

DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO PARA TESTES DE TORQUE E POTÊNCIA DE MOTORES

Bruno Tizzo Moraes¹

Diogo Batista Fernandes²

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento do setor automobilístico a incorporação de novas tecnologias nos sistemas de funcionamento dos motores, permitiu a otimização dos processos de admissão da mistura ar-combustível, da combustão e da expulsão dos gases queimados, possibilitando a obtenção de maior potência com menor consumo de combustível e com baixos níveis de emissões poluentes lançados ao ar atmosférico

Estudos da agência internacional de energia (*International Energy Agency - IEA*) de 2009 mostram que o transporte é responsável por 19% do uso global da energia, e 23% das emissões de CO², e que esses valores provavelmente aumentarão no futuro. Ainda de acordo com esses estudos, o uso da energia no transporte e as emissões de CO² são projetados para aumentar em quase 50% em 2030 e acima dos 80% até 2050.

Por estes motivos testes de torque e potência são feitos em um ambiente controlado (em um laboratório), usando um aparelho chamado de dinamômetro. Nele, é possível acompanhar o desenvolvimento do motor a cada instante, colhendo e analisando os resultados com a ajuda de um software de computador.

De acordo com SPERANZA e SILVA (2005), testes em motores são muito importantes devido ao avanço da indústria automobilística. Estes testes devem simular situações, mais reais possíveis, bem como envolver o motor como um todo, sendo praticamente impossível fazer esses tipos de testes em seu local de operação, seja ele motor de um automóvel ou um motor estacionário, já que é preciso acompanhar o desenvolvimento do motor a cada instante.

Os testes em laboratórios de motores são indispensáveis, tanto do ponto de vista da pesquisa, quanto no que diz respeito à docência, ao controle de qualidade, ao processo de

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica

² Professor da Universidade de Rio Verde – Orientador

homologação, entre outros. O dinamômetro é um dos elementos mais importantes de um laboratório de motores, pois é uma ferramenta poderosa que permite a determinação de torque e potência mecânica, além de dados de consumo de combustível, taxas de emissões de gases de combustão, entre outros parâmetros.

Existe diversos tipos de dinamômetro hoje no mercado, os mais comuns são, os dinamômetros eletrônicos, dinamômetro de inércia, e o dinamômetro de fricção, (que é o objeto de estudo deste trabalho), composto por uma parte girante e um elemento de leitura de carga. Neste caso utiliza-se uma alavanca acionada por um sistema de freio semelhante ao dinamômetro de Prony, ou como e mais conhecido *Freio de Prony*, como mostra na figura 1, transmitindo uma força para um equipamento de leitura, que contempla uma célula de carga como dispositivo de aquisição de dados.

1.1. OBJETIVO GERAIS

O trabalho tem como objetivo a construção de um mecanismo capaz de colher dados, tais como torque e potência de motores estacionários, e dar suporte ao campeonato interno da UniRV, o mini baja, já que o campeonato não permite alterações nos motores da competição, e para fins acadêmicos já que são feitos vários testes em motores, podendo aumentar a variedade de estudos que são feitos no laboratório.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

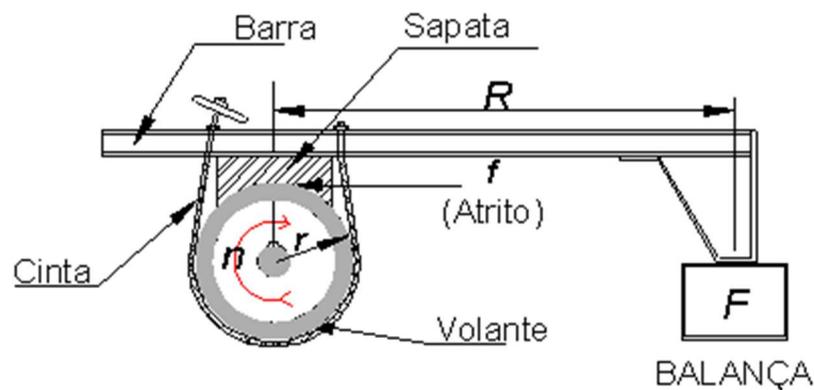
2.1 Teste de torque e potência de motor

Torque e potência de motores são os principais fatores de testes do setor automobilístico, com objetivo de obter o máximo rendimento, sem que possa ser afetada a eficiência do motor, tais como, consumo, desgaste prematuro do motor, emissão de gases poluentes, potência e torque. (Denis Marum ,Oficina-do-g1/noticia/2014).

2.2 Dinamômetro de fricção

E o mecanismo para efetuar leituras de torque e potência mais antigo já conhecido, porém, pela sua simplicidade, eficiência e baixo custo, é usado até nos dias de hoje. O primeiro modelo foi criado em 1821, pelo engenheiro *Gaspard Riche Prony*, que era composto por um volante envolvido por uma cinta metálica conectada a uma barra, cuja sua extremidade é apoiada sobre uma balança, esse mecanismo é conhecido como *Freio de Prony*, como mostra na (figura 1) (ARAGO F, 1855).

Figura 1- Freio de prony



Fonte: Porto Editora, 2003-2017.

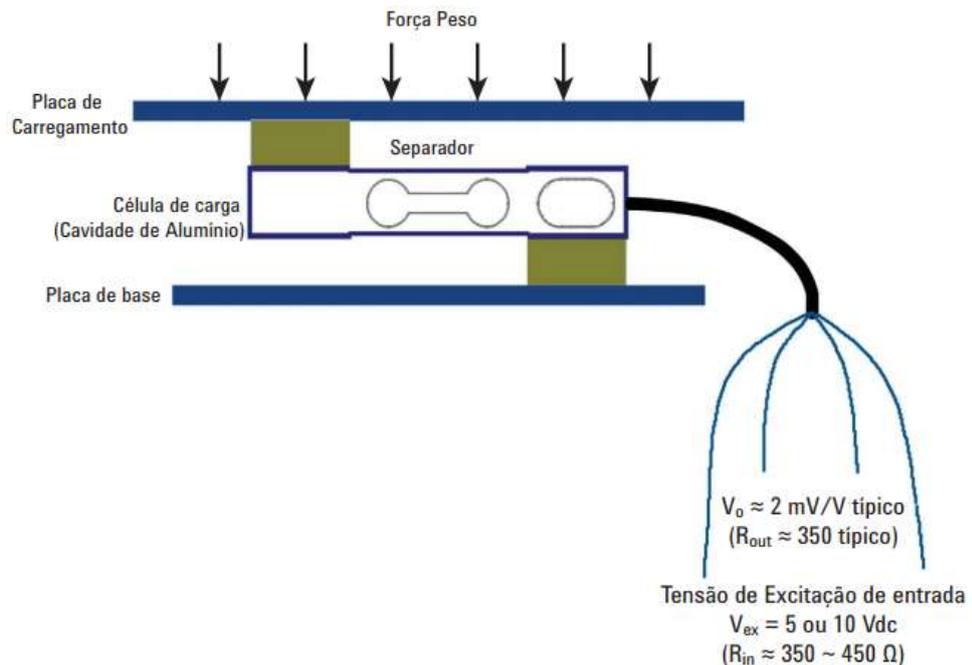
Os dinamômetros podem ser classificados em diversos modelos. Sendo assim, estes têm a sua finalidade baseada nos mesmos princípios, ou seja, realizar a medição de torque e potência. Porém o modo de funcionalidade é o que os difere, como por exemplo, os dinamômetros de fricção, os hidráulicos e os elétricos. Todos estes dinamômetros podem ser utilizados em motores, ou até mesmo em equipamentos que possuem o eixo principal em um local de fácil acesso para se instalar o dinamômetro. Já para a medição do torque e da potência de um veículo terrestre, utiliza-se um dinamômetro de chassi ou de inércia, sendo possível realizar as medições a partir das rodas.

2.4 Célula de carga

Célula de carga é um equipamento capaz de medir força através de condutores elétricos, muito comuns em balanças comerciais. O princípio de funcionamento da célula de carga é dada

pela variação de uma resistência em ohms, de um sensor chamado extensômetro, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Célula de carga



Fonte: Gilent, 2012.

Como os equipamentos de obtenção de dados só recebem tensão como dados de leitura, para que seja possível a leitura dos sinais enviados pela célula é necessária fazer uma conversão usando-se um dispositivo eletrônico denominado, ponte de Wheatstone (Gilent,2012.),que por sua vez é composta de 4 resistores, formando um divisor de tensões como mostra na figura 3. Aplicando a lei de ohm temos:

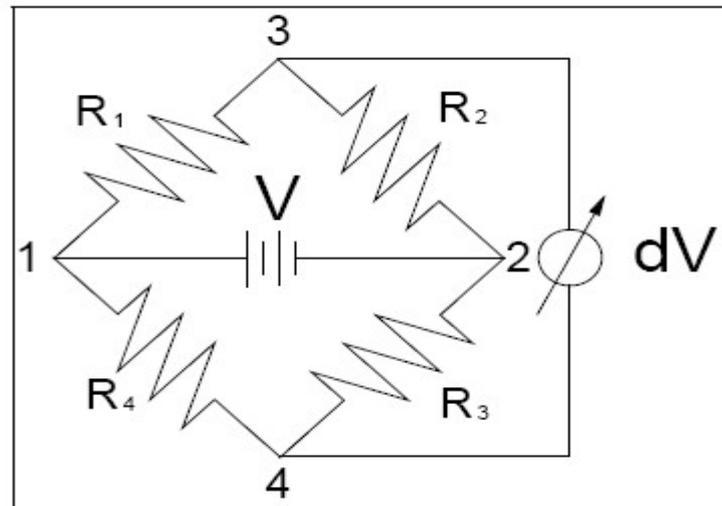
$$dV = V [R_4(R_3+R_4) - R_1/(R_1+R_2)]$$

Onde, R_1, R_2, R_3, R_4 – Resistências;

V – Voltagem de alimentação entre os pontos 1 e 2;

dV – Leitura de voltagem entre os pontos 3 e 4.

Figura 3 - Ponte de wheatstone



Fonte: Gilent,2012.

2.5 Sensor de rotação

Para que seja possível elaborar os cálculos do torque e potência, um dos dados principais é o número de rotação por minuto (RPM) produzida pelo motor. A rotação é obtida através de um sensor chamado tacômetro, que por sua vez é um sensor capaz de medir rotações em um determinado período de tempo.

2.6 Acoplamento

Para medir o torque numa dada rotação é necessário impor ao eixo um momento externo resistente de mesmo valor que o produzido pelo motor. Caso contrário, a rotação irá variar, aumentando ou diminuindo na medida em que o momento torçor resistente aplicado torna-se menor ou maior do que o produzido pelo eixo. (La Habana, 2011).

Para que seja feita a transferência de torque do motor para o dinamômetro é utilizado um cardã conforme a figura 4. Segundo La Habana (2011) têm como finalidade oferecer independência as forças motrizes. A função básica é transmitir a energia gerada pelo motor para o eixo diferencial, e por sua vez, o eixo diferencial irá transmitir esta energia recebida pelo eixo cardã para o dinamômetro. Além de transmitir força em eixos desalinhados, minimizando as vibrações do motor para o dinamômetro.

Figura 4 - eixos cardã



Fonte: Próprio autor, 2017

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para testar o mecanismo, foi utilizado um motor estacionário buffalo BFG6 60601 com potência nominal de 6,5 Hp (*horse-power*), como mostra na figura 5, com o objetivo de verificar através da leitura da carga aplicada, e a rotação no momento de carga máxima, se o equipamento consegue com precisão identificar a potência e o torque tabelado do motor, ou se há uma aproximação.

Figura 5: Buffalo BFGE 60601



Fonte: (www.buffalo.com.br/?link=produto&id=10)

O motor é acoplado a estrutura em uma chapa de fixação com regulagens variadas, sendo possível ajustá-lo em referência ao eixo do dinamômetro, que por sua vez, será o responsável pela coleta de dados, tais como torque e potência.

A transferência da carga máxima do motor é feita por um mecanismo de ligação, como já foi mostrado anteriormente, o cardã. Esse componente também é regulável, sendo possível acoplar e desacoplar o motor da bancada, sem que seja necessário desmontá-lo, ou até mesmo fazer sua substituição, caso seja usado um motor com dimensões diferentes. O cardã é fixado tanto no motor quanto no eixo do dinamômetro através de prisioneiros e chavetas. Os prisioneiros tem como função fixar nas o cardã nas extremidades girantes, evitando com que o mesmo venha a se soltar, e chaveta evita que o eixo deslize devido força de torção gerada pelo motor.

Depois de acoplado, o dinamômetro tem como objetivo medir os esforços gerados pelo motor, isso só é possível através de um mecanismo de fricção ou freio, que por sua vez tem o papel de transmitir força de rotação do eixo para a barra como mostrado na figura 1, sendo assim juntamente com a rotação produzida pelo motor, teremos as variáveis necessária para realizar os cálculos. (BRUNETTI, 2012).

A força de frenagem será controlada conforme a rotação do motor, pois como o motor não possui embreagem a frenagem será gradativamente acionada conforme o aumento da rotação do motor. Para que possa saber a força que o freio irá exercer na barra, foi desenvolvido um mecanismo rosqueado, sendo possível a contagem de volta até a força exata aplicada no freio. Como o dinamômetro não é automatizado, é necessária uma calibração, para que consiga absorver a máxima potência do motor. A força exercida pela barra será captada através da célula de carga, que por sua vez uma capacidade máxima carga de 195.5 kilograma-força (kgf), de acordo com o dimensionamento da barra.

Para que possa-se dar início aos testes, é preciso elevar a rotação do motor até uma rotação pré-determinada, para que ele suporte a carga que será exercida pelo freio, e então elevar a rotação até o momento torçor máximo do motor. A rotação é medida através de um aparelho chamado tacômetro.

O tempo de testes é uma das etapas primordiais no processo, de acordo com o comportamento do motor, ou seja, e o tempo necessário para elevar a rotação do ponto inicial até o momento torçor máximo produzido (BRUNETTI, 2012).

Os cálculos realizados mostraram resultados próximos a potência nominal do motor, estipulado pelo fabricante, com fator, de correção de 1.03, sem que qualquer componente do mecanismo alterasse as leituras dos dados obtidos. Como consta na norma ABNT ISO 1.093, o fato de correção é dado conforme as perdas de carga do mecanismo, e foi calculado através da relação da potência medida pela potência calculada. Os dados obtidos foram expressados pela seguinte formula (OLIVEIRA 2010):

$$HP = (F \cdot R \cdot N) / 5252 \text{ (potência)}$$

Onde:

F= Leitura da célula de carga (libras-lb)

R= Comprimento da barra (pes)

N= Rotação do motor por minuto (rpm)

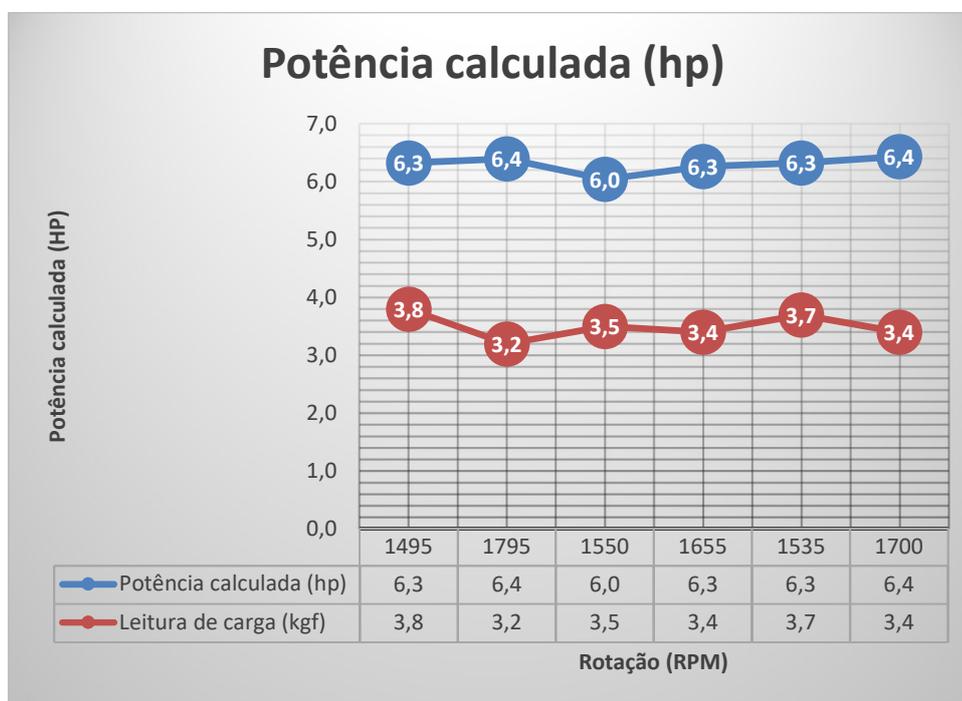
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 mostra a potência calculada, com as leituras de carga e rotações dos testes realizados, e com os valores obtidos foi criado um gráfico para que se possa analisar a potência do motor de acordo com a quantidade de rotações por minuto, e também em relação a força aplicada na célula de carga.

Tabela 1 – Potência medida (hp)

Marca	Modelo	Potência Nominal (hp)	Leitura de carga (kgf)	Rotação (rpm)	Distância da barra (m)	Raio do disco (m)	Potência calculada (hp)
Buffalo	BFG60601	6.5	3,8	1495	0,345	0,13	6,3
Buffalo	BFG60601	6.5	3,2	1795	0,345	0,13	6,4
Buffalo	BFG60601	6.5	3,5	1550	0,345	0,13	6,0
Buffalo	BFG60601	6.5	3,4	1655	0,345	0,13	6,3
Buffalo	BFG60601	6.5	3,7	1535	0,345	0,13	6,3
Buffalo	BFG60601	6.5	3,4	1700	0,345	0,13	6,4

Gráfico 1

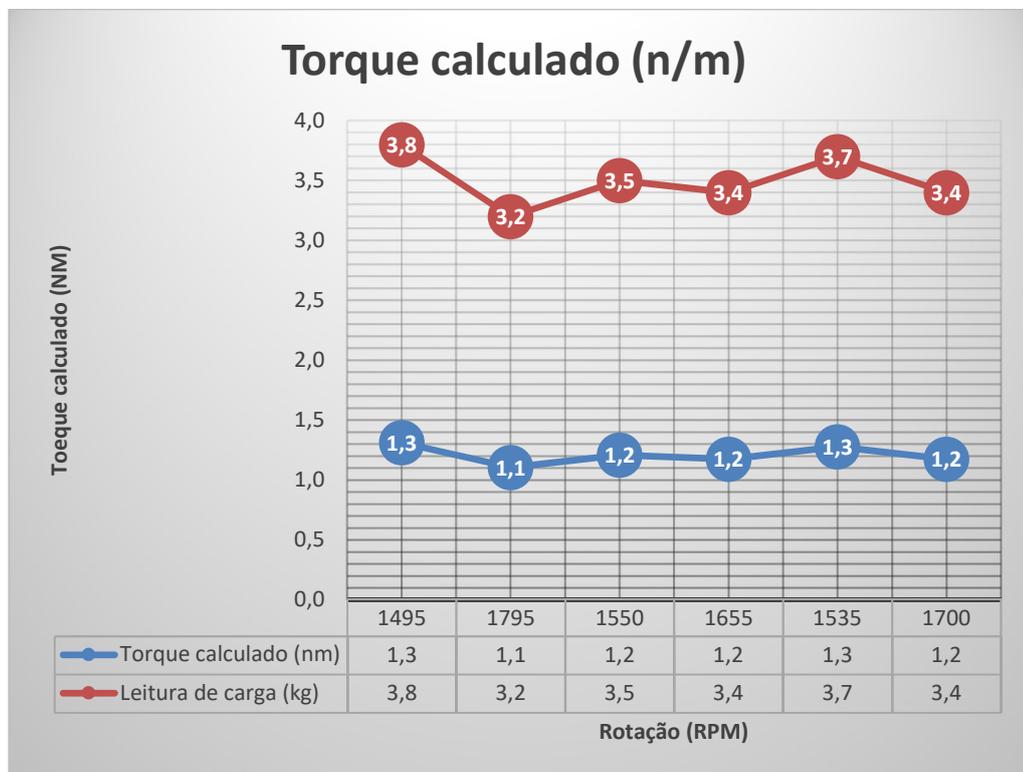


A tabela 2 mostra o torque calculado através da leitura da célula de carga e o comprimento da barra, do centro do eixo até a mesma, e o gráfico abaixo mostra o torque gerado no eixo e o comportamento do motor em rotações diferentes e a carga que foi lida na célula.

Tabela 2 – Toque medido (nm)

Marca	Modelo	Torque nominal (nm)	Leitura de carga (kgf)	Rotação (rpm)	Distância da barra (m)	Raio do disco (m)	Torque calculado (nm)
Buffalo	BFGE60601	1,4	3,8	1495	0,345	0,13	1,3
Buffalo	BFGE60601	1,4	3,2	1795	0,345	0,13	1,1
Buffalo	BFGE60601	1,4	3,5	1550	0,345	0,13	1,2
Buffalo	BFGE60601	1,4	3,4	1655	0,345	0,13	1,2
Buffalo	BFGE60601	1,4	3,7	1535	0,345	0,13	1,3
Buffalo	BFGE60601	1,4	3,4	1700	0,345	0,13	1,2

Gráfico 2



CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto a construção de um dinamômetro capaz de medir torque e potência de motores a combustão, usando metodologia básica e que tenha um bom custo benéfico. Foram atingidos com êxito os objetivos propostos, conforme constatados pelos gráficos e tabelas apresentadas, que foram extraídos de um motor estacionário usado pelo mini baja.

