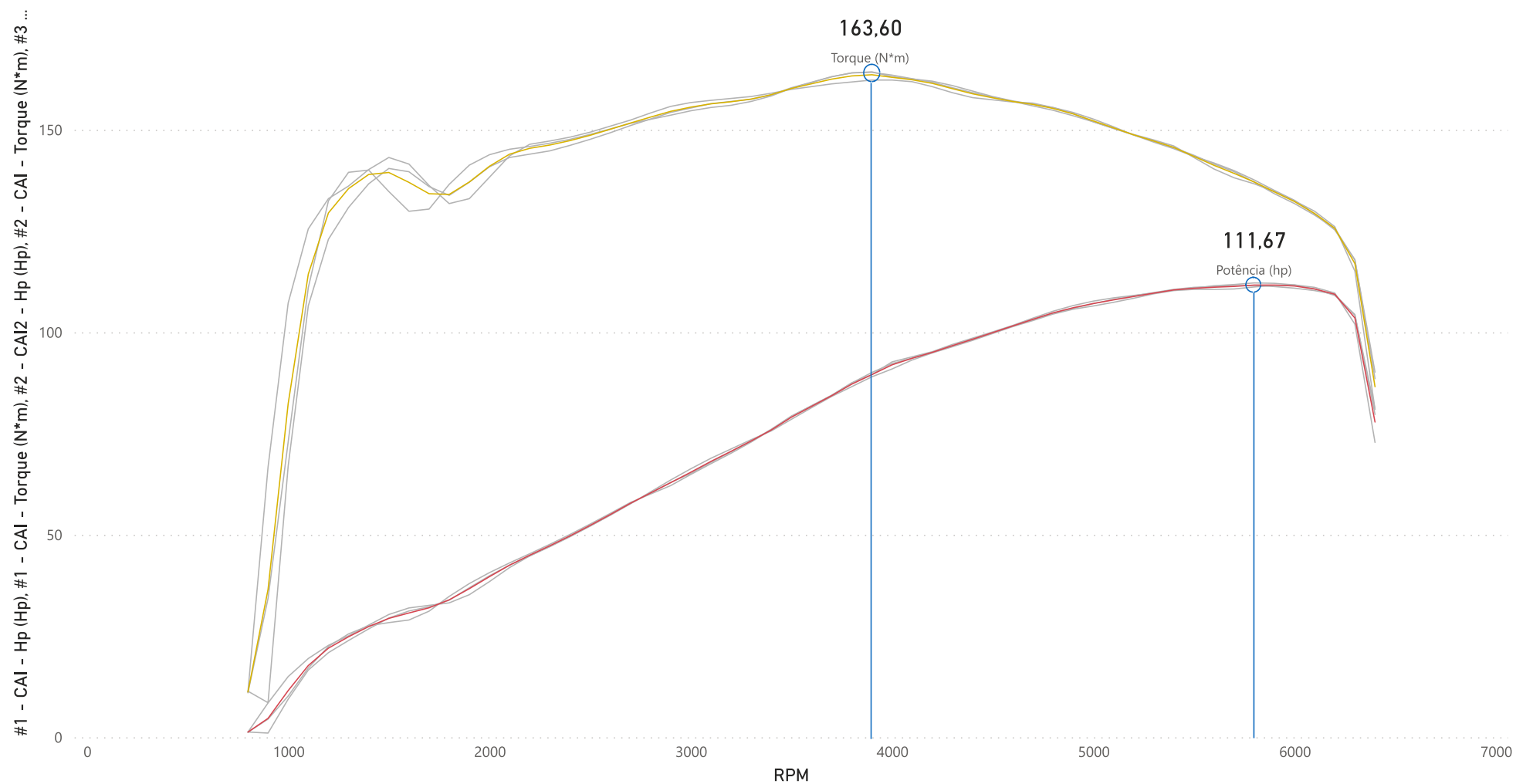
#3 - CAI - Potência (hp) e Torque (N*m) por RPM - CAI

#3 - CAI - Potência (hp) ● #3 - CAI - Torque (N*m)



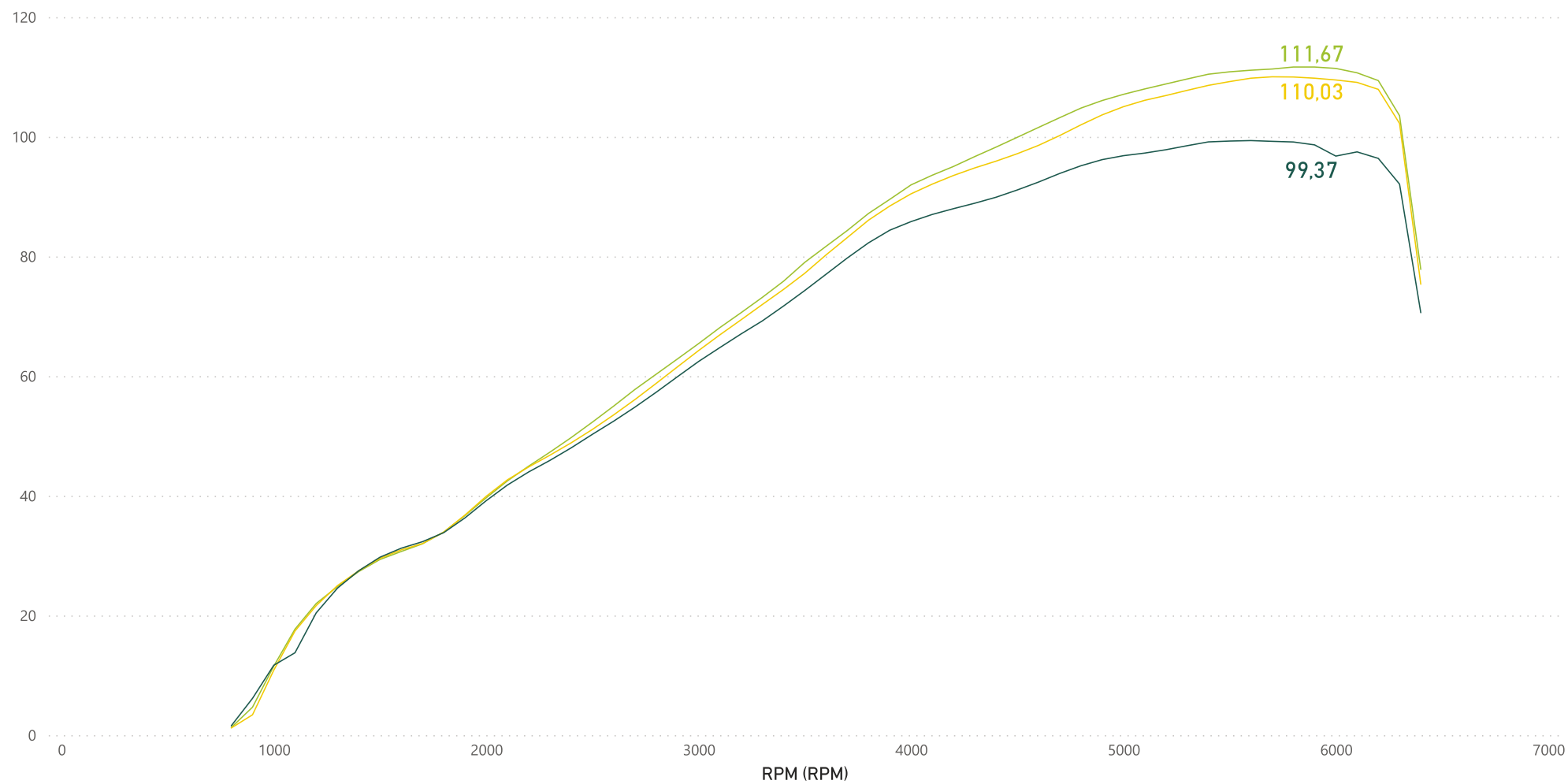
Potência e torque por RPM com CAI - Valores médios destacados

● #1 - CAI - Hp (Hp) ● #1 - CAI - Torque (N*m) ● #2 - CAI2 - Hp (Hp) ● #2 - CAI - Torque (N*m) ● #3 - CAI - Potência (hp) ● #3 - CAI - Torque (N*m) ● #Valor Médio - CAI - Potênci... ● #Valor Médio - C...



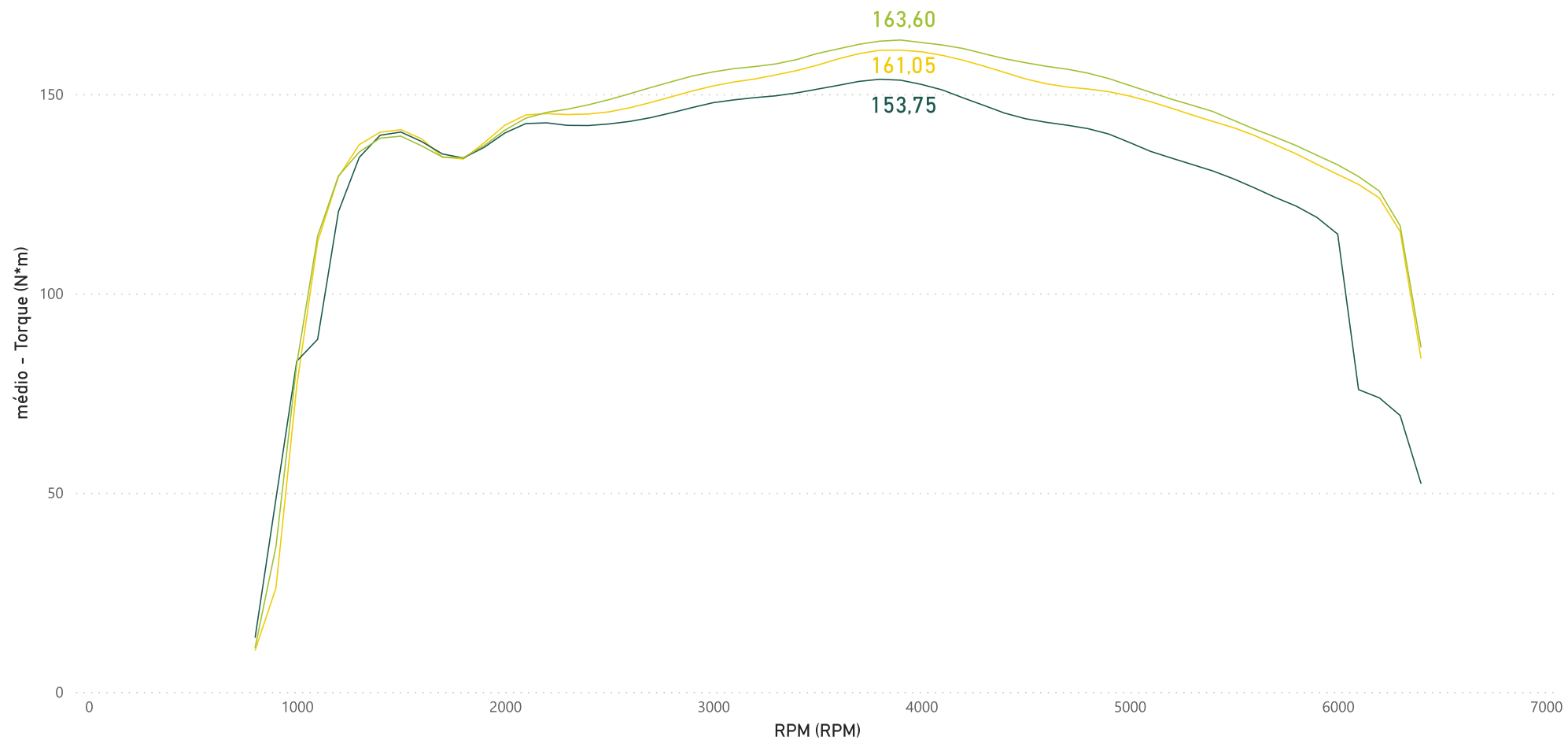
Curvas de valores médios de potência (hp) sobrepostas - Valores de picos destacados

● Potência CAI (HP) ● Potência Filtro Novo (HP) ● Potência Filtro Contaminado (HP)

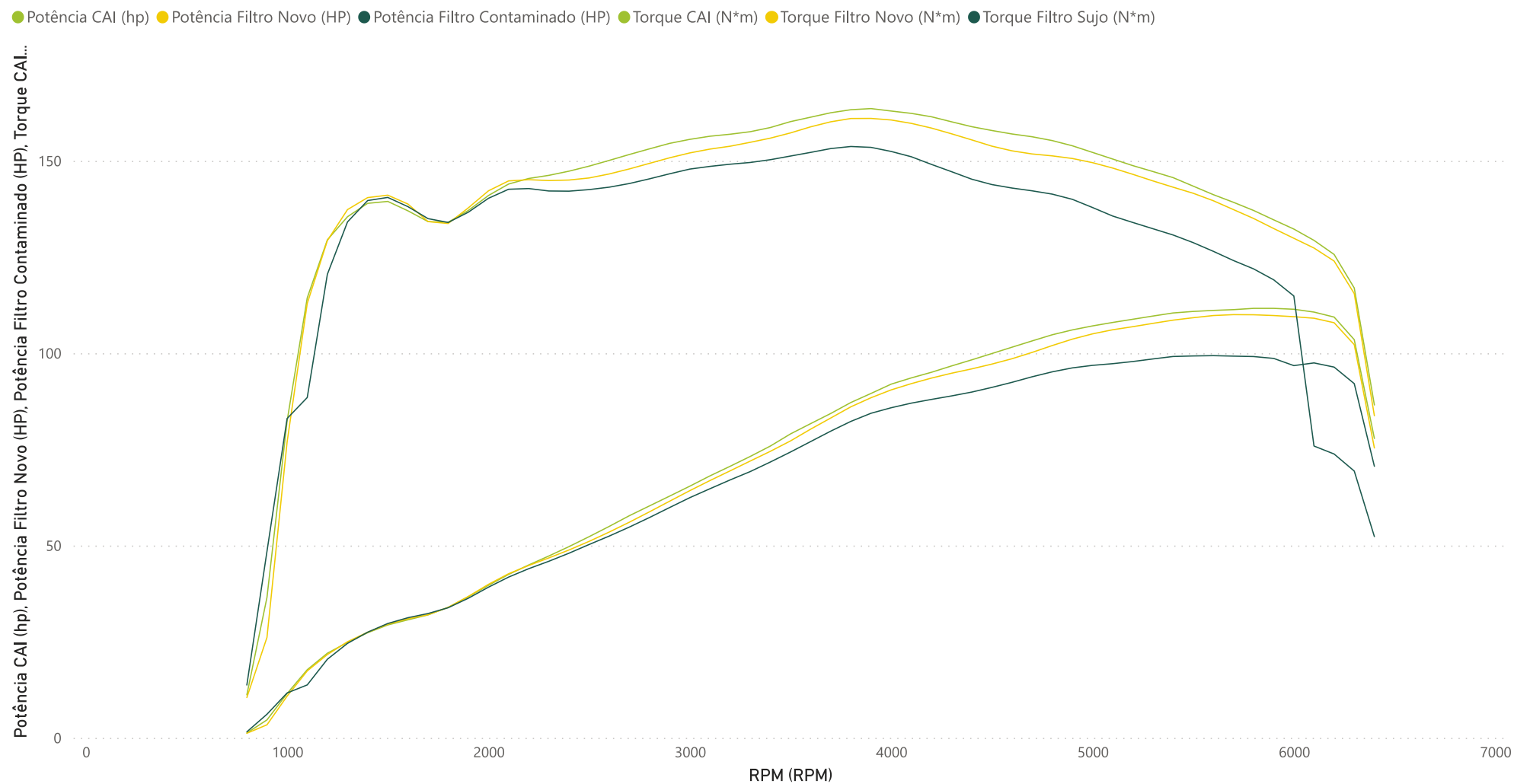


Curvas de valores médios de torque (N*m) sobrepostas - Valores de picos destacados

● médio - Torque (N*m) ● médio - Torque (N*m) ● médio - Torque (N*m)

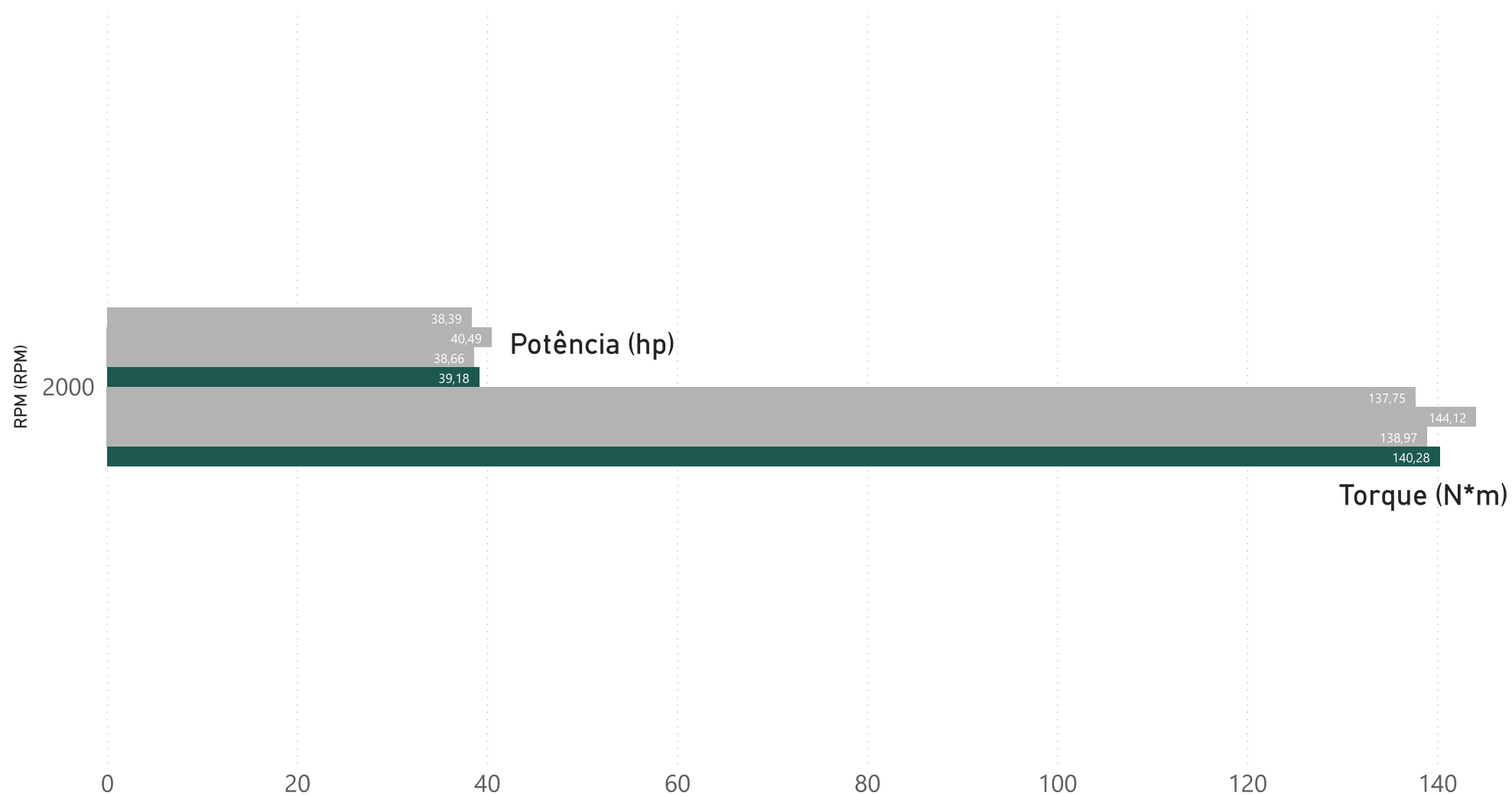


Curvas de valores médios de potência (hp) e torque (N*m) sobrepostas



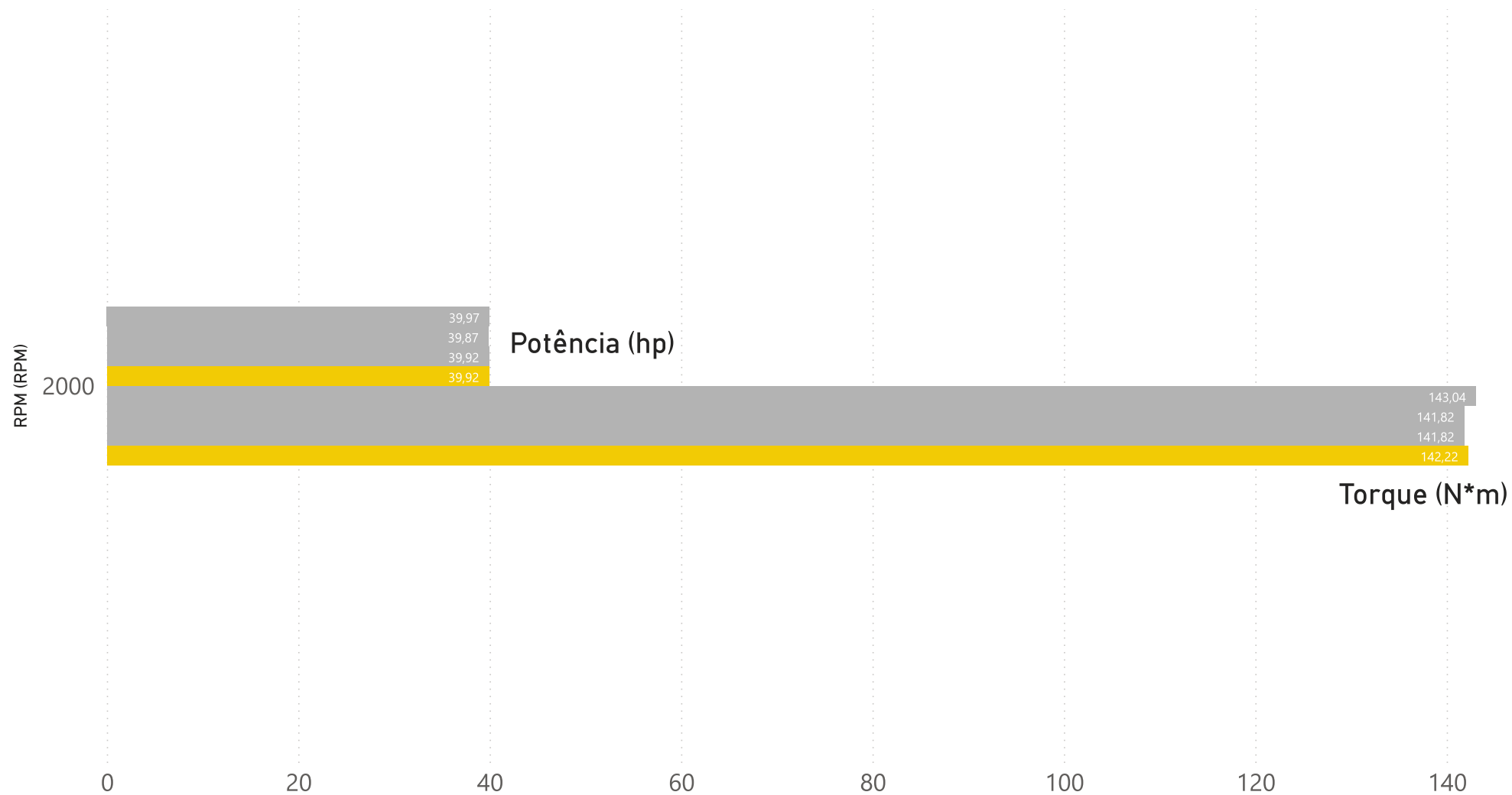
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM - Filtro Contaminado

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



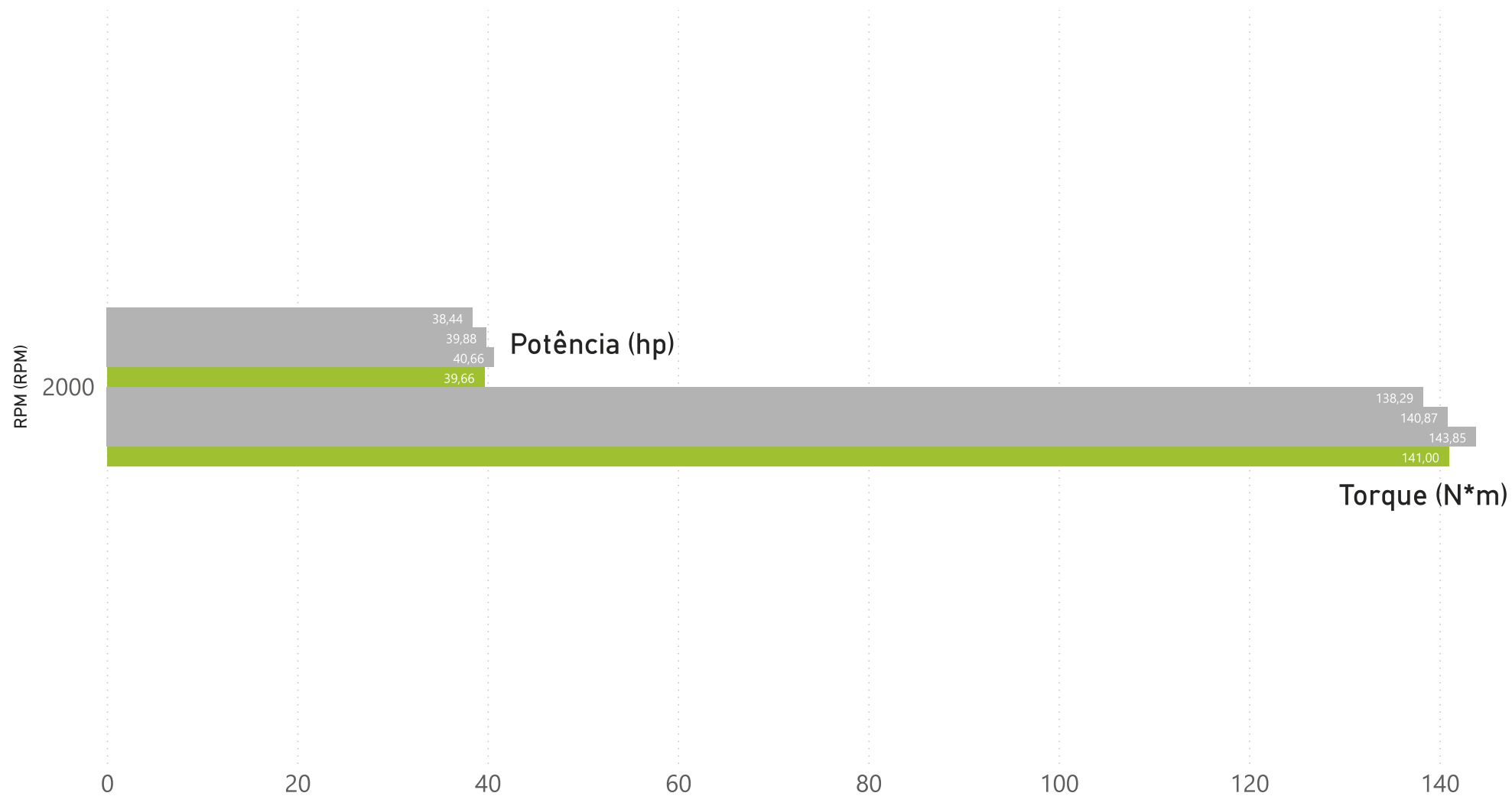
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM - Filtro novo

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



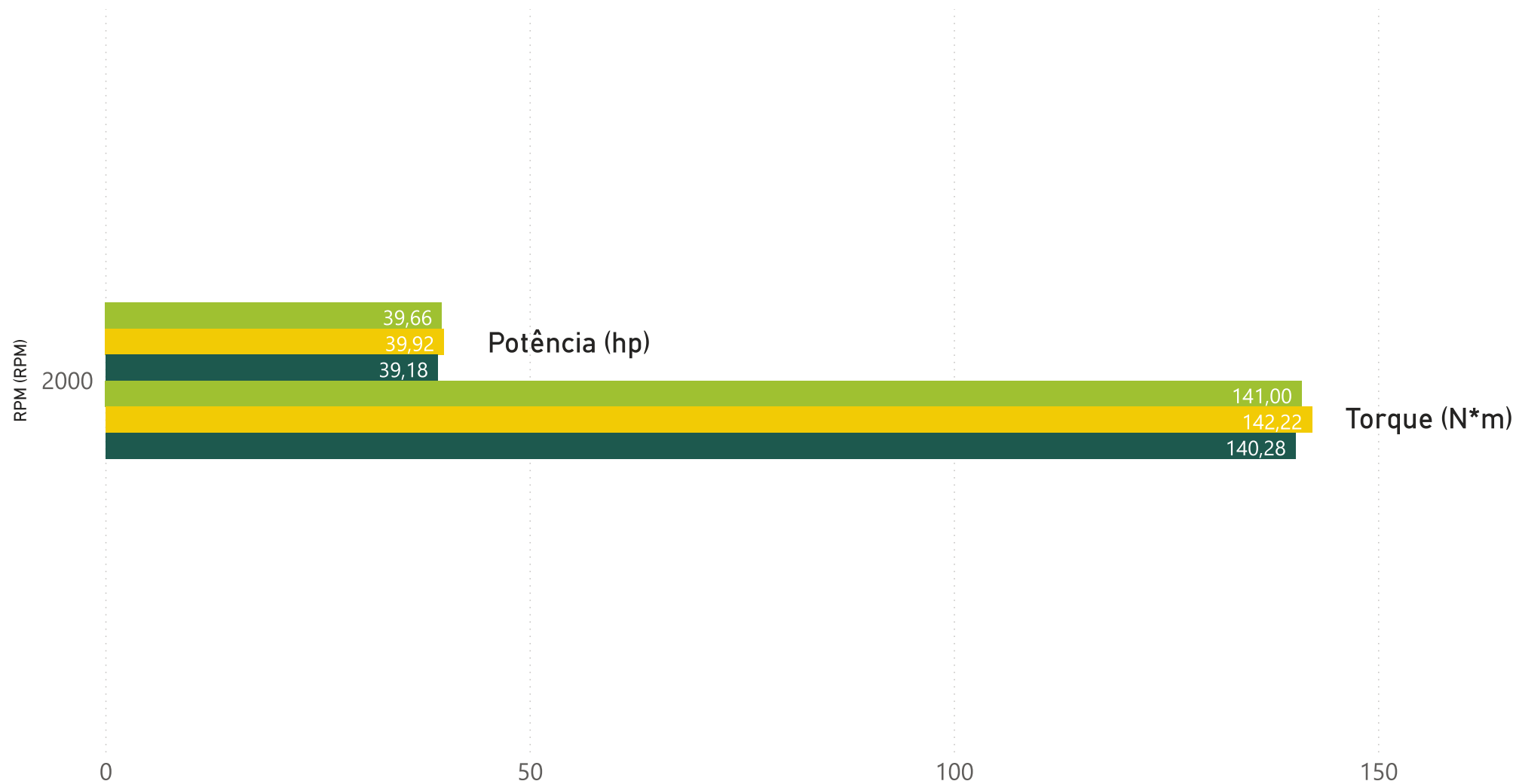
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 2000 RPM - CAI

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



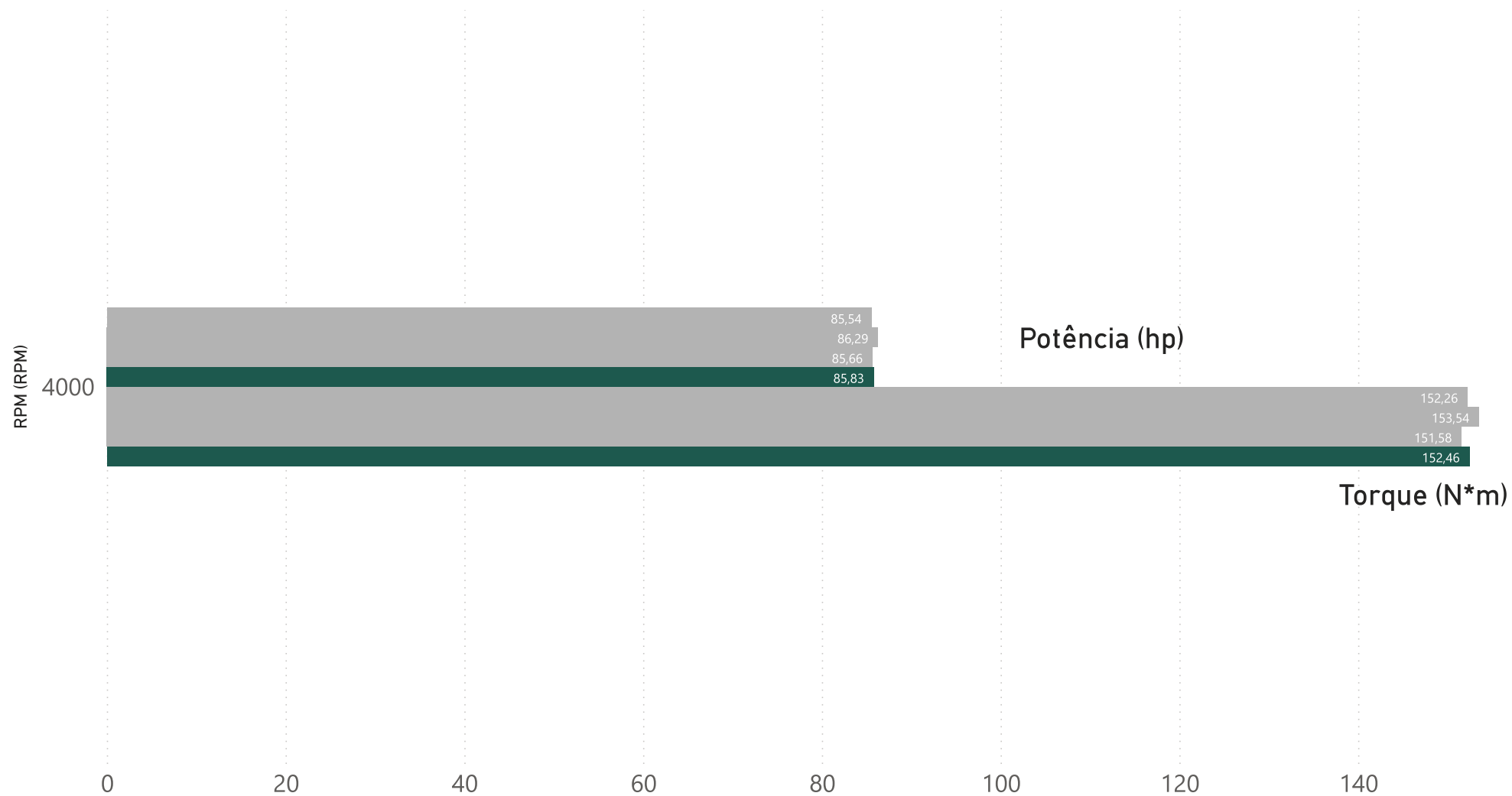
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) médios a 2000 RPM em todas as condições

● Potência CAI (hp) ● Potência Filtro Novo (hp) ● Potência Filtro Contaminado (hp) ● Torque CAI (N*m) ● Torque Filtro Novo (N*m) ● Torque Filtro Contaminado - (N*m)



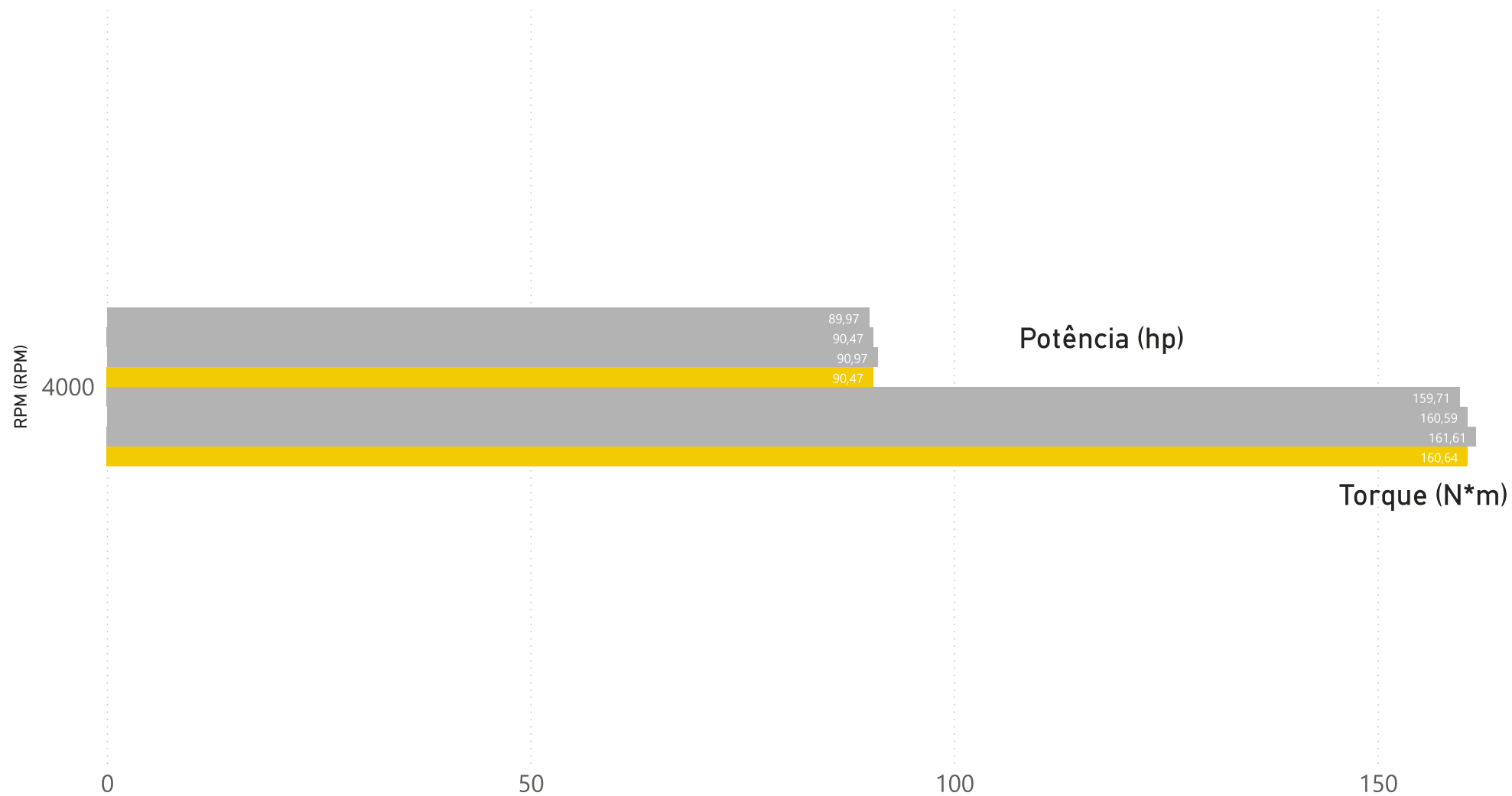
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM - Filtro contaminado

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



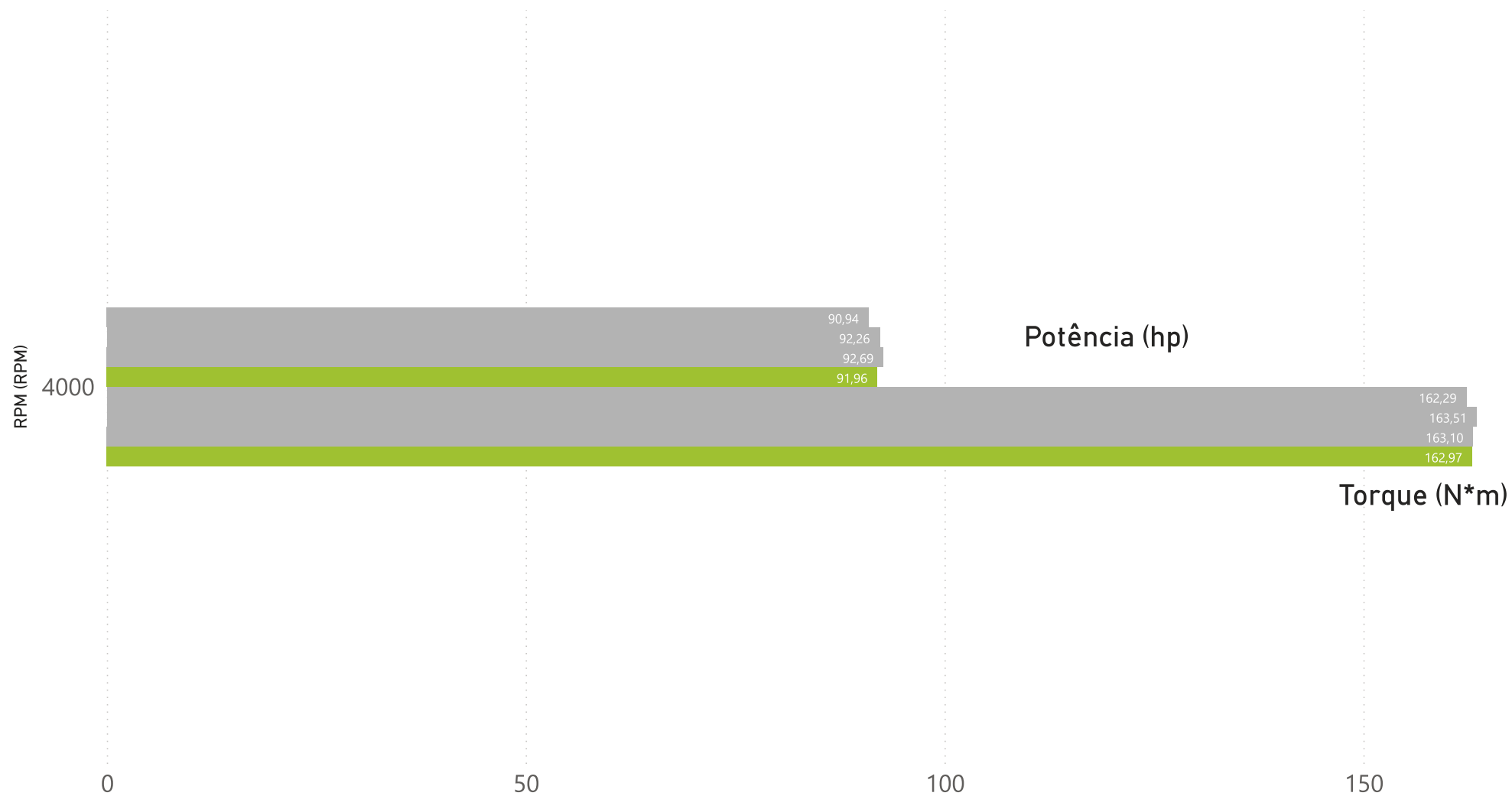
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM - Filtro novo

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



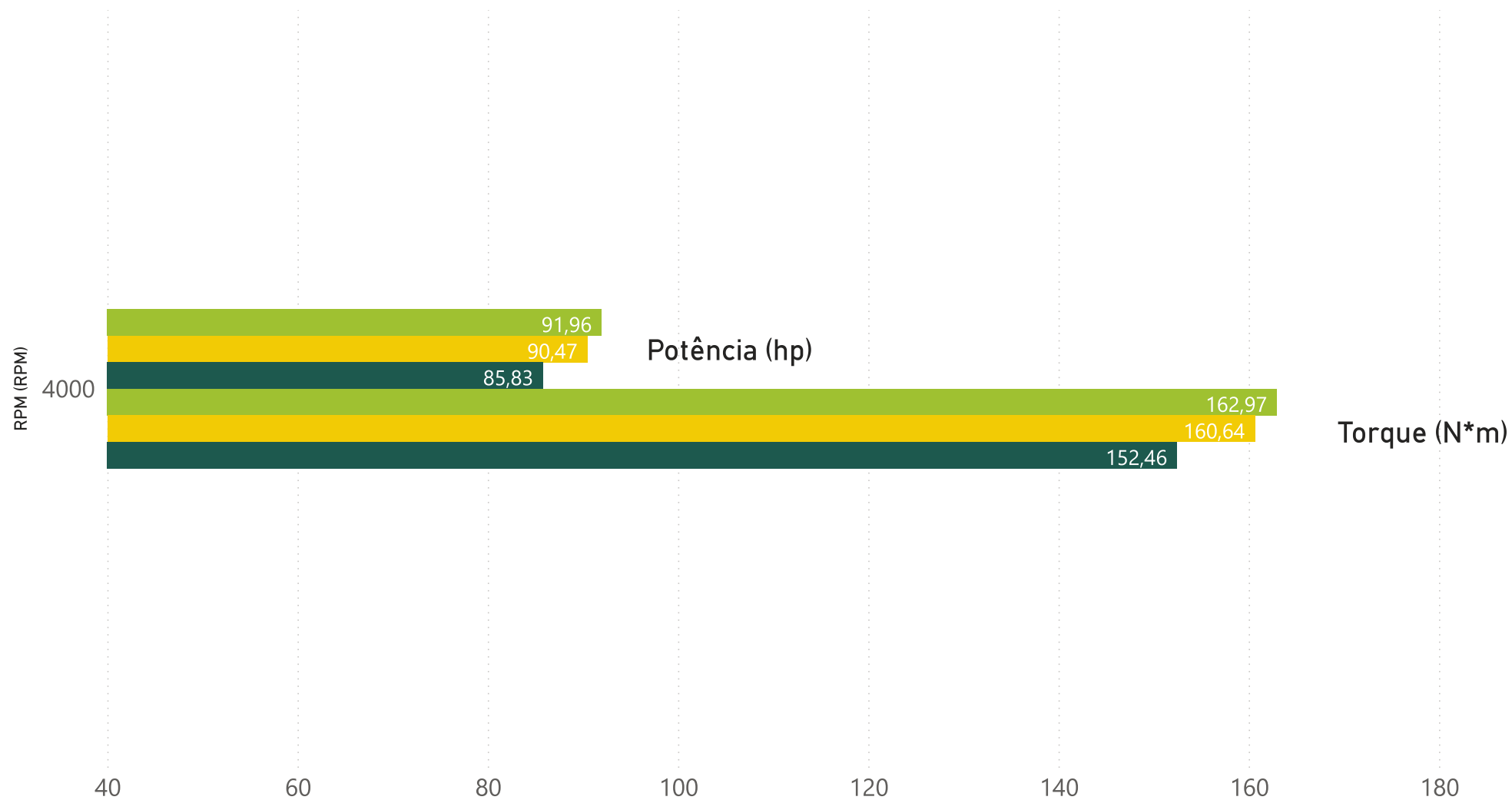
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM - CAI

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



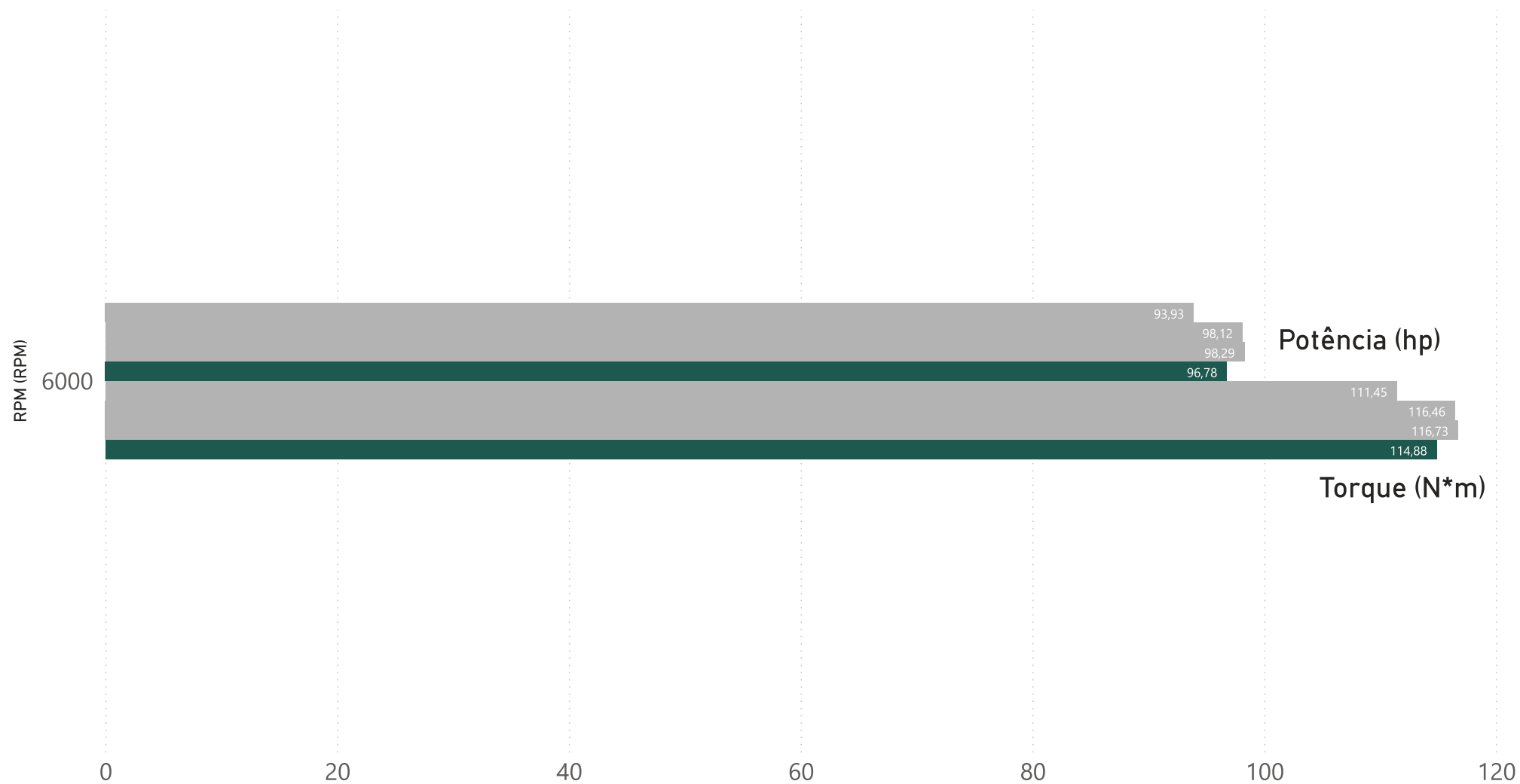
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 4000 RPM

● Potência CAI (hp) ● Potência Filtro Limpo (hp) ● Potência Filtro Contaminado (hp) ● Torque CAI (N*m) ● Torque Filtro Novo (N*m) ● Torque Filtro Contaminado (N*m)



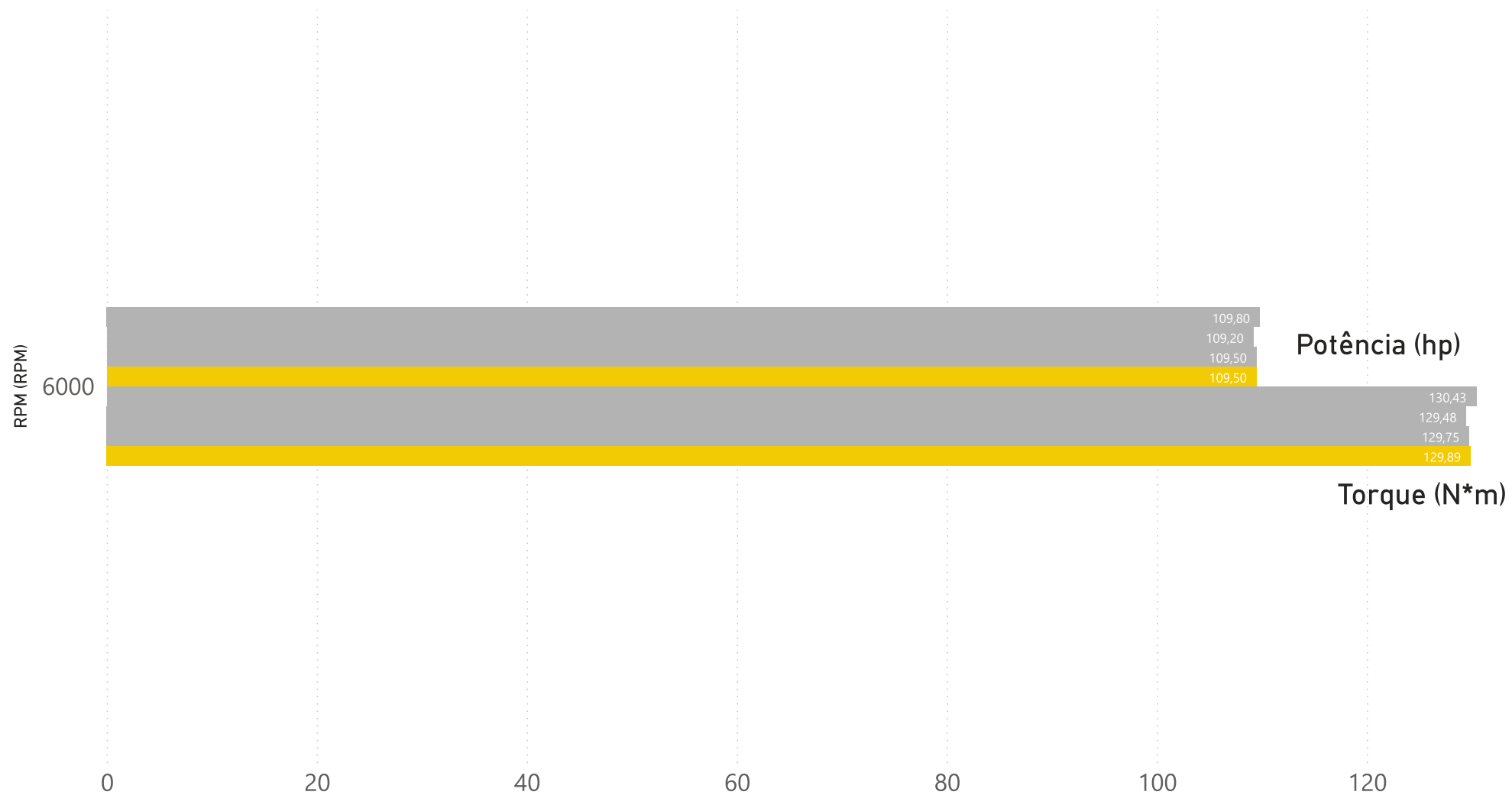
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM - Filtro contaminado

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



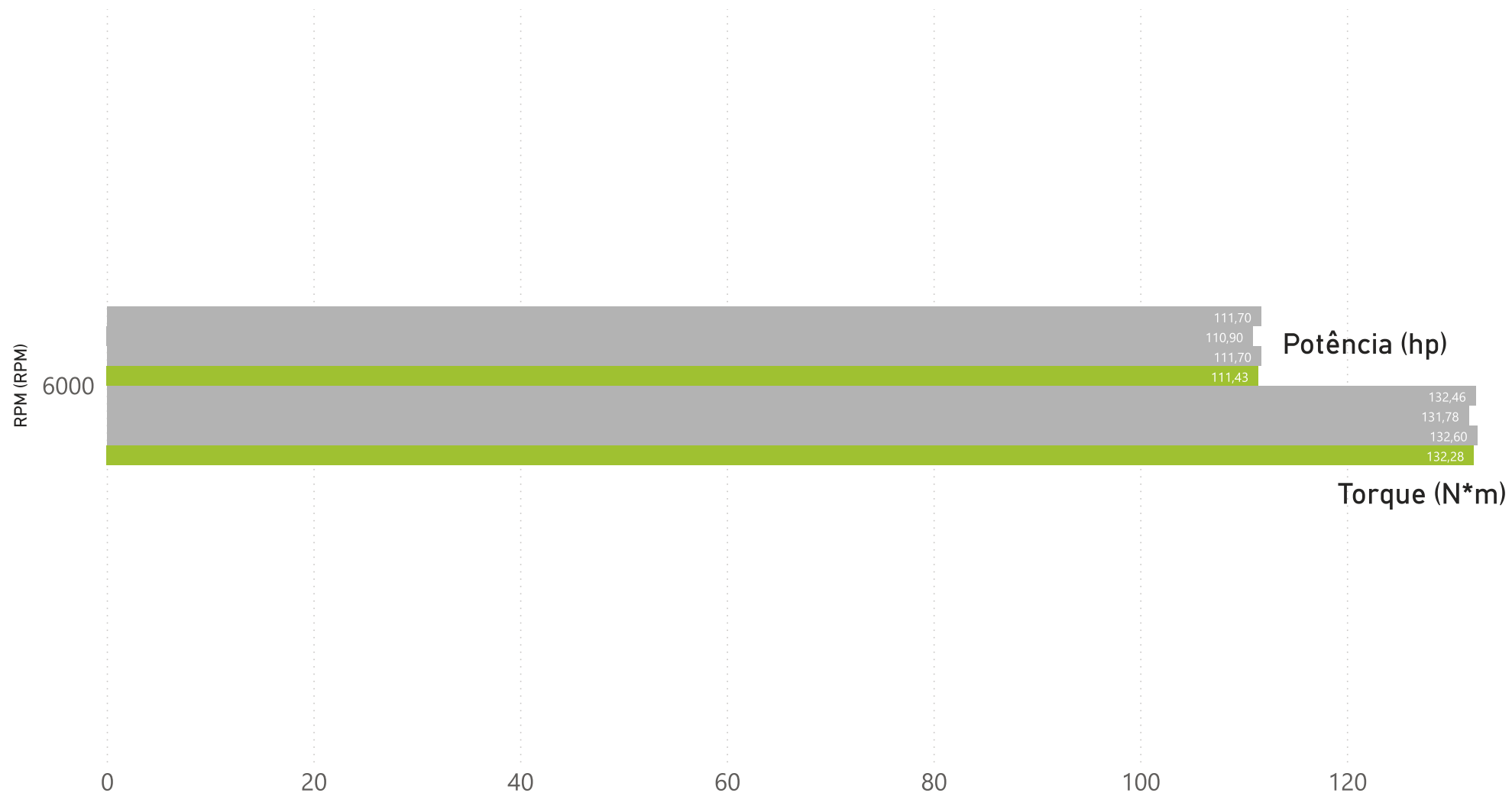
Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM - Filtro novo

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM - CAI

● #1 Potência (hp) ● #2 Potência (hp) ● #3 Potência (hp) ● Valor médio de potência (hp) ● #1 Torque (N*m) ● #2 Torque (N*m) ● #3 Torque (N*m) ● Valor médio de torque (N*m)



Comparativo de potência (hp) e torque (N*m) a 6000 RPM

● Potência CAI (hp) ● Potência Filtro Limpo (hp) ● Potência Filtro Contaminado (hp) ● Torque CAI (N*m) ● Torque Filtro Novo(N*m) ● Torque Filtro Contaminado (N*m)

