

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA/ CEFET/RJ**

**INFLUÊNCIA DO AUMENTO DA PORCENTAGEM DE ÁLCOOL NA
GASOLINA & ANGULAÇÃO DE TRABALHO NO MOTOR BRIGGS &
STRATTON**

Diego Navarro
Gabriel Salata
Guilherme Ribeiro

Prof. Orientadores:

Juliana Primo Basílio de Souza
Ricardo Alexandre Amar de Aguiar

**Rio de Janeiro
Novembro de 2015**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA/ CEFET/RJ**

**INFLUÊNCIA DO AUMENTO DA PORCENTAGEM DE ÁLCOOL NA
GASOLINA & ANGULAÇÃO DE TRABALHO NO MOTOR BRIGGS &
STRATTON**

Diego Navarro
Gabriel Salata
Guilherme Ribeiro

Projeto final apresentado em
cumprimento às normas do Departamento de
Educação Superior do CEFET/RJ, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Prof. Orientadores:

Juliana Primo Basílio de Souza
Ricardo Alexandre Amar de Aguiar

**Rio de Janeiro
Novembro de 2015**

AGRADECIMENTO

À nossos pais que auxiliaram na construção de nossos princípios, na formação de nosso caráter. Pela capacidade de acreditar e investir sempre em nós, e que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que chegássemos até esta etapa da vida.

Dedico também essa vitória aos meus amigos de faculdade pela amizade sincera ao longo de todos esses anos e por compartilharem conosco momentos inesquecíveis, além de todo o aprendizado adquirido nesse tempo.

Às namoradas, por alegrarem nossos dias e nos incentivarem sempre a acreditar e dar nosso melhor. Por nos suportarem e apoiarem em mais este desafio de nossas vidas.

À equipe Mud Runner, pelo imenso aprendizado adquirido durante esse ano. Em especial aos nossos amigos Gabriel Pereira, Pedro Trindade e Antonio Mello.

RESUMO

O Presente trabalho visa estabelecer a melhor configuração possível para um motor Briggs & Stratton com 10HP que é utilizado no Projeto Mini Baja SAE em relação ao seu ângulo de trabalho e o teor de álcool utilizado na gasolina, verificando seus ganhos de potência e rendimento. Instigados por discussões do grupo de estudantes, análises do orientador, e uma revisão bibliográfica, buscou-se a construção de um tipo de dispositivo que seria o mais indicado para essa finalidade, atendendo requisitos, tais como menor custo de fabricação, operação, facilidade e eficácia na realização dos testes e fácil observação e compilação dos resultados. Optou-se pelo desenvolvimento de um Freio de Prony, e partiu-se para a realização do projeto. Após, buscaram-se materiais adequados ao projeto e deu-se início à fabricação. Depois veio a parte do projeto e fabricação da bancada com regulagem de inclinação que teriam os mesmos requisitos do freio de Prony. Após, ocorreu a montagem de todos os componentes e sua instalação na bancada. Para testar o equipamento, utilizou-se o motor disponibilizado pela equipe de Baja Mud Runner, realizando testes estáticos de rendimento e potência. Através dos repetidos testes, verificou-se que o equipamento estava funcionando de acordo com os objetivos do projeto e análises prévias, comprovando-se sua eficácia.

Palavras-chave: Freio de Prony; Teor de álcool; Potência; angulação do motor.

ABSTRACT

The following project intends to establish the best possible configuration for a 10HP Briggs & Stratton engine currently used by Mini Baja SAE project when considering its work angle and the percentage of alcohol used in the gasoline mixture, verifying the gains obtained in fuel efficiency and engine power. Intrigued by discussions generated among students groups, project advisors, and a bibliographical review, the design of a mechanism for this intent was pursued, according to requirements such as, low production and operating costs, ease and efficiency performing the tests, and easy observation and compilation of the tests results. It was decided for the development of a Prony brake dyno and set off to carry out the project. Afterwards, adequate materials were researched and gathered for the manufacturing process to begin. Later on the project was headed to the development and manufacturing of a work bench capable of regulating the angles and following the same requirements as the Prony brake. The next steps were related to the assemble of all the components and the engine installation in the workbench. To be able to perform the tests, the Baja Mud Runner team made available one of its working engines, allowing the performance and efficiency test to be performed. Throughout different tests, it was verified that the equipment were working properly with the project objectives and previously made analysis, proving its efficacy.

Key words: Prony Brake; Alcohol Percentage; Power; Engine Angle.

Sumário

Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Organização do trabalho	2
Revisão bibliográfica	4
2.1 Revisão histórica	4
2.2 Ciclo Otto 4 tempos	5
2.3 Motor Briggs & Stratton	6
2.4 Componentes principais do Motor Briggs & Stratton 10 HP	7
2.5 Lubrificantes	13
2.5.1 Funções dos Lubrificantes	14
2.5.2 Fatores de Influência nos Lubrificantes	15
2.5.3 As principais características dos óleos lubrificantes	15
2.5.4 Aditivos	16
2.5.5 Classificação dos Óleos Lubrificantes	18
2.5.6 Sistema de lubrificação	19
2.6 Combustíveis	20
2.6.1 Gasolina	21
2.6.1 Características da Gasolina	22
2.6.2 Porcentagem de álcool etílico/Anidro	28
2.6.3 Tipos de Aditivos	30
2.7 Torque nos motores de combustão interna	31
2.8 Potência do eixo	32
2.9 Dinamômetro	32
2.10 Dinamômetros de fricção - Freio de Prony	33

2.10.1 Cálculo da potência através do freio de Prony	34
Desmontagem do motor	35
3.1 Resultados encontrados.....	40
Projeto do Freio de Prony	43
4.1 Materiais utilizados.....	43
Projeto da bancada.....	46
5.1 Materiais utilizados.....	46
Separação e mistura do combustível	50
6.1 Extração	50
6.2 Decantação	51
Procedimento de Teste.....	55
7.1 Preparação da Bancada	55
7.2 Testes de Rendimento.....	57
7.3 Testes de Potência.....	60
Planejamento fatorial.....	63
8.1 Detalhamento do Planejamento Fatorial.....	64
Resultados dos Experimentos.....	66
9.1 Medições de Rendimento.....	66
9.1.1 Variação do Rendimento pela Inclinação.....	66
9.2 Medições de Potência	69
9.2.1 Variação da Potência	69
9.3 Variação da Angulação	72
Conclusão	73
10.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	73
Referências bibliográficas	75
ANEXO I – Desenho técnico Bancada de inclinação	76
ANEXO II – Desenho técnico Freio de Prony	82

Figuras

Figura 1: Detalhamento dos 4 tempos do ciclo Otto (CIAAR, 2015).....	6
Figura 2: Especificações do motor Briggs & Stratton 10 HP (BRIGGS & STRATTON – 2015).....	7
Figura 3: Pistão e Biela.....	7
Figura 4: Anéis elásticos	8
Figura 5: Virabrequim	8
Figura 6: Comando de válvula	9
Figura 7: Eixo de cames	9
Figura 8: Válvulas	10
Figura 9: Carburador	10
Figura 10: Juntas.....	11
Figura 11: Tuchos.....	11
Figura 12: Varetas	12
Figura 13: Vela	12
Figura 14: Volante.....	13
Figura 15: Balancim	13
Figura 16: Sistema de lubrificação por Salpico (VARELLA, P.28).....	20
Figura 17: Motor de determinação do número de octanagem.....	27
Figura 18: Sistema pistão-biela-manivela (BRUNETTI, 2012).....	31
Figura 19: Esboço do freio de Prony.....	34
Figura 20: Detalhe do posicionamento do Motor.....	35
Figura 21: Inclinação do Motor durante a competição.....	35
Figura 22: Motor na bancada aguardando desmontagem (Ainda Travado).....	36
Figura 23: Motor sem gerador e carburador.....	36
Figura 24: Desmontagem do Comando de Válvulas.....	37
Figura 25: Detalhe do Interior do Comando de Válvulas.....	37
Figura 26: Vela de Ignição sem sinais de desgaste	38
Figura 27: Desmontagem do Bloco do Motor e Cabeçote	38
Figura 28: Componentes da Árvore de Comando	39
Figura 29: Conjunto Biela-Manivela no eixo Virabrequim.....	39
Figura 30: Detalhe do Pescador.....	40

Figura 31: Detalhe dos anéis de vedação.....	40
Figura 32: Marcas no pistão	41
Figura 33: Marcas verticais no cilindro do motor	42
Figura 34: Coloração do Óleo Lubrificante.....	42
Figura 35: Braço superior do Freio de Prony	44
Figura 36: Braço inferior do Freio de Prony	44
Figura 37: Tambor - Encaixe do eixo do motor	45
Figura 38: Tambor - Encaixe do eixo do motor	45
Figura 39: Barra roscada de 3/8” fixadas por porcas (CISER, 2015).....	45
Figura 40: Projeto após a montagem	45
Figura 41: Mesa Inferior.....	47
Figura 42: Mesa Superior	47
Figura 43: Gabarito com angulações	48
Figura 44: Bancada para teste.....	49
Figura 45: Montagem do Freio de Prony e bancada.....	49
Figura 46: Silicone para absorção da vibração	49
Figura 47: Processo de separação	50
Figura 48: Extração líquido - líquido	51
Figura 49: Detalhe do funil de bromo no processo de decantação	51
Figura 50: Gasolina separada do álcool.....	52
Figura 51: Processo de Separação do álcool da gasolina	52
Figura 52: Processo de retirada da gasolina pura	53
Figura 53: Adição de álcool Anidro à Gasolina	54
Figura 54: Posicionamento da Bancada sobre a mesa.....	55
Figura 55: Detalhe dos grampos para fixação da Bancada.....	56
Figura 56: Bancada com angulação de 15°	56
Figura 57: Verificação do Óleo lubrificante.....	57
Figura 58: Teste com 50 mL e Rotação controlada.....	58
Figura 59: Rotação do Motor durante testes de rendimento.....	59
Figura 60: Extintor de Pó químico	59
Figura 61: Freio de Prony montado	61
Figura 62: Detalhe do Tambor.....	61
Figura 63: Rotação x Peso	62
Figura 64: Planejamento Fatorial Fracionário do Experimento	65

Figura 65: Tempos médios na Inclinação de 0°	66
Figura 66: Tempos médios na Inclinação de 5°	67
Figura 67: Tempos médios na Inclinação de 10°	67
Figura 68: Rendimento com gasolina comum	67
Figura 69: Rendimento com gasolina aditivada	68
Figura 70: Rendimento com gasolina Podium	68
Figura 71: Variações de Potência a 0°	70
Figura 72: Variações de Potência a 5°	71
Figura 73: Variações de Potência a 10°	71
Figura 74: Curva de Potência x RPM	72

Tabelas

Tabela 1: Testes Selecionados para o Experimento	65
Tabela 2: Resultados dos Testes de Potência	69
Tabela 3: Resultados dos Testes de Potência	70
Tabela 4: Resultados dos Testes de Potência	70

Capítulo 1

Introdução

O projeto Baja SAE é um desafio lançado aos estudantes de engenharia que oferece a chance de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula, visando incrementar sua preparação para o mercado de trabalho.

O campeonato Baja SAE Brasil é uma competição automobilística, de nível universitário, que consiste na criação de um protótipo de veículo fora de estrada (off-road), apto a superar terrenos acidentados sob condições adversas.

Durante a competição nacional de 2015, vários protótipos, incluindo o desenvolvido pelo CEFET/RJ apresentaram problema no motor, que é de origem americana, variáveis como teor de álcool na gasolina, ângulo de trabalho do motor e lubrificante utilizado pode ser os responsáveis pelas falhas ocorridas durante a competição.

As mudanças recentes na porcentagem de álcool na gasolina, vide Lei nº 13.033 de 2014, que permite o aumento da porcentagem de álcool anidro até 27,5% na gasolina, pode ser um dos fatores contribuintes para a falha do motor, uma vez que este foi desenvolvido para trabalhar com até 10% de etanol na gasolina.

O segundo fator que pode ter ocasionado a falha seria o ângulo de trabalho superior ao recomendado pelo fabricante, que é de 15°. O aumento demasiado do ângulo de trabalho do motor pode ter prejudicado a sua lubrificação, ocasionando um possível superaquecimento e travamento do mesmo.

1.1 Motivação

Devido às falhas constantes que ocorreram na competição nacional de 2015, onde muitos carros, incluindo o veículo da equipe do CEFET/RJ, apresentaram problemas críticos e semelhantes relacionados diretamente ao motor Briggs & Stratton, fez se necessário uma análise mais profunda das possíveis causas destas falhas.

O motor é o mesmo para todas as equipes e é importado dos Estados Unidos, por este motivo, o motor não foi desenvolvido para funcionar com a gasolina brasileira, com elevados teores de etanol, o que pode ser a causa dos problemas observados.

O motor do Baja do CEFET/RJ também apresentou travamento do puxador preso ao eixo virabrequim. Problemas com lubrificação gerada pela inclinação excessiva do motor pode ter sido outro fator contribuinte para esta falha.

1.2 Objetivo

Este projeto tem como objetivo estudar o funcionamento do motor utilizado pelas equipes de BAJA SAE e suas variações de rendimento de acordo com diferentes teores de álcool no combustível. Também analisado a influência da variação do ângulo de trabalho do motor de combustão interna em aumentar ou diminuir sua rotação e, conseqüentemente, seu torque, e desta forma encontrar o ângulo máximo de trabalho onde o desempenho do motor é elevado, sem prejudicar seu funcionamento e lubrificação.

1.3 Metodologia

Na fase inicial do projeto foi realizada a desmontagem do motor na oficina da equipe do Baja do CEFET/RJ e analisados os possíveis fatores responsáveis pela falha do motor durante a última competição. As conclusões e hipóteses tiradas após este procedimento determinaram os testes, assim como os materiais necessários para o desenvolvimento do projeto.

1.4 Organização do trabalho

No capítulo 1 serão apresentados as motivações e os objetivos do projeto.

Em seguida, no capítulo 2 será abordada a revisão bibliográfica da história dos motores a combustão interna. Serão mostradas informações sobre o motor *Briggs & Stratton*, seus componentes principais, uma breve explicação sobre o seu ciclo termodinâmico, além de questões teóricas sobre combustíveis e lubrificantes.

No capítulo 3, descreve-se o procedimento de desmontagem do motor com as análises dos possíveis problemas encontrados.

No capítulo 4, é apresentado o projeto do Freio de Prony, que será necessário para a determinação dos resultados nos testes que serão feitos. Nesse capítulo serão apresentados os materiais utilizados, o processo de fabricação e a sua montagem.

No capítulo 5, o projeto da bancada de inclinação para fixação do motor. Será abordado o projeto, material utilizado, e montagem.

No capítulo 6 é descrito o processo de separação do álcool da gasolina e apresentado as novas misturas conseguidas.

No capítulo 7 é demonstrado todo o procedimento de teste. Tanto para o teste de rendimento, como para o teste de potência também.

No capítulo 8 é dado uma breve explicação sobre o método estatístico utilizado para os testes (Planejamento Fatorial).

Os resultados obtidos nos testes serão apresentados no capítulo 9, comparando e analisando os resultados para obter uma melhor configuração no motor.

Por fim, são apresentadas as conclusões e ponderações sobre os resultados que foram obtidos nos testes, as possibilidades de mudança para o próximo projeto do carro. Além disso, são expostas algumas sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão bibliográfica

Nesta seção serão abordados conceitos teóricos e práticos que são necessários para a compreensão do projeto e seus resultados finais.

2.1 Revisão histórica

No século XIX apareceram os primeiros motores a combustão interna. Este novo mecanismo provocou um rápido desenvolvimento mecânico. Motores a combustão interna levaram vantagem sobre as máquinas a vapor pela sua versatilidade, eficiência, menor peso por cavalo vapor, funcionamento inicial rápido e a possibilidade de adaptação a diversos tipos de máquinas.

Os motores a combustão interna são aqueles em que o combustível é queimado internamente.

Um mecanismo constituído por pistão, biela e virabrequim é responsável por transformar a energia térmica (calorífica) em energia mecânica. O movimento alternativo do pistão dentro do cilindro é transformado em movimento rotativo através da biela e do virabrequim.

O primeiro motor a combustão interna foi construído pelo mecânico belga Jean Joseph Etienne Leonir, em 1860, e tinha a potência de 1 CV, trabalhando com gás de carvão e ar.

Em 1861, Otto e Langen, baseando-se na máquina de Lenoir, construíram um motor que era capaz de comprimir a mistura ar-combustível, com ignição feita por uma centelha elétrica.

Em 1862, o engenheiro francês Beau de Rochas publicou estudos teóricos e estabeleceu alguns princípios termodinâmicos baseado no motor de Otto. Este por sua vez, baseado no estudo de Rochas, desenvolveu um motor: o motor de ciclo Otto apresentado em 1872. Estes motores usavam como combustível o gás de carvão ou o gasogênio, com ignição feita por centelha elétrica.

Em 1889, fez-se a primeira aplicação do motor de ciclo Otto em veículos, utilizando-se como combustível a gasolina.

Em 1893, o engenheiro alemão Rudolf Diesel descreveu um novo motor, no qual a ignição da mistura ar mais combustível era feita por compressão. Este motor, que Diesel denominou “motor térmico racional”, acabou ficando conhecido como motor Diesel.

Os motores modernos são derivados dos construídos por Otto e Diesel e as características básicas dos mesmos são as seguintes:

a) Motores de ciclo Otto: utilizam combustível de baixa volatilidade, como a gasolina e o álcool. Para ignição necessitam de centelha produzida pelo sistema elétrico e este pode ser 2 tempos ou 4 tempos.

b) Motores de ciclo Diesel: utilizam como combustível o óleo diesel. A inflamação do combustível injetado sob pressão na câmara de combustão ocorre pela compressão de ar e consequente elevação da temperatura.

2.2 Ciclo Otto 4 tempos

O Ciclo de Otto é um ciclo termodinâmico, que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha.

Tomando como base o motor utilizado pelas equipes BAJA SAE, *Briggs & Stratton* e para a grande maioria dos automóveis de passeio atualmente. Para esta aplicação, é possível construir motores a quatro tempos mais eficientes e menos poluentes em comparação aos motores a dois tempos, apesar do maior número de partes móveis, maior complexidade, peso e volume, comparando motores de mesma potência.

Abaixo é apresentado cada etapa do ciclo Otto 4 tempos:

1º Tempo: Admissão. O pistão desce enquanto aspira uma mistura gasosa de ar e combustível, que entra no cilindro através da válvula de admissão. Durante esse tempo a válvula de escape permanece fechada para que a mistura não saia.

2º Tempo: Compressão. A válvula de admissão se fecha enquanto o pistão se move para cima, devido a inércia do virabrequim, comprimindo a mistura gasosa. Nesse tempo, além do aumento de pressão, há um aumento de temperatura, porém é um processo adiabático, pois não há transferência de calor nem para fora nem para dentro da mistura.

3º Tempo: Explosão e expansão. Quando ocorre a máxima compressão uma centelha elétrica na vela de ignição provoca uma explosão que causa um aumento de temperatura, e um aumento de pressão no interior do cilindro, resultando na expansão da mistura gasosa. Também é um processo adiabático.

4º Tempo: Exaustão. Abre-se então a válvula de escape e praticamente sem variar o volume, o gás que se encontra no interior do cilindro escapa para a atmosfera, reduzindo-se a pressão. A seguir, ainda com a válvula aberta, o pistão sobe, retomando o volume mínimo, expulsando quase todo o gás restante para a atmosfera.

Assim se completou o ciclo, pois o volume e a pressão no interior do cilindro voltaram aos seus valores no início do 1º tempo. Então, a válvula de admissão novamente se abre, reiniciando-se um novo ciclo conforme exemplificado na Figura 1.

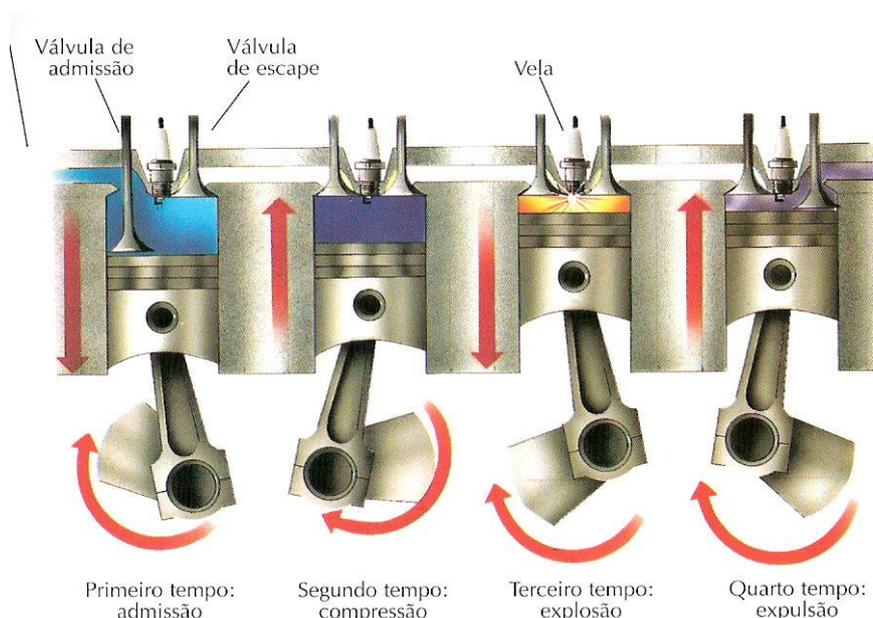


Figura 1: Detalhamento dos 4 tempos do ciclo Otto (CIAAR, 2015)

2.3 Motor Briggs & Stratton

O motor da *Briggs & Stratton*, gerador (como é especificado pelo fabricante) é um motor monocilíndrico, de ciclo Otto de 4 tempos e do tipo OHV (Motor com Válvulas no cabeçote), onde as válvulas se encontram no cabeçote e o comando de válvulas no bloco. O motor apresenta duas válvulas por cilindro, possui bloco e cabeçote confeccionados em alumínio para melhor dissipação de calor e menor peso, alimentação mecânica por meio de um carburador de corpo simples, e boa modularidade para os protótipos de mini baja por se tratarem de motores com torque e potência máxima em baixas rotações (*low-end torque*), conferindo autonomia relativamente satisfatória e boa relação peso-potência. As especificações do motor são mostradas na Figura 2.

CILINDRADA	305cc	
POTÊNCIA	10HP	
DIÂMETRO DO CILINDRO	79,2MM	
CURSO DO PISTÃO	62,0mm	
CAPACIDADE DO TANQUE	3,8l	
VÁLVULAS	OHV	
FILTRO DE AR	Duplo (Espuma e Papel)	
LUBRIFICAÇÃO	Splash	
PESO	23,4 Kg	

Figura 2: Especificações do motor Briggs & Stratton 10 HP (BRIGGS & STRATTON – 2015)

2.4 Componentes principais do Motor Briggs & Stratton 10 HP

- **Pistão:** É o componente de movimentação dentro do motor, contido pelo cilindro e vedado pelos anéis do pistão. Dentro do motor sua função é de transferir a força dos gases em expansão no cilindro para o eixo virabrequim através da biela que conecta os dois componentes, conjunto pistão e biela mostrados na figura 3.



Figura 3: Pistão e Biela

- **Anéis do Pistão:** São anéis encaixados nas ranhuras existentes no diâmetro externo do pistão, os detalhes de posicionamento podem ser verificados na figura 4. Esses anéis são comprimidos contra a parede do cilindro, desta maneira realizam a vedação da câmara de combustão. A vedação é necessária para que os gases gerados não cheguem até o eixo virabrequim. Além da vedação esses anéis auxiliam na regulagem da lubrificação na interface do cilindro com o pistão.



Figura 4: Anéis elásticos

- **Cilindro:** É a parte central do motor, o cilindro é o local por onde o pistão irá se deslocar e juntos geram a câmara de combustão. O cilindro também é responsável por receber a mistura Ar-Combustível que será comprimida pelo pistão.
- **Biela:** É a peça de conexão entre o pistão e o eixo virabrequim. A biela conecta o pino de articulação e o pistão ao virabrequim, transformando o movimento alternativo em rotativo. Sendo um conector rígido a biela é capaz de transmitir movimento em ambos os sentidos, permitindo que o eixo virabrequim gire.
- **Virabrequim:** Parte mecânica responsável pela conversão do movimento alternativo de translação do pistão em rotação. Para ser capaz de realizar essa transformação, o virabrequim possui seus “braços” deslocados em relação ao seu eixo, ver figura 5.



Figura 5: Virabrequim

- **Comando de Válvulas:** A figura 6 mostra em detalhe o comando de válvulas do motor, usado para controlar os tempos e consequentemente as quantidades da mistura Ar-Combustível que serão injetadas dentro da câmara de combustão do motor.



Figura 6: Comando de válvula

- **Eixo de cames:** Determina o movimento de abertura e fechamento das válvulas, como mostra a figura 7 abaixo.



Figura 7: Eixo de cames

- **Válvulas:** Controlam a quantidade de mistura ar-combustível que vai ser liberada para dentro da camisa, para posteriormente ser feita a combustão (figura 8).



Figura 8: Válvulas

- **Carburador:** É o mecanismo responsável por realizar a mistura do ar com o combustível. Esse mecanismo trabalha sob o princípio de *Bernoulli*, quanto mais rápido o ar se movimenta, menor é sua pressão estática e maior é sua pressão dinâmica. O aumento da velocidade da passagem do ar pelo carburador determina a quantidade de combustível que será adicionada a corrente de ar, gerando assim a mistura Ar-Combustível.



Figura 9: Carburador

- **Gerador de Corrente:** Equipamento que gera corrente para o sistema de ignição do motor (velas). O gerador cria pulsos de alta voltagem que geram a faísca na vela e dessa forma inflamam a mistura Ar-Combustível.

- **Juntas:** A junta, figura 10, tem a finalidade de assegurar a estanqueidade da câmara de combustão do motor. O material da junta tem que estar em condições boas para impedir a penetração da mistura gasosa e do óleo lubrificante nos circuitos adjacentes do motor.

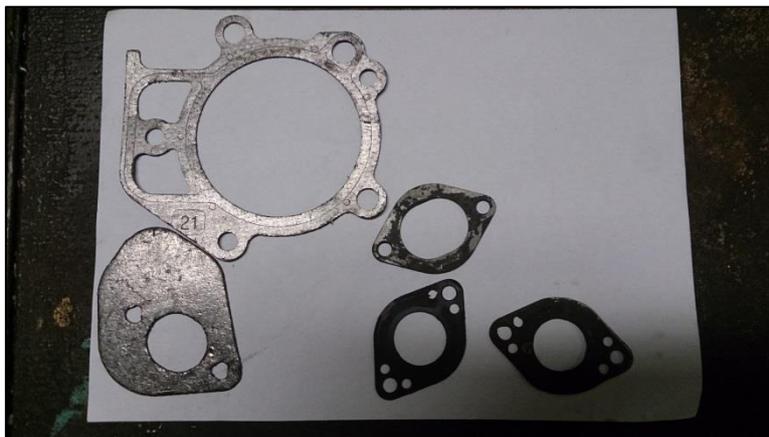


Figura 10: Juntas

- **Centrifugo:** Produz aumento de rotação no motor para mantê-lo em funcionamento quando em baixas rotações.
- **Tuchos:** Os tuchos, figura 11, conectam os cames do comando de válvula às varetas. Transferindo assim o movimento do eixo de cames até as varetas e essas acionam o balancim para a abertura e fechamento das válvulas.



Figura 11: Tuchos

- **Varetas:** Forçam o balancim a abrir as válvulas de admissão e escape (figura 12).



Figura 12: Varetas

- **Vela:** Gera a centelha para iniciar a combustão.



Figura 13: Vela

- **Volante:** Ajuda a manter a rotação uniforme do motor, em função da sua inércia rotacional.



Figura 14: Volante

- **Balancim:** Responsável por atuar na abertura e fechamento das válvulas. Isso é feito quando o mesmo é acionado pelas varetas.



Figura 15: Balancim

2.5 Lubrificantes

O movimento relativo entre as peças no interior do motor, dá origem a uma força de oposição a esse movimento conhecida como atrito. O atrito é responsável pelo aumento na produção de calor e desgaste das peças do motor, além desses inconvenientes, quanto maior a força de atrito entre as peças em movimento maior será a perda de energia do motor. Assim como em qualquer outro motor ou máquina com peças móveis o atrito constante entre as peças dentro do motor Briggs & Stratton, pode gerar um aumento na temperatura de trabalho, a dilatação pronunciada das peças até uma possível paralisação dos componentes. Peças

superaquecidas pelo calor gerado pelo atrito podem, em casos extremos, serem soldadas umas contra as outras e conseqüentemente o travamento completo do motor.

Para evitar esse cenário é necessária à redução do atrito ao mínimo, evitando assim a perda acentuada de energia, diminuição do desgaste das peças que tem interfaces com movimentos relativos e eliminando os riscos de ruptura por aquecimento ou enfraquecimento mecânico de peças metálicas. Dessa forma, as interfaces das peças metálicas expostas a movimentos relativos e ao atrito precisam ser protegidas, o contato direto entre as superfícies é então impedido por uma camada fina de óleo lubrificante.

2.5.1 Funções dos Lubrificantes

O óleo lubrificante aplicado a essas partes mecânicas em movimento tem as seguintes funções:

- Redução do Atrito: a presença do lubrificante entre as superfícies em movimento, na forma de uma fina película evita o contato metal-metal e diminuem consideravelmente as forças de atrito, resistentes ao movimento.
- Redução do Desgaste: o contato constante das superfícies em movimento gera desgastes nas peças, o desgaste costuma ocorrer nas peças metálicas de menor dureza e é mais acentuado dependendo do acabamento superficial das peças. A lubrificação não elimina, porém reduz consideravelmente este desgaste.
- Controle da Temperatura de Trabalho: aquecimento sempre é esperado em locais onde ocorre o movimento relativo entre as peças, mesmo quando as mesmas estão lubrificadas. O lubrificante é responsável pelo transporte e absorção do calor gerado, evitando o superaquecimento das peças.
- Carregar e evitar a entrada de impurezas em locais indesejados: o uso correto do lubrificante pode evitar a entrada de impurezas entre as superfícies das peças em movimento, diminuindo o desgaste.

- Proteção contra a corrosão: lubrificantes de boa qualidade criam uma película que protege a superfície das peças, evitando o contato com o ar e com a superfície das outras peças.

2.5.2 Fatores de Influência nos Lubrificantes

Os principais fatores que influem na lubrificação são as condições de trabalho e método de aplicação dos lubrificantes. Quanto às condições de trabalho do motor devemos considerar a temperatura, pressão e velocidade de operação.

- Temperatura: todo o lubrificante sob influência da temperatura altera a sua viscosidade, tornando-se mais fluido à medida que ela se eleva, ou mais espesso à medida que ela decresce;
- Pressão: é de vital importância que o lubrificante apresente uma grande coesão molecular, de modo a fazer face às condições de trabalho encontradas. Nos motores, deve formar entre as paredes dos cilindros e pistões, uma película lubrificante altamente resistente e que exerça o poder de vedação de forma permanente;
- Velocidade: segundo a teoria da lubrificação, velocidades baixas exigem óleos mais viscosos e, velocidades altas óleos de baixa viscosidade, dependendo da escolha de fatores como temperatura e pressão, para que a viscosidade correta seja determinada.

2.5.3 As principais características dos óleos lubrificantes

As principais características dos óleos lubrificantes são:

- Ponto de fulgor: é a temperatura em que o óleo, quando aquecido em aparelho adequado, desprende os primeiros vapores que se inflamam com uma chama.
- Ponto de fluidez: corresponde à temperatura em que o óleo deixa de escoar livremente. O ponto de fluidez indica a temperatura abaixo da qual o óleo não pode ser escoado ou retirado de um recipiente.

- Ponto de combustão: é a temperatura em que o óleo aquecido nos mesmos aparelhos utilizados para a determinação do ponto de fulgor continuará uma vez inflamado, a queimar por mais de 5 segundos. Essa temperatura é ligeiramente superior à do ponto de fulgor. A determinação dessa propriedade física complementa ligeiramente a informação obtida através do ponto de fulgor.
- Viscosidade: é a medida da resistência oferecida por qualquer líquido ao seu movimento de escoamento. O óleo deve ser suficientemente viscoso para manter a película lubrificante entre as peças em movimento, não obstante o efeito da carga que tende a esmagá-la e expulsá-la.
- Índice de viscosidade: expressa numericamente, a variação da viscosidade, com a variação da temperatura a que o óleo é submetido. O índice de viscosidade é tanto maior quanto maior for a resistência do óleo a “engrossar” pelo resfriamento ou “afinar” pelo aquecimento.

2.5.4 Aditivos

Os aditivos são produtos químicos adicionados aos óleos lubrificantes para conferir-lhes certas propriedades especiais ou melhorar algumas já existentes, porém em grau insuficiente, especialmente quando a lubrificação é submetida a condições adversas de trabalho. Os principais tipos de aditivos são:

- Antioxidantes ou inibidores de oxidação: são empregados para reduzir os efeitos nocivos da oxidação do óleo provocados pelo constante contato com o ar, especialmente em temperaturas elevadas. Tais efeitos incluem aumento de viscosidade do óleo, formação de produtos ácidos e formação de matéria carbonácea.
- Anticorrosivo ou inibidores de corrosão: o termo “inibidor de corrosão” é usado para designar os compostos químicos empregados para proteger as partes metálicas não ferrosas de um motor, principalmente os mancais, contra o ataque de contaminantes ácidos do óleo lubrificante. O aditivo anticorrosivo reage com a superfície do mancal formando uma película protetora resistente à oxidação.

- Detergentes: são aditivos destinados a manter a superfície metálica limpa e evitar a formação de resíduos de todos os tipos.
- Extrema pressão: esses aditivos são empregados em locais em que a lubrificação se faz sobre pressão tal, a ponto de haver possibilidade de rompimento da película do óleo (dentes de engrenagens, por exemplo). É requisito essencial para emprego de lubrificante de extrema pressão, que a temperatura gerada no local de trabalho seja elevada, possibilitando a ação do aditivo.
- Melhoradores do índice de viscosidade: são substâncias químicas que, adicionadas aos óleos lubrificantes, e têm o efeito de diminuir a variação da viscosidade com a temperatura, permitindo enquadrar o produto em determinadas especificações, como, por exemplo, os óleos chamados multiviscosos.
- Abaixadores do ponto de fluidez: o baixo ponto de fluidez de um óleo de uma maneira geral, só apresenta interesse quando se tratar de lubrificação de equipamentos que operam a baixa temperatura, como por exemplo, os compressores frigoríficos. Alguns óleos minerais, ao serem resfriados, apresentam tendência a se solidificarem devido ao congelamento do óleo e de seus componentes parafínicos. A incorporação a esses óleos, de aditivos abaixadores do ponto de fluidez permitem que o ponto de fluidez dos óleos alcance valores bastante reduzidos, tornando-os aptos às aplicações a que se destinam.
- Antiespumantes: são destinados a evitar a formação de espuma estável. Dependendo do lugar onde se empregue o lubrificante, torna-se necessário usar um óleo que não faça espuma, evitando-se assim uma descontinuidade no circuito mediante a formação de bolhas de ar, principalmente quando se tratar de sistema circulante.
- Inibidores de ferrugem: esse aditivo é empregado em todos os lubrificantes industriais onde tenha contato com água, ar úmido, etc. São também usados em óleos de engrenagens para atender aos requisitos de certas especificações industriais, bem como em graxas.

- Emulsificante: São usados no campo industrial no preparo de óleos emulsivos para operações de usinagem de metais e para a proteção de radiadores de veículos contra a ferrugem, havendo ainda tipos especiais para amaciamento de fibras têxteis.
- Agentes de adesividade: são utilizados em lubrificantes, cuja aplicação é feita em locais que não possibilitam retenção mecânica, especialmente sob choque e vibração, com tendência a perdas e respingos (equipamentos de indústrias têxteis, alimentícias, de mineração, madeira, etc.); exigem maior adesividade do lubrificante.

2.5.5 Classificação dos Óleos Lubrificantes

Os óleos lubrificantes podem ser de origem animal ou vegetal (óleos graxos), derivados de petróleo (óleos minerais) ou produzidos em laboratório (óleos sintéticos), podendo ainda ser constituído pela mistura de dois ou mais tipos (óleos compostos).

- Óleos minerais: são usados para lubrificar os mais diversos mecanismos nos quais são encontradas as mais diferentes condições de trabalho. São obtidos através da refinação de petróleo. Os métodos normais de refino não proporcionam diretamente todos os tipos necessários, mas apenas uns poucos, chamados de “óleos lubrificantes básicos”. Estes são misturados entre si em proporções adequadas, podendo ser adicionados agentes químicos (aditivos), para atenderem às diversas especificações e aplicações.
- Óleos graxos: foram os primeiros lubrificantes utilizados. São os óleos vegetais e animais. Suas desvantagens e a industrialização progressiva dos centros de produção tornou imperativa sua substituição pelos óleos minerais.
- Óleos compostos: certas aplicações especiais requerem muitas vezes o uso de óleos compostos, que consistem na mistura de óleos graxos com óleos minerais. Por esse processo o óleo mineral adquire algumas características só encontradas nos óleos graxos.
- Óleos Sintéticos: Para certas aplicações evidenciou-se a necessidade de lubrificantes que não apresentassem as limitações dos óleos minerais ou graxos e das graxas. Foram então criados em laboratório, produtos que apresentassem qualidades tais

como pequena variação de viscosidade com a temperatura, baixo ponto de fluidez, etc. A principal desvantagem desses lubrificantes é o seu alto custo.

Os óleos básicos sintéticos oferecem melhor desempenho porque foram confeccionados com o uso de processos químicos avançados para que sua estrutura molecular e, portanto, suas propriedades pudessem ser controladas de perto.

As principais vantagens de usar um óleo sintético para motores incluem:

- Pureza e qualidade maiores do que as dos óleos básicos de origem mineral – o que significa menos componentes indesejados, incluindo os componentes contendo ácido sulfúrico e hidrocarbonetos reativos ou instáveis.
- Composição molecular mais uniforme e consistente – o que reduz os níveis de fricção de fluidos.
- Pode ser personalizado com segurança para atender aos requisitos dos fabricantes de motores modernos.
- Os óleos sintéticos são formulados para atuarem sob condições extremas encontradas nos motores modernos.

Para os testes realizados em nosso projeto utilizaremos óleos sintéticos das principais marcas atuantes no Brasil.

2.5.6 Sistema de lubrificação

Conforme foi dito anteriormente, a finalidade do sistema de lubrificação de um motor consiste em reduzir ao mínimo o atrito e o calor gerado, mantendo a temperatura das peças em movimento dentro dos limites toleráveis.

Os diferentes processos de fazer circular o óleo no interior dos motores são conhecidos como: salpico, pressão e salpico e pressão total. No motor Briggs & Stratton analisado durante o projeto o sistema de lubrificação utilizado é o por salpico:

- Lubrificação por Salpico: Neste sistema o pé da biela apresenta um prolongamento afilado denominado pescador (figura 16), uma bomba alimenta com óleo o pescador, a cada volta da árvore de manivelas o pescador da biela mergulha no óleo, salpicando-o contra as partes a serem lubrificadas.

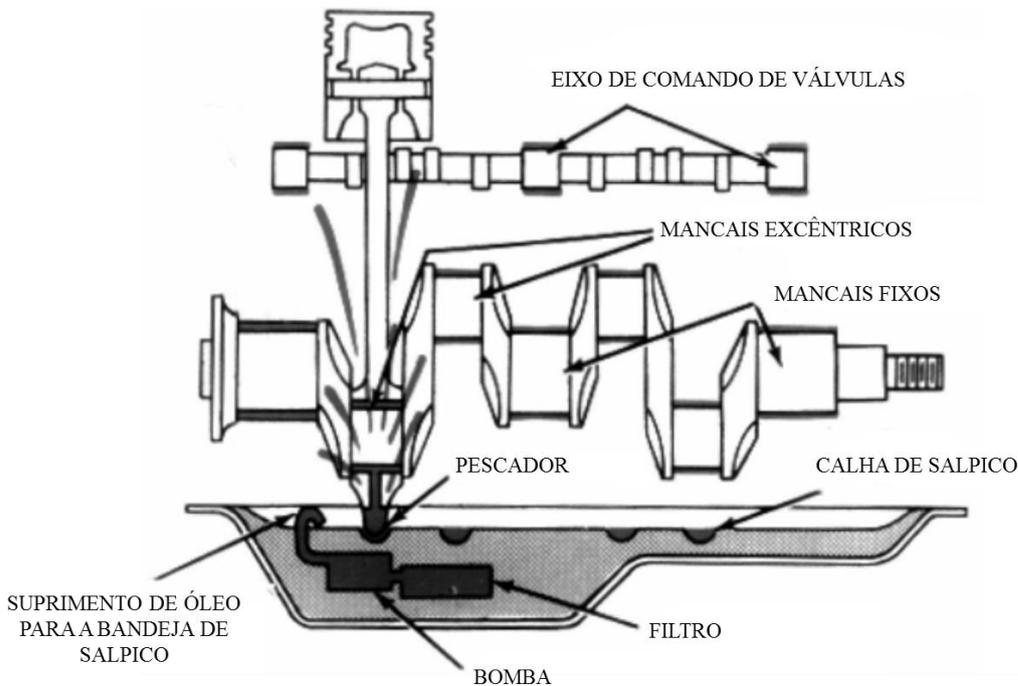


Figura 16: Sistema de lubrificação por Salpico (VARELLA, P.28)

2.6 Combustíveis

O petróleo, desde sua descoberta em quantidades comerciais em 1859, nos Estados Unidos, tornou-se indispensável para a civilização. Automóveis, trens, navios e aviões são movidos pela energia gerada pela queima de seus combustíveis: gasolina, diesel e querosene de aviação. Estradas são pavimentadas usando-se o asfalto, máquinas são lubrificadas com produtos extraídos do petróleo. As indústrias petroquímicas e de fertilizantes utilizam como matérias-primas, derivados do petróleo e do gás natural, daí se originando uma grande diversidade de produtos tais como plásticos, fibras, borracha, fertilizantes, medicamentos, aditivos e outros.

Inúmeras são as aplicações desses produtos obtidos do petróleo. Os diversos tipos de produtos assim obtidos podem ser divididos em duas classes principais:

- Combustíveis:
 - Doméstico: gás natural e gás de cozinha (GLP);

- Automotivos: gasolina, gás natural e óleo diesel;
 - De aviação: gasolina e querosene;
 - Industriais: gás combustível, óleo combustível e coque verde.
-
- Não-combustíveis:
 - Lubrificantes, graxas e parafinas;
 - Matéria-prima para indústria petroquímica e de fertilizantes;
 - Especiais: solventes, óleo para pulverização agrícola, asfaltos, coque e outros.

2.6.1 Gasolina

A gasolina é o derivado de petróleo mais popular em nosso país, onde seu consumo tem aumentado significativamente nos últimos anos: saltando de 13,8 bilhões de litros consumidos em 1995 para um total de 41,4 bilhões de litros no ano de 2013.

A gasolina é um combustível constituído de basicamente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio) e, em menor quantidade, por produtos oxigenados (produtos que possuem átomos de oxigênio em sua fórmula química, como os álcoois, ésteres e etc.). Os hidrocarbonetos que compõem a gasolina (aromáticos, olefínicos e saturados) são em geral, mais leves do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menores cadeias carbônicas (normalmente de 4 a 12 átomos de carbono). Além dos hidrocarbonetos e oxigenados, a gasolina contém compostos de enxofre, compostos de nitrogênio e compostos metálicos (em baixa concentração).

A gasolina básica (sem oxigenados), denominada de gasolina A, possui uma composição complexa. A sua formulação pode demandar a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento do petróleo como “nafta leve” (produto obtido da destilação direta do petróleo), “nafta craqueada” que é obtida a partir da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (gasóleos), “nafta reformada” (obtida de um processo que aumenta a quantidade de substâncias aromáticas), “nafta alquilada” (obtida de um processo que produz isoparafinas de alta octanagem a partir de isobutanos e olefinas), etc.

A gasolina atualmente disponibilizada em nosso país para o consumidor final e que é comercializada pelos postos revendedores é aquela denominada gasolina C, que possui compostos oxigenados em sua composição, normalmente, álcool etílico ou etanol anidro.

2.6.1 Características da Gasolina

O combustível adequado para o motor de combustão interna, cuja ignição é provocada pela centelha de uma vela de ignição, deve apresentar as seguintes características:

- Entrar em combustão com o auxílio da centelha da vela, de forma homogênea e progressiva, sem detonar, de forma a aumentar o rendimento do motor sem ocasionar danos;
- Vaporizar-se completamente no interior da câmara de combustão, para que misturada ao ar, possa queimar-se completamente e sem formar resíduos;
- Vaporizar-se suficientemente com o motor frio, de forma a enviar para o motor a quantidade necessária para partir sem nenhuma dificuldade;
- Não se vaporizar excessivamente, antes de alcançar o sistema de injeção de forma a não acarretar interrupção do fluxo do produto ao motor e a consequente pane deste;
- Não produzir resíduos por combustão, nem depósitos por oxidação, para evitar entupimentos e danos às peças do motor;
- Apresentar aspecto límpido indicando ausência de água, depósitos ou de alterações de cor;
- Não ser corrosivo para evitar desgastes do motor;
- Não formar poluentes durante a queima para não produzir danos ambientais;
- Oferecer segurança no manuseio e baixo teor de produtos tóxicos.

As características de qualidade da gasolina e seus valores limites, são aqueles que constam no quadro de especificações definido pela ANP. Os limites ali fixados são plenamente atendidos pela gasolina produzida no Brasil, assim como seus significados e influência no funcionamento dos motores e no meio ambiente.

2.6.1.1 Aspecto

É um teste que dá uma indicação visual da qualidade e de possível contaminação do produto. A gasolina deve apresentar-se límpida e isenta de materiais em suspensão como água, poeira, ferrugem, etc. Estes podem reduzir a vida útil dos filtros de combustível dos veículos e prejudicar o funcionamento dos motores.

2.6.1.2 Cor

Indica a tonalidade característica do produto. No caso da gasolina tipo A e tipo C, sem aditivo, a cor pode variar de incolor a amarelo. Quando a gasolina é aditivada, ela recebe um corante para diferenciá-la das demais, podendo apresentar qualquer cor, exceto azul (reservada para gasolina de aviação) e rosa (reservada para a mistura formada por Metanol, Etanol e Gasolina – MEG). Alterações na cor podem ocorrer devido à presença de contaminantes ou devido a oxidação de compostos instáveis (olefinas e nitrogenados).

2.6.1.3 Teor de Enxofre

Indica a concentração total dos componentes sulfurados. O enxofre é um elemento indesejável devido a sua ação corrosiva e a formação de gases tóxicos como SO_2 (dióxido de enxofre) e SO_3 (trióxido de enxofre). Nos veículos dotados de catalisador, se não for devidamente dimensionado, pode levar a formação de ácido sulfídrico (H_2S), que é tóxico.

2.6.1.4 Destilação

Tem como objetivo avaliar as características de volatilidade da gasolina. Ao se efetuar a destilação da gasolina, obtém-se um conjunto de pontos de ebulição que correspondem as temperaturas de ebulição das diversas substâncias nela existentes. Assim, o produto evapora em uma faixa de temperatura cujos pontos extremos, início e fim, são denominados de Ponto Inicial e Final de Ebulição. Este conjunto de pontos lançados em gráfico compõe o que é chamado de curva de destilação do produto, a qual é normalmente construída em base volumétrica. Essa curva varia entre:

- A temperatura correspondente ao aparecimento da primeira bolha de vapor, chamada Ponto Inicial de Ebulição (PIE);
- E a maior temperatura observada durante a destilação, o que deve ocorrer após a evaporação de todo o líquido no balão, chamado de Ponto Final de Ebulição (PFE).

Dentro desse intervalo de temperaturas existem diversos pontos intermediários, os quais podem ser referenciados como a porcentagem em volume que foi evaporada naquela temperatura observada. Assim, utilizando-se múltiplos de dez, por conveniência de determinação e precisão do teste, pode-se anotar os valores de temperatura em que se evaporam 10, 20, 30, ...80 e 90% da gasolina.

Podem-se assim classificar as diferentes substâncias que fazem parte da gasolina, como sendo dos seguintes tipos:

- **Leves:** aquelas que se evaporam mais facilmente, constituindo a porcentagem que vai do início (0%) até cerca de 20% em volume do produto. Esta parte é a principal responsável pela partida do motor quando ele está frio e necessita de uma quantidade adequada de produto vaporizado para entrar em funcionamento;
- **Médias:** aquelas que se evaporam moderadamente, constituindo a porcentagem que vai de cerca de 20% até cerca de 90% em volume do produto. Esta parte é a principal responsável pelo aquecimento do motor, onde a temperatura aumenta até alcançar a temperatura de operação a plena carga do motor, pela potência produzida e pela aceleração e retomada de velocidade;
- **Pesadas:** aquelas que se evaporam em maiores temperaturas, constituindo a porcentagem que vai de cerca de 90% até o final (100%) do produto. Esta parte é a principal responsável pela economia de combustível, pois é a de maior conteúdo energético, ou seja, aquela que produz maior quantidade de energia, ou quilômetro rodado por litro de combustível. Visa ainda minimizar a formação de depósitos na câmara de combustão e nas velas de ignição. Quanto mais alta for a temperatura necessária para vaporizar as frações mais pesadas de uma gasolina, maior será a quantidade dela que sobrá na câmara de combustão sem queimar, além de ter maior contribuição para o aumento da emissão de hidrocarbonetos.

A correta formulação do conteúdo das frações leves, médias e pesadas da gasolina contribuem para que o veículo não tenha problemas de dirigibilidade a quente e a frio. A dirigibilidade é um conceito que inclui os problemas que podem ocorrer na:

- Partida a frio, quando não se tem a quantidade suficiente de combustível vaporizado para sustentar a partida e a aceleração do veículo, podendo acarretar movimentos aos trancos. Este último aspecto é controlado pelo teor de frações médias na gasolina;
- Partida a quente ou retomada, que inclui problemas de tamponamento por bolhas de vapor, conhecido como percolação ou “entrada de ar” na bomba de gasolina.

Temperatura do ponto final de Ebulição (PFE):

É a mais alta temperatura verificada durante a destilação da gasolina. O controle de PFE da gasolina visa minimizar a formação de depósitos na câmara de combustão e nas velas de ignição. Valores de PFE fora das especificações podem ser indicativos de contaminação por óleo diesel, querosene ou lubrificantes.

Resíduo da Destilação:

É a parte da gasolina que sobra após ter-se alcançado o PFE. A ocorrência de alta porcentagem de compostos pesados presentes no produto e a instabilidade térmica das frações finais, indica um alto teor de frações pesadas advindas do processo de contaminação da gasolina por produtos mais pesados como óleo diesel. Isso pode levar a carbonização das velas e funcionamento precário do motor.

2.6.1.5 Pressão de Vapor Reid (PVR)

Tem como objetivo avaliar a tendência da gasolina de evaporar-se. Se a pressão for muito elevada, pode levar ao funcionamento precário do motor e contribuir para o aumento da poluição por emissão evaporativa da gasolina, além da tendência a formação de bolhas de vapor no circuito de alimentação do combustível.

2.6.1.6 Número de Octano (Octanagem)

A qualidade da gasolina é constantemente avaliada levando-se em conta o número de octano ou o seu índice antidetonante (IAD). A octanagem de uma gasolina indica sua resistência à detonação, em comparação com uma mistura contendo iso-octano (ao qual é creditado um número de octano igual a 100) e n-heptano (ao qual é creditado um número de octano igual a 0).

A avaliação da octanagem da gasolina é feita em motor específico para este fim e denominado motor CFR (figura 17) que possui entre suas principais características a taxa de compressão e relação ar-combustível variáveis, as temperaturas da mistura ar-combustível e do fluido de arrefecimento, controladas.

A avaliação da octanagem garante que o produto atenda às exigências dos motores nos tempos de compressão e expansão, sem entrar em autoignição. Este problema gera um ruído semelhante ao de peças metálicas que se chocam, o que é denominado detonação ou batida de pino. Este fenômeno além de aumentar o ruído produzido pelo motor, pode vir a causar sérios danos, como desgaste, avaria nos mancais, perda de potência, etc.

Os métodos para sua determinação são os seguintes:

- 1) MÉTODO MON (MOTOR OCTANE NUMBER) ou MÉTODO MOTOR – ASTM D2700;
- 2) MÉTODO RON (RESEARCH OCTANE NUMBER) ou MÉTODO PESQUISA – ASTM 2699.

O método Motor simula condições de altas rotações e carga total (uso urbano), enquanto que o Método Pesquisa simula condições em baixa rotação, retomada de velocidade e carga total (uso em estrada)



Figura 17: Motor de determinação do número de octanagem

Para cada projeto básico de motor, existe uma característica de resistência mínima à detonação, requerida. O uso de gasolina com uma octanagem superior não trará a ele nenhum ganho de desempenho. Já o uso de um combustível com octanagem menor causará perda de potência, aumento de consumo e possível presença de batida.

Como um veículo está sujeito a funcionar em diferentes condições, ora mais severas, ora mais suaves, a melhor maneira de expressar a octanagem da gasolina é através dos dois métodos ou pela média entre eles, a qual é denominada Índice Antidetonante (IAD).

Os veículos fabricados no Brasil até hoje têm os seus motores regulados para um número de octanagem MON igual a 80 e IAD igual a 87 (valores mínimos especificados para a gasolina C).

2.6.1.7 Porcentagem de Goma

Representa a porcentagem de goma presente na gasolina e que devido a sua natureza química, não é facilmente evaporável e nem se queima com facilidade. Sendo conhecida como “verniz”, é formada quando os compostos sofrem reação de oxidação pelo oxigênio do ar ou reagem entre si, com a presença de luz ou calor. Normalmente é acompanhada por uma alteração da cor da gasolina que passa de amarelo claro para castanho-alaranjado.

A goma poderá provocar formação de grandes quantidades de depósito nas hastas das válvulas de admissão, nos circuitos internos e bases do carburador e nos injetores. Para inibir a formação de goma, acrescenta-se a gasolina durante a fase de produção um composto antioxidante que retarda o início das reações de degradação do produto. Apesar disso, existem estudos que comprovam a aceleração do processo de formação de goma na gasolina após a adição de álcool anidro. Isso se deve principalmente pelo teor de oxigenados presentes no produto final e pela presença de cobre no álcool.

2.6.2 Porcentagem de álcool etílico/Anidro

É uma indicação do teor de Álcool Etílico (etanol) presente na gasolina automotiva. Se esse produto for adicionado em excesso, ou em teores menores que o especificado, poderá comprometer o bom funcionamento dos veículos. Portanto, faz-se necessário respeitar os teores estabelecidos pela legislação.

Se o teor de álcool etílico for inferior na gasolina, poderá ocasionar detonação (batida de pino), formação de depósitos generalizados de fuligem e carbonização das velas. Essas ocorrências se devem a insuficiência de ar para queima completa do combustível, além do aumento das emissões de monóxido de carbono.

Já um teor de álcool superior, levará o veículo a apresentar perda de potência, acompanhado de um aumento no consumo, o que pode se creditar ao menor poder energético do álcool e ao desequilíbrio da relação ar/combustível.

No Brasil, a presença do álcool na gasolina está regulamentada por lei elaborada pelo Congresso Nacional (8723/93), a qual determina que a gasolina tenha de 21 a 23% de álcool anidro em volume. Desta forma, todos os veículos movidos a gasolina fabricados no Brasil e para uso aqui, devem ser calibrados para consumirem gasolina com 22% em volume de álcool. Em 1998, por meio de decreto Presidencial, o teor de álcool passou a ser de 23 a 25%, devido ao excedente da produção de álcool no país. Em 2000, também por decreto Presidencial, diante da possibilidade de falta do produto, o teor de álcool passou para 19 a 21%. Em julho/2001 foi restabelecido o valor inicial de $22 \pm 1\%$ em volume de álcool e em 2002 passou para $25 \pm 1\%$ em volume de álcool. Finalmente em março de 2015 o volume de álcool anidro passou para $27,5 \pm 1\%$.

Em todas as situações citadas, os veículos continuaram regulados para 22% de álcool, acarretando no primeiro caso pequeno aumento de consumo e no segundo, leve tendência a aumento nas emissões. Em ambos, porém, sem maiores consequências ao funcionamento do motor.

2.6.2.1 Teor de Chumbo

Desde 1989 a PETROBRAS suspendeu definitivamente a adição de compostos contendo chumbo na gasolina automotiva por ela produzida (ex. chumbo tetraetila – CTE) pois é extremamente tóxico, prejudicial ao meio ambiente e inviabiliza a utilização de catalisadores automotivos. A mudança do perfil de refino nos anos 70 acarretando a produção de gasolinas com maior octanagem e a adição de álcool anidro à gasolina, viabilizaram essa suspensão.

2.6.2.2 Densidade a 20/4° C

É a relação entre a massa específica da gasolina a 20° C (em g/cm³) e a massa específica da água (em g/cm³) a 4° C. Quanto maior ela for, maior será a massa de combustível que estará sendo injetada no motor. Seus valores não são controlados na especificação, mas estão compreendidos entre 0,720 e 0,745.

2.6.2.3 Composição

Os teores de aromáticos, olefinas e saturados constituem a característica de composição da gasolina quanto aos tipos de hidrocarbonetos nela constituídos. Embora ainda não legislados no Brasil, sua caracterização é levada em conta na formulação pois influem indiretamente nas demais propriedades. Por exemplo, o benzeno, aromático presente na gasolina, tem seu valor especificado devido ao seu efeito tóxico ao meio ambiente, por ser um produto cancerígeno. Os hidrocarbonetos olefínicos também são limitados para não influir na estabilidade à oxidação da gasolina e os compostos saturados, em grandes concentrações, reduzem a octanagem da gasolina. Portanto, para garantir um bom

funcionamento dos motores, são controladas as porcentagens dos aromáticos, das olefinas e de saturados na gasolina.

2.6.3 Tipos de Aditivos

Os aditivos utilizados nos derivados de petróleo apresentam, em geral, mais de uma função e, por isto, são chamados de multifuncionais, constituindo-se em um “pacote” de aditivos. A complexidade desse pacote depende dos requisitos de qualidade necessários ao combustível. Aditivos devem ser estáveis nas condições de estocagem de forma a evitar a separação ou degradação dos componentes, o que pode torná-los inadequados.

As substâncias utilizadas como aditivos devem ser compatíveis com o próprio combustível e com os materiais por onde ele passa: equipamentos de transporte e estocagem, materiais metálicos e não metálicos existentes nos sistemas de combustível dos veículos. A maioria dos pacotes de aditivos contém solventes e diluentes para permitir seu fácil manuseio e mistura com os combustíveis.

Os aditivos são usados em quantidades muito pequenas, correspondendo a poucas partes do aditivo, cerca de 10 a 500 partes, por um milhão de partes do combustível em peso.

Existem diversos tipos de aditivos ofertados no mercado, porém para serem utilizados é necessário que seja comprovada sua eficácia, bem como sua compatibilidade com o combustível e com os sistemas com os quais eles têm contato. Isto é feito por meio de testes de homologação certificados pela ANP, e só após esta homologação, segundo a lei, eles podem ser usados. Aqueles que foram ou são usados oficialmente no Brasil são: o antioxidante, o detergente e o antidetonante (já extinto).

Os aditivos denominados “aftermarket” são encontrados e comercializados em postos de serviço. Entretanto, seu uso é desnecessário em motores novos ou naqueles sob boas condições de funcionamento.

O principal perigo no uso indiscriminado desses aditivos está no risco da sua dosagem incorreta pelo usuário. Conforme dito anteriormente, concentrações inadequadas de mistura acarretam aumento de depósitos no motor, o que a médio prazo levará a danos irreparáveis no motor.

Para motores com elevada rodagem e que nunca utilizaram gasolina aditivada recomenda-se usá-la progressivamente até que o veículo a consuma integralmente. Dessa forma serão reduzidos os riscos de entupimento em geral e de panes no motor.

2.7 Torque nos motores de combustão interna

O torque é definido como o produto da força atuante (pressão exercida sobre a área da cabeça do pistão) pela distância perpendicular do eixo à direção dessa mesma força. É expresso pela fórmula (1):

$$T = F \cdot d \quad (1)$$

Onde,

T = torque, expresso em kgfm (Sistema Técnico), kpm (quilopond metro) (DIN), lbf.ft (SAE),

J (Sistema Internacional = N.m) F = intensidade da força atuante, expressa em kgf, lbf, N

d = distância perpendicular entre o eixo e a direção à força, em m, pés

O torque depende exclusivamente do tamanho e da quantidade de pistões, da relação de compressão, do tipo de combustível utilizado, variando muito pouco com a rotação do motor, devido à perda de eficiência nas rotações mais altas e muito baixas.

F_T = força total
 F_b = força na biela
 F_{tan} = força tangencial
 T_α = torque instantâneo

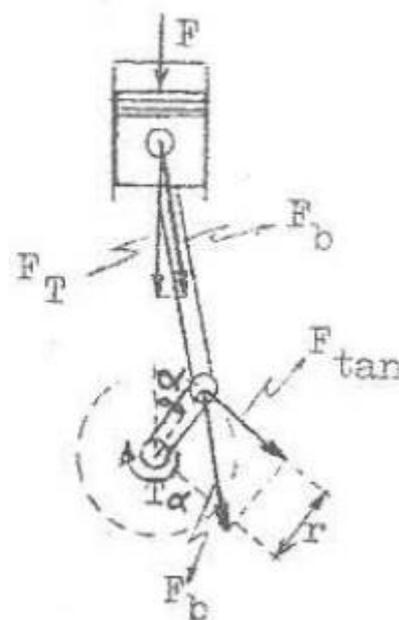


Figura 18: Sistema pistão-biela-manivela

Analisando a Figura 18, nota-se que a força F aplicada ao transmite-se à biela e desta à manivela, dando origem a uma força tangencial (F_{tan}) e conseqüentemente a um momento instantâneo no eixo do motor. (BRUNETTI 1989)

A força F depende do ângulo percorrido pela manivela e portanto a F_{tan} é variável. Logo, apesar do braço r ser fixo, o momento no eixo do motor varia com α .

2.8 Potência do eixo

A potência transmitida através do eixo pode ser encontrada a partir de princípios básicos. Em qualquer sistema rotativo, a potência instantânea é o produto do torque e da velocidade angular (2).

$$P = T\omega \quad (2)$$

Onde ω deve ser expresso em radianos por unidade de tempo. Quaisquer que sejam as unidades básicas usadas para o cálculo, a potência é usualmente convertida em unidades de cavalos (HP) em qualquer sistema inglês ou para quilowatts (KW) em qualquer sistema métrico. Ambos, o torque e a velocidade angular podem estar variando com o tempo, embora maior parte das máquinas rotativas seja projetada para operar a velocidades constantes ou próximas dessas velocidades por grandes períodos de tempo.

Em tais casos, o torque frequentemente variara com o tempo. A potência média é encontrada através de (NORTON, 2004)(3).

$$P_{media} = T_{media}\omega_{media} \quad (3)$$

2.9 Dinamômetro

Com o aparecimento das máquinas a vapor no século XVIII, e posteriormente, com o desenvolvimento de motores de combustão interna, surgiu a necessidade de se medir os efeitos dinâmicos daquelas máquinas, tais como momento angular, torque, potência etc.

A definição de dinamômetros é a de um instrumento que efetua a medição da força em condições adversas de funcionamento do motor. Para a realização dessa medição, empregam-se taxas crescentes de carga obtendo-se a variação de velocidade de uma massa previamente estipulada, variação esta percebida pelo dinamômetro. (PIRRA & SANTOS, 1992). Ele é constituído de duas partes: a primeira delas, móvel e ligada ao motor, é acionada

por ele; a segunda parte é fixa e atua diretamente sobre a parte móvel (MAGALHÃES, C. C. & SOBRAL, N. M., 2007).

O dinamômetro é um equipamento de fundamental importância para a realização de testes necessários para o aperfeiçoamento do motor dos veículos Mini Baja SAE. O uso deste mecanismo visa à competição com um motor que desempenhe suas curvas de potência o mais próximo possível das curvas indicadas pelo fabricante.

2.10 Dinamômetros de fricção - Freio de Prony

Em 1821, Gaspard Riche de Prony, um físico francês, desenvolveu o primeiro dispositivo com essa finalidade: o freio de Prony. Este equipamento consistia de um dinamômetro de fricção, eficiente para a época, e que foi insubstituível por quase um século. Décadas se passaram até a introdução do freio hidráulico por Willian Froude, engenheiro naval, em 1877. Posteriormente, com o desenvolvimento de motores de corrente contínua, foi concebido em 1883 o dinamômetro de corrente contínua (SHERIF, 1985).

O dinamômetro de fricção, também conhecido como freio de Prony, por ser o primeiro dinamômetro a ser construído, foi o mais simples em sua teoria. Seu trabalho fundamenta-se em opor ao torque do motor um torque resistente, mensurável e controlável pelo operador.

O Freio de Prony é constituído de dois pedaços de madeira M e M' , apertados por parafusos V e V' e fixados no eixo A da máquina na qual será feita a medida da força, conforme ilustrado na figura 19. O aparelho é suspenso numa barra D , em cuja extremidade é suspenso um prato destinado a receber pesos P . Dois braços B e B' limitam as deslocções de D ou de um dinamômetro. Para medir a potência apertam-se as partes M e M' sobre o eixo móvel A , de maneira que a velocidade de rotação do eixo seja aquela para a qual a máquina está construída. Quando a máquina funciona no seu regime normal a potência desenvolvida, isto é, a potência efetiva, é absorvida pelo atrito. A barra D executa movimentos no sentido de rotação do eixo. Mantém-se esta barra na direção horizontal colocando pesos P sobre o prato.

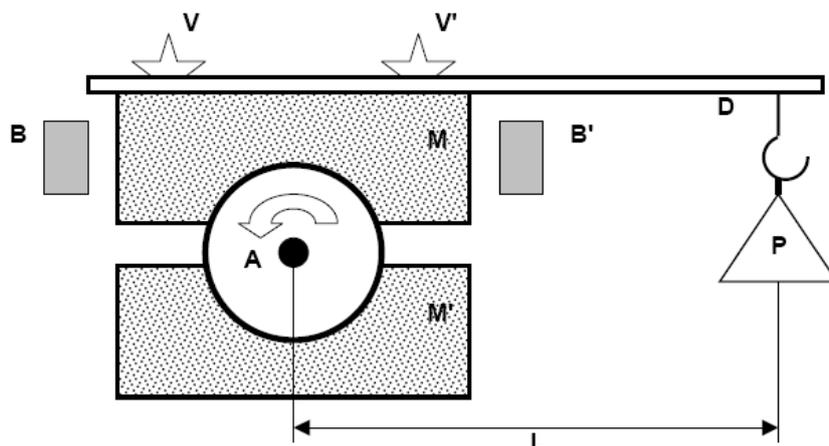


Figura 19: Esboço do freio de Prony

Para um dinamômetro em que o braço de alavanca ligado no freio possui valor constante, pode-se calcular de forma mais simples e rápida a potência que o motor está fornecendo. Cria-se uma constante que, quando multiplicada pela carga resultante na balança e pela rotação de trabalho, resultará no valor da potência do motor (BRUNETTI, 2012).

2.10.1 Cálculo da potência através do freio de Prony

Para essas condições a potência absorvida pelo atrito é igual à potência fornecida pelo motor definida por (4):

$$Pot = \tau \cdot \omega = 2\pi \left(\frac{n}{60} \right) LP, \quad (4)$$

$$Pot = \left[2\pi \left(\frac{n}{60} \right) L \right] P,$$

Na qual,

Na qual:

Pot = Potência efetiva (Watt);

P = Peso medida na balança (Kg.f) multiplicado pela aceleração da gravidade g ($9,81\text{m/s}^2$)

L = Braço da alavanca (metro);

N = Rotação do eixo do motor (rpm).

O desuso desse tipo de dinamômetro ocorreu devido aos seus inconvenientes. Dentre eles citamos: o rápido desgaste do dispositivo de fricção, e pela dificuldade de refrigeração.

Capítulo 3

Desmontagem do motor

Abaixo o procedimento de desmontagem utilizado:

1. Retirada da CVT e desacoplamento do motor do chassi do baja;
 - 1.1. Motor apresentava ângulo de montagem de aproximadamente 15° (figuras 20 e 21).



Figura 20: Detalhe do posicionamento do Motor



Figura 21: Inclinação do Motor durante a competição

2. Retirada do tanque de combustível (figura 22);
 - 2.1. Se atentar para o fechamento da válvula de combustível.
3. Retirada da proteção plástica do governador;



Figura 22: Motor na bancada aguardando desmontagem (Ainda Travado)

4. Liberação das travas e remoção do carburador (figura 23);
 - 4.1. Cuidado especial para não danificar as juntas de vedação.
5. Retirada do gerador de corrente (figura 23);



Figura 23: Motor sem gerador e carburador

6. Retirada da tampa do comando de válvulas (figuras 24 e 25);
 - 6.1. A regulagem do comando de válvula estava regulada em 0,02.



Figura 24: Desmontagem do Comando de Válvulas



Figura 25: Detalhe do Interior do Comando de Válvulas

7. Retirada da vela com a chave de vela (figura 26);



Figura 26: Vela de Ignição sem sinais de desgaste

8. Retirada do óleo do Carter;

8.1. De acordo com a equipe o óleo utilizado havia sido trocado para a competição.
Tendo menos de 8 horas de uso.

9. Retirada da tampa do bloco do motor (figura 27);

10. Retirada e desmontagem do cabeçote (figura 27);

10.1. Atentar para a sequência de retirada dos parafusos. Sendo esta feita em X começando do parafuso central para que não empene o cabeçote.



Figura 27: Desmontagem do Bloco do Motor e Cabeçote

11. Retirada da árvore de comando (figura 28);

11.1. Retirada da árvore de comando para deixar o motor com mais espaço para que se possa trabalhar com mais facilidade



Figura 28: Componentes da Árvore de Comando

12. Liberação dos parafusos da biela (figura 29);

12.1. Atenção para a remoção do pescador (figura 30), pois este é responsável pela lubrificação do motor.



Figura 29: Conjunto Biela-Manivela no eixo Virabrequim



Figura 30: Detalhe do Pescador

13. Retirada do pistão;

13.1. Cuidado especial com os anéis de vedação para que não se danifiquem (figura 31).



Figura 31: Detalhe dos anéis de vedação

3.1 Resultados encontrados

Contrariando as hipóteses iniciais da equipe do CEFET/RJ, nenhuma peça estava solta ou quebrada dentro do motor. Os pontos principais encontrados foram:

- Sinais de desgaste no pistão e anéis acompanham estudos de mistura rica (maior concentração de combustível na mistura Ar-Combustível) no motor.
- Insuficiência de lubrificação na interface do cilindro com o pistão.
- Sistema de lubrificação por salpico pode ter sido afetado pela inclinação demasiada do motor.

Dentre os componentes do motor verificados durante a desmontagem, o pistão foi o que apresentou desgaste mais significativo, como mostrado na figura 32, sendo ele o ponto de partida para o estudo das possíveis falhas durante a competição e posteriormente o travamento total do motor. As marcações verticais, localizadas no centro do pistão, servem como indicativo da possível falha causada pela lubrificação ou pela mistura rica no interior da câmara de combustão. As marcas podem ser notadas também na figura 33, marcas similares na vertical, desta vez encontradas no cilindro do motor

As possíveis causas para uma lubrificação deficiente não estão somente limitadas ao tipo de lubrificante e volume utilizado pela equipe durante a competição, como ressaltado anteriormente neste projeto, a inclinação de trabalho do motor e a composição da gasolina, atualmente com 27,5% de álcool, podem afetar o bom funcionamento do motor sejam esses fatores trabalhando em conjunto ou de maneira independente.

Adicionalmente foi verificado a coloração do óleo lubrificante acinzentada (figura 34) indicando uma possível contaminação do óleo.



Figura 32: Marcas no pistão



Figura 33: Marcas verticais no cilindro do motor



Figura 34: Coloração do Óleo Lubrificante

Capítulo 4

Projeto do Freio de Prony

Como parte importante do projeto, é necessário medir o torque no eixo do motor *Briggs & Stratton*. Com a dificuldade de se encontrar lugares que disponibilizassem dinamômetros que se enquadrassem ao nosso motor (Alguns dinamômetros encontrados não tinham capacidade de medir pequenas variações de torque e potência) ou pelo alto custo de se adquirir um novo fez-se necessário a construção de um dinamômetro que fosse simples, capaz de medir o torque no eixo do motor e de baixo custo.

Com esses critérios previamente estabelecidos, foi decidido a construção do Freio de Prony, que é um dinamômetro de fricção e em teoria um dos mais simples, que até hoje é amplamente usado.

A partir da aceitação do projeto de construção do freio de Prony, foi estudado toda a teoria que envolvia sua construção, ou seja, os materiais a serem utilizados, tamanho de cada peça, a forma que seria fixado no eixo. Também foi estudado a teoria que envolvia seu funcionamento, ou seja, torção e a tensão em um eixo, cálculo de torque e potência, sistema de refrigeração, além do atrito, que é inerente ao funcionamento do freio de Prony.

4.1 Materiais utilizados

O Freio de Prony é formado por dois blocos fixados por parafusos que circundam um tambor que está ligado com o eixo do motor.

Para esses dois blocos, figura 35 e 36, foi pensado inicialmente em utilizar madeira como foi feito no primeiro protótipo de Gaspard Riche de Prony. Entretanto, foi estudado e observado em outros projetos semelhantes que a madeira se desgastava e queimava muito rápido. E isso impossibilitava o uso do dispositivo por um tempo prolongado. Para resolver essa questão foi pensado inicialmente em colocar uma bucha de bronze ou latão entre a madeira e o tambor preso no eixo, mas, pelo custo e pela diminuição considerável do atrito tambor – bucha essa opção foi descartada. A solução encontrada foi utilizar os blocos em Celeron.

O Celeron é um compósito laminado com reforços de tecidos de algodão e resina fenólica, fabricado através do processo de prensagem, onde é aplicada alta pressão e alta temperatura sobre o material, dando origem a um material duro e denso. É usado para fins estruturais onde as exigências mecânicas são maiores do que as elétricas. Trata-se de um material onde as características principais são: alta resistência ao desgaste, ao cisalhamento e ao choque, amortece ruído e absorve vibrações. Por essas características, que atenderiam eficientemente o projeto, este foi o material escolhido para os blocos.

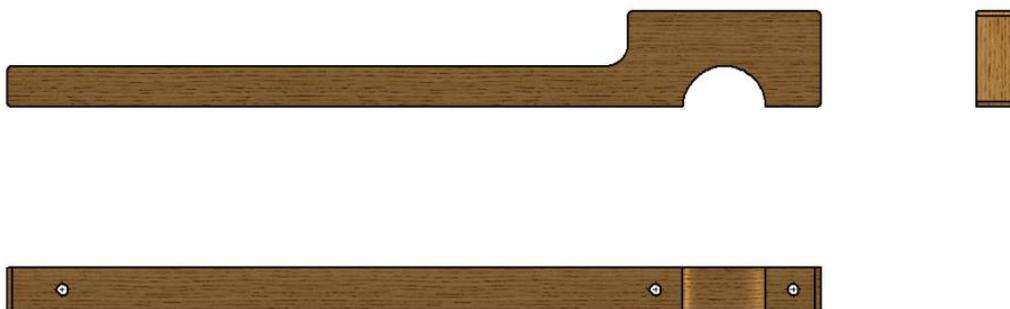


Figura 35: Braço superior do Freio de Prony

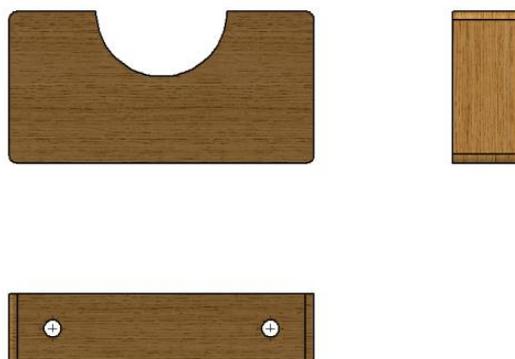


Figura 36: Braço inferior do Freio de Prony

Para o tambor, figura 37 e 38, foi utilizado o aço inoxidável 304 por apresentar ótima resistência à oxidação se comparado principalmente aos aços carbono comuns. O tambor, com o atrito com os blocos a temperatura se eleva, tendo a necessidade de arrefecimento que será feita com água. Esses fatores, alta temperatura, água e contato com a atmosfera, facilita a ocorrência de oxidação.

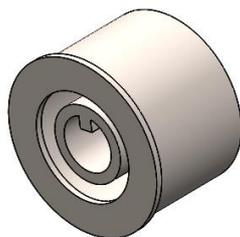


Figura 37: Tambor - Encaixe do eixo do motor

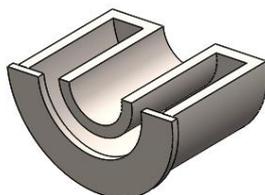


Figura 38: Tambor - Encaixe do eixo do motor

Para a fixação dos dois blocos foi utilizado duas barras roscadas (uma de cada lado do tambor) com bitola de 3/8" seguindo a norma ASTM A 193B7 e presas, nos dois lados, por porcas como mostrado na figura 39.



Figura 39: Barra roscada de 3/8" fixadas por porcas (CISER, 2015)

A concepção final do projeto pode ser vista na figura 40.

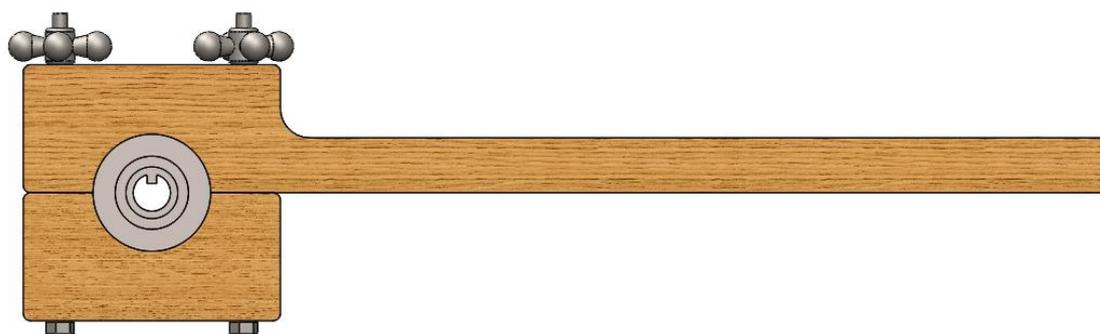


Figura 40: Projeto após a montagem

Capítulo 5

Projeto da bancada

Como um fator secundário que poderia ter gerado a falha no motor durante a competição, o grau de inclinação do motor também precisou ser analisado e para simular as condições de trabalho foi fabricada uma bancada capaz de reproduzir os ângulos comumente utilizados pelas equipes, ângulos de 0°, 5°, 10° e 15°, sendo este último a inclinação de trabalho máxima recomendada pelo fabricante Briggs & Stratton.

O aumento ou diminuição do ângulo de inclinação do motor influencia diretamente na lubrificação do motor, uma vez que esta é realizada pelo sistema de salpico, ângulos maiores tendem a diminuir a capacidade de lubrificação do motor, pois dificulta a ação do pescador preso à biela. No movimento descendente do pistão, o pescador irá atingir o óleo lubrificante, lançando-o contra os componentes que necessitam ser resfriados e lubrificados. Para um mesmo volume de óleo lubrificante a inclinação do motor diminui a área de contato entre o pescador e o óleo.

5.1 Materiais utilizados

A bancada de testes é formada por três peças principais, as mesas superior e inferior e o gabarito de ângulos, fixadas por parafusos que permitem a mudança para a configuração desejada para cada teste.

A mesa inferior, figura 41, é responsável pela sustentação e ancoragem da bancada de testes, em seu perfil encontram-se pontos de travamento para o gabarito e para a mesa superior, possibilitando a recriação dos ângulos e mantendo a rigidez do sistema principalmente quando o motor atingir altas rotações.

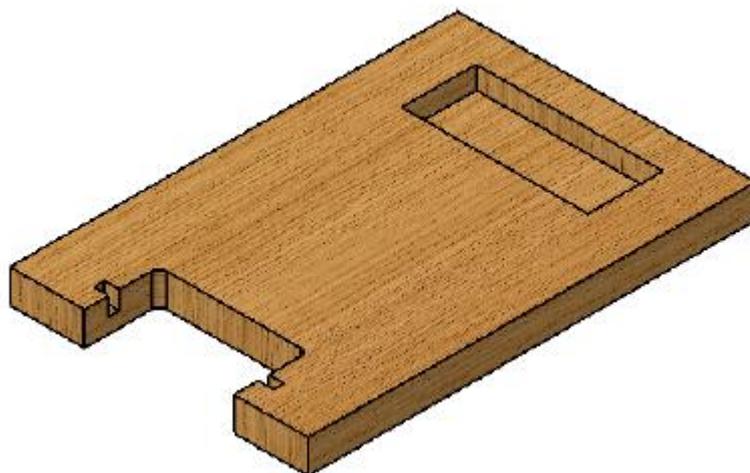


Figura 41: Mesa Inferior

A mesa superior, figura 42, realiza a fixação do motor e serve como pivô para a recriação dos ângulos, quando o gabarito não é utilizado entre as mesas, o sistema fica em sua primeira posição, com inclinação de trabalho de 0° .

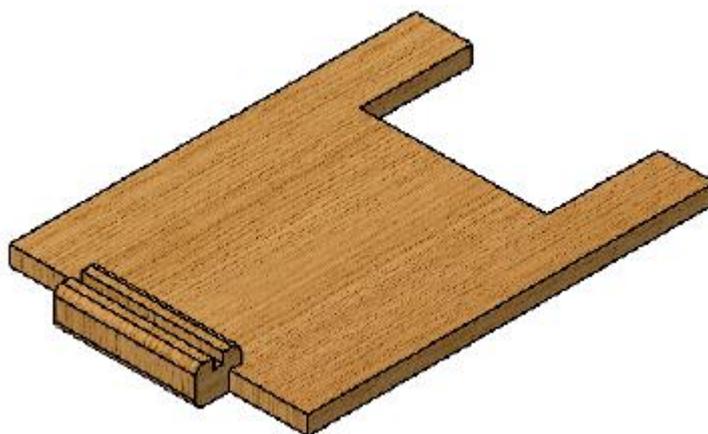


Figura 42: Mesa Superior

O gabarito, figura 43, é responsável pelo posicionamento e travamento do sistema na inclinação desejada, em seu perfil o gabarito possui furações que permitem o travamento em qualquer uma das inclinações desejadas e adicionalmente o gabarito é travado na mesa inferior para manter a rigidez e diminuir a influência das vibrações.



Figura 43: Gabarito com angulações

O material utilizado para a fabricação da bancada foi o MDF (*Medium-Density Fiberboard*) que é um material derivado da madeira. A tradução adequada para a língua portuguesa é "placa de fibra de madeira de média densidade". O MDF é um material uniforme, plano e denso, não possuindo nós. Empregado principalmente em móveis, é um ótimo substituto para a madeira.

O MDF é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos. A madeira é desfibrada, e estes são cozidos no vapor e pressão, se separando uniformemente. Posteriormente são ligados com resinas e passam por um processo de calor e prensagem que lhe dá o tamanho desejado.

Um dos principais motivos para a utilização do MDF é que este proporciona excelentes propriedades mecânicas, sendo resistente à flexão das chapas, à abrasão e às variações bruscas de temperatura. Além disso, possui boa usinabilidade, baixo custo e grande disponibilidade no mercado.

Outro motivo importante para o uso do MDF é que ao contrário da madeira, este não oferece problemas de inchamento ou encolhimento diante da umidade, mantendo equilíbrio dimensional ótimo.

Para acabamento e aumento da resistência superficial, durante os testes utilizando o freio de Prony (figura 45), a bancada foi revestida com fórmica branca como mostrado na figura 44.



Figura 44: Bancada para teste



Figura 45: Montagem do Freio de Prony e bancada

Por fim vale ressaltar que a vibração gerada pelo motor foi constantemente mencionada pela equipe do CEFET/RJ, informando que em outras situações a mesma foi fator limitante para testes realizados. Para mitigar esse problema foram adicionadas pequenas camadas de silicone (figura 46) de boa absorção e amortecimento, o material escolhido para a fabricação das peças também levou em consideração os problemas gerados pela vibração.

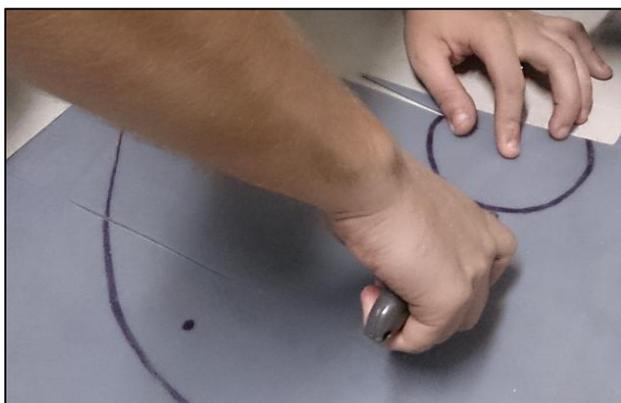


Figura 46: Silicone para absorção da vibração

Capítulo 6

Separação e mistura do combustível

Para se dar início a análise dos combustíveis com diferentes teores de álcool, como 0%, 10% e 27,5% foi necessário a extração do álcool presente na gasolina, utilizando um mesmo método aplicado por fiscais da ANP (Agencia Nacional do Petróleo) durante inspeções nos postos de gasolina, como mostra figura 47. Os métodos utilizados para se separar as substâncias da mistura foram a extração e a decantação.



Figura 47: Processo de separação

6.1 Extração

A extração é um método que permite a separação dos componentes de uma mistura líquida baseado em suas diferentes solubilidades através do contato direto com um líquido conhecido como solvente, que é imiscível com a mistura original. Com isso é possível remover parcialmente os componentes da mistura. Neste trabalho, a mistura em questão era Álcool-Gasolina e o solvente utilizado foi a água destilada (figura 48). Esse processo também é conhecido como extração líquido-líquido (ELL), extração por solvente, ou partição.



Figura 48: Extração líquido - líquido

6.2 Decantação

A decantação é um processo de separação que permite separar misturas heterogêneas. Utilizada principalmente em misturas bifásicas, como sólido-líquido (areia e água), sólido-gás (poeira-gás), líquido-líquido (água e óleo) e líquido-gás (vapor d'água e ar). Para o caso Gasolina – Álcool – Água destilada utiliza-se um funil de separação, também conhecido como funil de Bromo (figura 49), onde se consegue realizar a separação através da densidade dos componentes da mistura, e na espera pela sua decantação. A mistura é colocada em repouso num recipiente, de preferência fechado.



Figura 49: Detalhe do funil de bromo no processo de decantação

Para a preparação dos combustíveis foram comprados 5 litros de cada tipo de gasolina, tais como, a Comum (com 27% de álcool), a Grid – Aditivada – (com 27% de álcool) e a Podium - Premium – (Com 25% de álcool). As gasolinas foram separadas em 3 galões, cada um contendo 1,5 litros de um dos combustíveis. A cada galão foram acrescentados 1,5 litros de água destilada, a qual tem a função de se misturar com o álcool, já que a mesma não consegue se misturar com a gasolina conforme ilustrado na figura 50. Essa mistura água-álcool é maximizada, pois após os dois componentes serem misturados no galão, o mesmo é agitado e colocado em repouso, como mostrado na figura 51.



Figura 50: Gasolina separada do álcool



Figura 51: Processo de Separação do álcool da gasolina

No dia seguinte, já com a decantação feita, ou seja, o álcool separado da gasolina (figura 52), foi dado início a extração da gasolina pura, para posteriormente ser adicionado o álcool anidro de acordo com a quantidade necessária em cada mistura para a obtenção de um combustível com 10% de álcool. Devido a sua maior densidade, a mistura água-álcool ficou na parte de baixo e a gasolina por ser menos densa ficou na parte de cima. Para a obtenção da gasolina pura e retirada da mistura água-álcool foi utilizado um funil de Bromo, citado acima, o qual tem uma torneira na parte de baixo, que foi aberta até que sobrasse somente a gasolina no funil, garantindo assim uma gasolina pura para os testes. O rendimento da gasolina foi próximo de 70%, o que quer dizer que foram produzidos quase 1 litro de cada gasolina. Além disso, mostrou coerência nas porcentagens indicadas pelos fabricantes.



Figura 52: Processo de retirada da gasolina pura

Após a decantação e a extração da gasolina pura, foi dado início o processo de adição de álcool anidro na gasolina, mostrado nas figuras 53, na porcentagem certa, para que seja obtida uma gasolina com 10% de teor de álcool. Devido ao rendimento de 70%, onde se conseguiu extrair aproximadamente 1 litro de gasolina pura para cada tipo, foram separados 450 ml deste 1 litro para a adição de 50 ml de álcool, enquanto o restante foi separado para realização dos testes com um combustível de 0% de álcool. Com a adição dos 50 mL foi agitado o galão e a gasolina com 10% de álcool estava pronta para ser utilizadas nos testes.



Figura 53: Adição de álcool Anidro à Gasolina

Capítulo 7

Procedimento de Teste

Este procedimento se refere à montagem e testes a serem realizados no motor Briggs & Stratton de 10 HP utilizado pela equipe Baja do CEFET/RJ que apresentou problemas de funcionamento durante o último campeonato nacional. Ele aplica-se a todas as atividades a serem realizadas durante a fase de testes do motor, incluindo os testes de rendimento, potência e grau de inclinação do motor.

7.1 Preparação da Bancada

Todos os testes a serem realizados neste projeto farão uso da bancada de testes, o motor deverá ser aparafusado à mesa de maneira a simular o seu posicionamento durante a competição nas angulações desejadas pela equipe.

Na posição de 0° , figura 54, a bancada estará paralela à mesa e será travada por meio de grampos, aumentando desta maneira sua rigidez e diminuindo os efeitos da vibração gerados pelo funcionamento do motor.

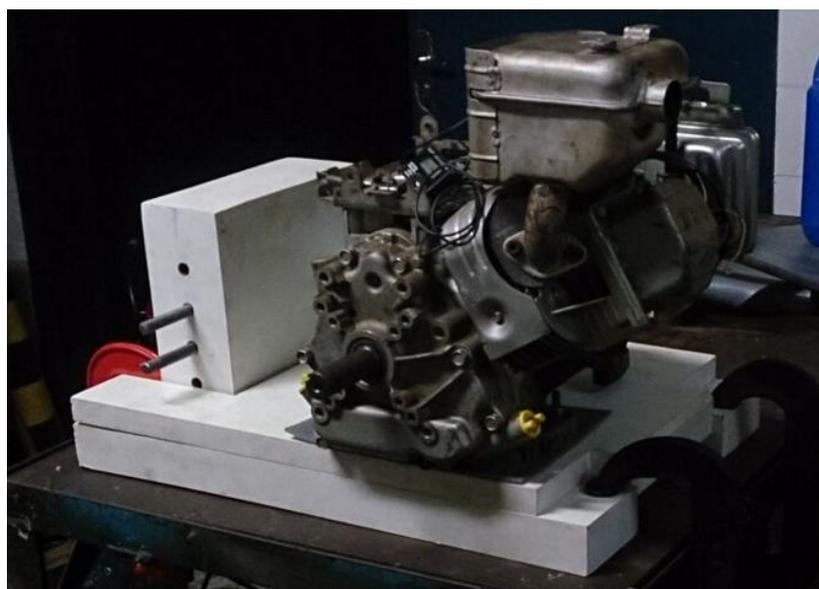


Figura 54: Posicionamento da Bancada sobre a mesa

Durante os testes iniciais foi notado que a vibração sobre a bancada poderia ser diminuída incluindo o silicone entre as partes fixadas pelos grampos (figura 55) e ao mesmo tempo sobre a mesa em que estava posicionada a bancada. A mesa foi calçada com uma camada de silicone e o amortecimento diminuiu de forma considerável.

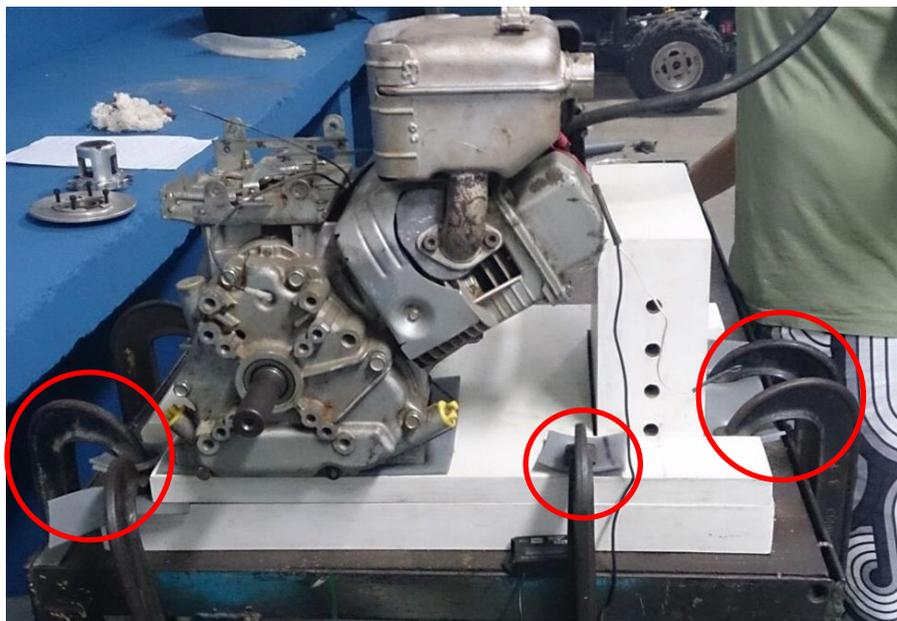


Figura 55: Detalhe dos grampos para fixação da Bancada

Nas posições de 5, 10 e 15°, figura 56, a bancada deverá ser travada com os eixos de fixação de acordo com as furações encontradas no gabarito da bancada. Todas as alterações de angulação devem ser realizadas com o motor desligado.



Figura 56: Bancada com angulação de 15°

7.2 Testes de Rendimento

O teste de rendimento fará uso de 50 mL de cada um dos combustíveis previamente separados e selecionados de maneira a verificar as mudanças significativas geradas pelo aumento ou diminuição do teor de álcool anidro na mistura gasolina-álcool.

Para cada configuração de teste serão realizadas 3 medições separadas e o valor final referente ao rendimento de cada mistura será a média destas medições. Inicialmente serão realizados os testes de 0° com três gasolinas diferentes, com porcentagens de álcool diferentes, variando entre 0%, 10% e 27,5% (ou 25% no caso da gasolina Podium). Após os testes a bancada terá sua angulação incrementada em 5° até que esta atinja o valor de 10°.

Devido a possibilidade de dano no motor a angulação máxima de 15° somente será testada ao final de todas as medições.

Antes do início dos testes foi realizada a troca de óleo no motor, colocando 600mL do óleo Shell Helix HX8 5W-30, recomendado pelo fabricante. Como mostrado na figura 57 o nível de óleo estava adequado para o início dos testes.



Figura 57: Verificação do Óleo lubrificante

Para que os resultados pudessem ser comparados e fossem similares as situações encontradas pela equipe do CEFET/RJ o motor foi aquecido durante 1h antes das medições em cada uma das angulações, sempre utilizando a gasolina comum com 27,5% de álcool anidro.

A sequência de testes ocorreu de acordo com as seguintes etapas:

- I. Montagem da bancada de testes com inclinação de trabalho em 0°.
- II. Montagem do motor na bancada com Óleo 5W-30 (1 Litro).
- III. Pré-aquecimento do motor durante o período de 1 hora.

- IV. Início dos testes de rendimento (0%, 10% e 27,5%).
- V. Aguardo para resfriamento do motor (30min).
- VI. Montagem da bancada de testes com inclinação de trabalho em 5°.
- VII. Aquecimento do motor durante o período de 1 hora.
- VIII. Testes de rendimento (0%, 10% e 27,5%).
- IX. Aguardo para resfriamento do motor (30 min).
- X. Montagem da bancada de testes com inclinação de trabalho em 10°.
- XI. Aquecimento do motor durante o período de 1 hora
- XII. Testes de rendimento (0%, 10% e 27,5%).
- XIII. Análise dos resultados.

Para as medições de rendimento a rotação do motor foi estipulada em 3000 RPM e travada mecanicamente para que os valores pudessem ser comparados (figura 58 e 59). As variações máximas da rotação durante os testes foi de ± 100 RPM.



Figura 58: Teste com 50 mL e Rotação controlada



Figura 59: Rotação do Motor durante testes de rendimento

Os tempos de teste consideraram da partida do motor até sua parada, ao final do consumo dos 50 mL.

Por se tratarem de testes com produtos inflamáveis, em todos os testes estava presente um extintor de pó químico, figura 60.



Figura 60: Extintor de Pó químico

7.3 Testes de Potência

O teste de potência fara uso dos mesmos componentes citados no teste de rendimento com a adição do freio de Prony. Para a melhor comparação dos resultados o motor foi configurado para a rotação de $3800 \text{ RPM} \pm 100$, rotação na qual se encontra maior potência de acordo com o fabricante, 10 HP.

O freio de Prony deverá ser posicionado aberto, permitindo a rotação do motor sem atrito entre as partes de Celeron. Em sua extremidade o freio estará posicionado pontualmente sobre a balança (figuras 61 e 62), o valor inicial do peso do freio deverá ser desconsiderado durante os cálculos.

Assim como nos testes de rendimento o motor precisou ser aquecido pelo período de 1 hora antes de cada bateria de testes, em todas as mudanças de inclinação o motor foi resfriado pelo período de 30 minutos seguido pelo aquecimento utilizando a gasolina comum com 27,5% de álcool anidro.

A sequência de testes ocorreu de acordo com as seguintes etapas:

- I. Montagem da bancada de testes com inclinação de trabalho em 0° .
- II. Pré-aquecimento do motor durante o período de 1 hora.
- III. Início dos testes de potência (0%, 10% e 27,5%).
- IV. Aguardo para resfriamento do motor (30min).
- V. Montagem da bancada de testes com inclinação de trabalho em 5° .
- VI. Aquecimento do motor durante o período de 1 hora.
- VII. Testes de rendimento (0%, 10% e 27,5%).
- VIII. Aguardo para resfriamento do motor (30 min).
- IX. Montagem da bancada de testes com inclinação de trabalho em 10° .
- X. Aquecimento do motor durante o período de 1 hora
- XI. Testes de rendimento (0%, 10% e 27,5%).
- XII. Análise dos resultados.

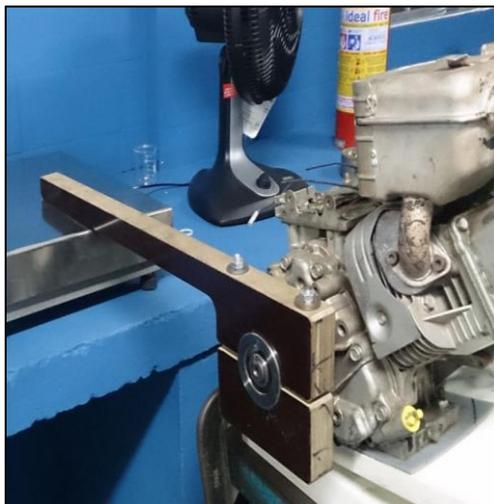


Figura 61: Freio de Prony montado

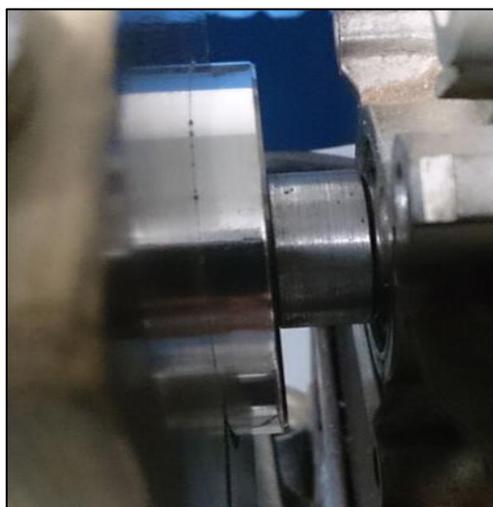


Figura 62: Detalhe do Tambor

Para realizar as medições os parafusos do freio de Prony foram gradualmente apertados, de maneira a unir as partes de Celeron contra o tambor metálico, para resfriamento do tambor seu interior foi preenchido com água e constantemente completado durante os testes.

Com o aumento do atrito gerado pelo Celeron contra o tambor deverá ser verificado o aumento gradual do peso gerado pelo Freio de Prony (figura 63), acompanhado pela redução da rotação do motor, todo o processo deverá ser realizado de forma contínua e devagar uma vez que o procedimento pode levar ao desligamento do motor.



Figura 63: Rotação x Peso

De maneira a encontrar os resultados mais precisos será necessário encontrar o ponto de equilíbrio entre a rotação e peso gerado pelo Freio de Prony sem que o motor seja travado ou venha a operar de maneira deficiente.

Capítulo 8

Planejamento fatorial

Antes de começarmos os testes foram contabilizadas todas as possibilidades de testes que seriam feitos. Para cada inclinação (0° , 5° , 10°) teríamos 3 tipos diferentes de combustível (Comum, Grid e Podium) e cada uma dessas gasolinas teriam 3 diferentes teores de álcool (0%, 10% e 27,5%). Ou seja, seriam 27 testes de rendimento e 27 testes com o freio de Prony totalizando 54 testes. Além disso, para cada possibilidade seriam realizados quatro testes no qual o resultado mais divergente seria eliminado para reduzir ao máximo qualquer tipo de erro. Com isso, seriam necessários 216 testes.

Durante o planejamento dos testes foi exposto ao grupo a possibilidade de gerar danos ao motor da equipe do CEFET/RJ durante os testes com a angulação máxima de 15° . O motor, apesar de ter sido utilizado previamente em competições na angulação, poderia vir a travar ou apresentar problemas que iriam resultar na impossibilidade da conclusão do projeto. Por este motivo os testes seriam realizados nas angulações de 0° , 5° e por fim 10° , tendo sucesso nestes experimentos o motor seria testado uma última vez na inclinação de 15° .

Diante do exposto e levando em consideração a falta de tempo hábil para tal foi pensado em um método estatístico que fosse possível otimizar as variáveis experimentais reduzindo assim consideravelmente o número de testes a serem feitos.

Geralmente, a otimização de variáveis experimentais é realizada por meio de procedimentos que avaliam o efeito de uma variável por vez (univariado), apresentando desvantagens tais como o tempo gasto para otimização e a falta de avaliação acerca das interações entre as variáveis que afetam o processo em estudo. De acordo com BRASIL et al. (2007), estas desvantagens resultam numa otimização ineficiente, impedindo o rápido estabelecimento de ótimos verdadeiros, os quais são atingidos pelo emprego de sistemas multivariados (BRASIL et al., 2007). Dentre os diversos tipos de planejamento experimental, os sistemas de planejamento fatorial destacam-se pois permitem avaliar simultaneamente o efeito de um grande número de variáveis, a partir de um número reduzido de ensaios experimentais, quando comparados aos processos univariados (PERALTA-ZAMORA et al., 2005).

8.1 Detalhamento do Planejamento Fatorial

Planejar experimentos é definir uma sequência de coletas de dados experimentais para atingir certos objetivos. Dentre os métodos de planejamento experimentais disponíveis na literatura, o planejamento fatorial é o mais indicado quando se deseja estudar os efeitos de duas ou mais variáveis de influência, sendo que em cada tentativa ou réplica, todas as combinações possíveis dos níveis de cada variável são investigadas (BARROS NETO et al., 1996). Para se definir quais testes seriam utilizados foi utilizado, o planejamento fatorial foi rodado no programa Statistics.

Dentre as diversas vantagens da utilização do planejamento fatorial, destacam-se as seguintes (BUTTON, 2005):

- Redução do número de ensaios sem prejuízo da qualidade da informação;
- Estudo simultâneo de diversas variáveis, separando seus efeitos;
- Determinação da confiabilidade dos resultados;
- Seleção das variáveis que influenciam um processo com número reduzido de ensaios;
- Elaboração de conclusões a partir de resultados qualitativos.

O planejamento fatorial (figura 64 e tabela 1) não determina valores ótimos em uma única etapa, porém este procedimento indica satisfatoriamente o caminho a ser tomado para que se possa atingir o objetivo proposto. Também é importante ressaltar que embora o sistema permita evidenciar as interações entre as variáveis estudadas, a explicação deve ser fundamentada em argumentos técnicos relacionados com o processo em estudo.

PLANEJAMENTO FATORIAL FRACIONÁRIO 3 ³ -1						
3 Fatores	3 Níveis		1 Bloco	9 Experimentos		
	A	B	C	A	B	C
1	-1.00000	-1.00000	-1.00000	comum	0.0	0
5	0.00000	0.00000	0.00000	aditivada	10.0	5
3	-1.00000	1.00000	0.00000	comum	27.5	5
4	0.00000	-1.00000	1.00000	aditivada	0.0	10
7	1.00000	-1.00000	0.00000	premium	0.0	5
6	0.00000	1.00000	-1.00000	aditivada	27.5	0
2	-1.00000	0.00000	1.00000	comum	10.0	10
8	1.00000	0.00000	-1.00000	premium	10.0	0
9	1.00000	1.00000	1.00000	premium	27.5	10

	A (gasolina)	B (teor)	C (inclinação)
-1	Comum	0%	0°
0	Aditivada	10%	5°
1	Premium	27.50%	10°

Figura 64: Planejamento Fatorial Fracionário do Experimento

Tabela 1: Testes Selecionados para o Experimento

#	Gasolina	Teor de Álcool	Inclinação
TESTE 1	Comum	0%	0°
TESTE 2	Comum	10%	0°
TESTE 3	Comum	27.50%	0°
TESTE 4	Aditivada	0%	0°
TESTE 5	Aditivada	10%	0°
TESTE 6	Aditivada	27.50%	0°
TESTE 7	Premium	0%	0°
TESTE 8	Premium	10%	0°
TESTE 9	Premium	25.00%	0°
TESTE 10	Comum	0%	5°
TESTE 11	Comum	10%	5°
TESTE 12	Comum	27.50%	5°
TESTE 13	Aditivada	0%	5°
TESTE 14	Aditivada	10%	5°
TESTE 15	Aditivada	27.50%	5°
TESTE 16	Premium	0%	5°
TESTE 17	Premium	10%	5°
TESTE 18	Premium	25.00%	5°
TESTE 19	Comum	0%	10°
TESTE 20	Comum	10%	10°
TESTE 21	Comum	27.50%	10°
TESTE 22	Aditivada	0%	10°
TESTE 23	Aditivada	10%	10°
TESTE 24	Aditivada	27.50%	10°
TESTE 25	Premium	0%	10°
TESTE 26	Premium	10%	10°
TESTE 27	Premium	25.00%	10°

Capítulo 9

Resultados dos Experimentos

Neste capítulo serão apresentados os resultados que foram medidos pelo grupo de acordo com os procedimentos citados no capítulo 7 e os comentários e dificuldades encontradas pelo grupo durante cada um dos experimentos, levando em conta as variáveis de teor de álcool na gasolina e angulação de trabalho do motor.

9.1 Medições de Rendimento

Com a presença de 50mL no carburador o motor foi ligado e o tempo foi cronometrado até que ocorresse a parada total do motor (figuras 68, 69 e 70). A parada do motor ocorre quando por ausência de combustível a ignição da mistura ar-combustível é interrompida, também conhecido como “pane seca”.

9.1.1 Variação do Rendimento pela Inclinação

Em vermelho os resultados mais discrepantes de cada bateria de testes que não foram contabilizados na média (figuras 65, 66 e 67). Em azul a média dos resultados, incluindo as rotações alcançadas pelo motor.

INCLINAÇÃO 0°				
GASOLINA	TEMPO	ROT MAX	ROT MIN	MEDIA
COMUM PURA 0%	3:21	3080	3020	3050 +- 30
ADITIVADA 27,5%	3:00	3060	3000	3030 +- 30
PODIUM 10%	3:08	3080	3020	3050 +- 30
COMUM PURA 0%	3:30	3080	3020	3050 +- 30
ADITIVADA 27,5%	3:25	3080	3020	3050 +- 30
PODIUM 10%	3:30	3070	3030	3050 +- 20
COMUM PURA 0%	2:40	3070	3030	3050 +- 20
ADITIVADA 27,5%	3:08	3020	2980	3000 +- 20
PODIUM 10%	3:20	3120	3040	3080 +- 40
COMUM PURA 0%	3:19	3040	3020	3030 +- 10
ADITIVADA 27,5%	3:15	3050	3010	3030 +- 20
PODIUM 10%	3:24	3050	3010	3030 +- 20
COMUM PURA 0%	3:23	3067,5	3022,5	3045
ADITIVADA 27,5%	3:16	3052,5	3002,5	3027,5
PODIUM 10%	3:24	3080	3025	3052,5

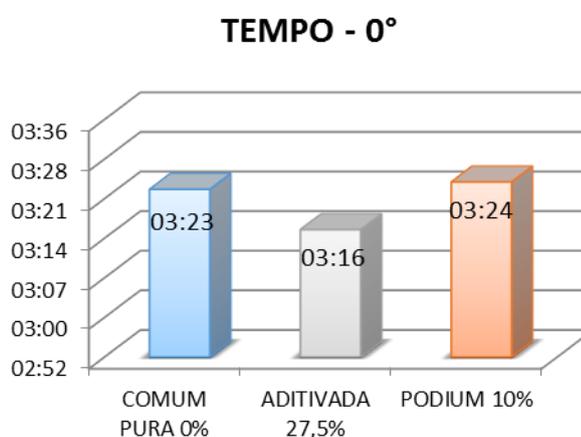


Figura 65: Tempos médios na Inclinação de 0°

INCLINAÇÃO 5°				
GASOLINA	TEMPO	ROT MAX	ROT MIN	MEDIA
COMUM 27,5%	3:22	3050	3010	3030 +- 20
ADITIVADA 10%	3:32	3050	3010	3030 +- 20
PODIUM PURA 0%	2:55	3050	2990	3020 +- 30
COMUM 27,5%	3:16	3040	3000	3020 +- 20
ADITIVADA 10%	3:15	3050	3010	3030 +- 20
PODIUM PURA 0%	3:11	3030	2970	3000 +- 30
COMUM 27,5%	3:16	3040	3020	3030 +- 10
ADITIVADA 10%	3:30	3040	3020	3030 +- 10
PODIUM PURA 0%	3:32	3050	3030	3040 +- 10
COMUM 27,5%	3:21	3050	3010	3030 +- 20
ADITIVADA 10%	3:29	3040	3020	3030 +- 10
PODIUM PURA 0%	3:35	3050	3010	3030 +- 20
COMUM 27,5%	3:17	3045	3010	3027.5
ADITIVADA 10%	3:30	3045	3015	3030
PODIUM PURA 0%	3:26	3045	3000	3022.5

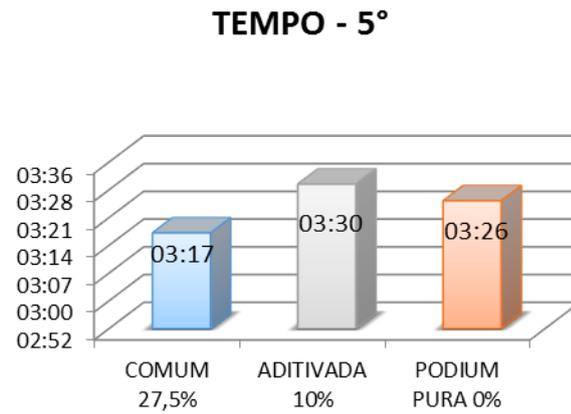


Figura 66: Tempos médios na Inclinação de 5°

INCLINAÇÃO 10°				
GASOLINA	TEMPO	ROT MAX	ROT MIN	MEDIA
COMUM 10%	3:07	3050	3010	3030 +- 20
ADITIVADA PURA 0%	3:17	3050	3010	3030 +- 20
PODIUM PURA 25%	2:40	3010	2970	2990 +- 20
COMUM 10%	2:57	3040	3020	3030 +- 10
ADITIVADA PURA 0%	3:23	3060	3020	3040 +- 20
PODIUM PURA 25%	3:12	3080	3050	3065 +- 15
COMUM 10%	3:18	3070	3030	3050 +- 20
ADITIVADA PURA 0%	3:22	3080	3070	3075 +- 5
PODIUM PURA 25%	3:20	3080	3060	3070 +- 10
COMUM 10%	3:05	3080	3060	3070 +- 10
ADITIVADA PURA 0%	3:07	3100	3080	3090 +- 10
PODIUM PURA 25%	3:25	3070	3050	3060 +- 10
COMUM 10%	3:03	3060	3030	3045
ADITIVADA PURA 0%	3:20	3072.5	3045	3058.75
PODIUM 25%	3:19	3060	3032.5	3046.25

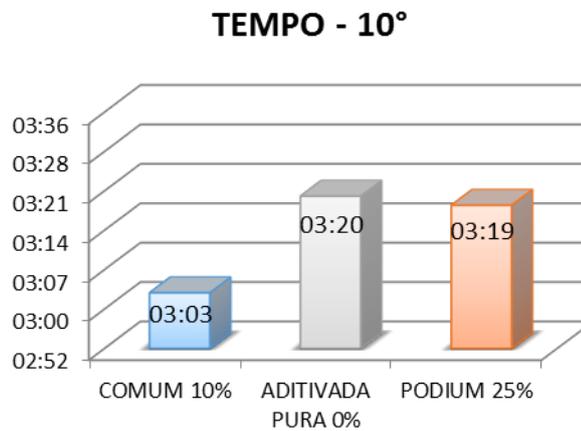


Figura 67: Tempos médios na Inclinação de 10°

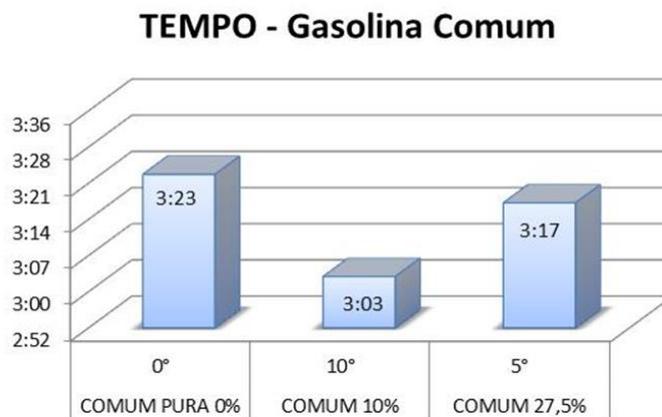


Figura 68: Rendimento com gasolina comum

TEMPO - Gasolina Aditivada

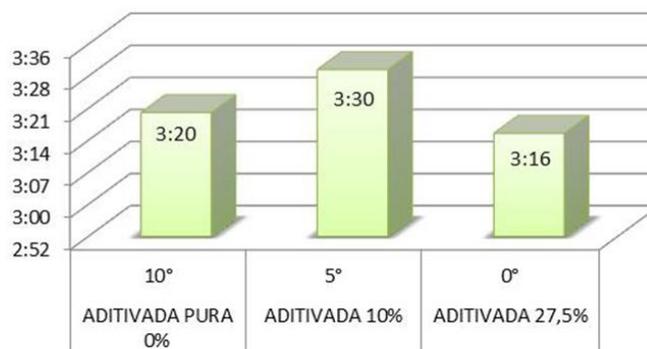


Figura 69: Rendimento com gasolina aditivada

TEMPO - Gasolina Podium

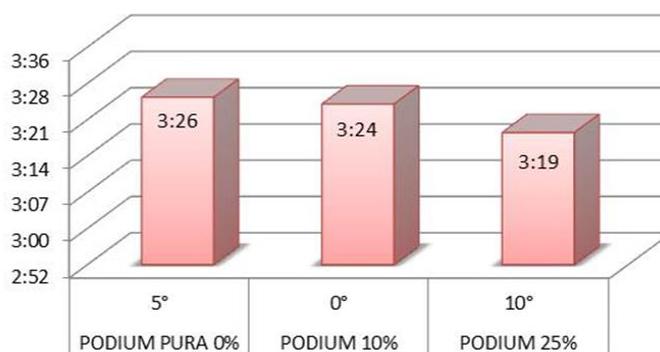


Figura 70: Rendimento com gasolina Podium

Independente do percentual de álcool nas gasolinas os resultados encontrados nos experimentos foram similares em todas as inclinações do motor, sempre se mantendo acima dos 3:00 minutos. As maiores alterações ocorreram entre as gasolinas com 0% e 25% provavelmente gerados pela diferença do poder calorífico do álcool e da gasolina.

A quantidade de energia, sob a forma de calor, que um combustível pode fornecer quando queimado completamente chama-se poder calorífico. No caso da gasolina e do álcool, poderes caloríficos típicos são, respectivamente, 9600 e 6100 kcal/kg. O poder calorífico da gasolina é superior ao do álcool, portanto, um motor movido a etanol apresenta maior consumo de combustível, em comparação ao que utiliza o derivado de petróleo, estando ambos em condições idênticas de desempenho mecânico.

A presença de álcool anidro na gasolina pode influenciar no maior consumo da mistura uma vez que a taxa de compressão do motor é constante e o motor precisaria de maiores quantidades de combustível para gerar a mesma quantidade de energia.

9.2 Medições de Potência

Para medir a potência do motor trabalhando com as diferentes misturas e diferentes angulações foi utilizado em conjunto com a bancada o freio de Prony e uma balança de precisão.

Com a rotação do motor travada em 3800 RPM o freio de Prony foi fechado contra o tambor fixo ao eixo do motor e foi observada a queda de rotação acompanhada pelo aumento da força gerada sobre a balança. O freio foi ajustado devagar, alterações bruscas geraram o travamento do motor e rotações mais baixas dificultavam o manutenção do motor em funcionamento.

Foi observado pelo grupo que a rotação ótima para a medição da potência gerada pelo motor ocorria próxima a 2000-2500 RPM.

9.2.1 Variação da Potência

Tabela 2: Resultados dos Testes de Potência

#	$2\pi/60$	L	P	n	HP
TESTE 1	0.104667	0.6	4.62	2170	8.290373
TESTE 6	0.104667	0.6	3.86	2140	6.83083
TESTE 8	0.104667	0.6	4.3	2100	7.46724
TESTE 12	0.104667	0.6	3.26	2350	6.335164
TESTE 14	0.104667	0.6	3.66	2510	7.596739
TESTE 16	0.104667	0.6	4.54	2420	9.08539
TESTE 20	0.104667	0.6	4.9	2070	8.387621
TESTE 22	0.104667	0.6	4.84	2450	9.805818
TESTE 27	0.104667	0.6	4	2060	6.81396

Tabela 3: Resultados dos Testes de Potência

#	$2\pi/60$	L	P	n	HP
TESTE 1	0.104667	0.6	5.2	1920	8.256138
TESTE 6	0.104667	0.6	3.3	2540	6.931385
TESTE 8	0.104667	0.6	4.54	2120	7.959102
TESTE 12	0.104667	0.6	3.68	2140	6.512294
TESTE 14	0.104667	0.6	4.02	2320	7.712344
TESTE 16	0.104667	0.6	4.54	2420	9.08539
TESTE 20	0.104667	0.6	4.66	2100	8.092405
TESTE 22	0.104667	0.6	4.86	2470	9.926716
TESTE 27	0.104667	0.6	4.12	2150	7.325007

Tabela 4: Resultados dos Testes de Potência

#	$2\pi/60$	L	P	n	HP
TESTE 1	0.104667	0.6	6.02	1740	8.661999
TESTE 6	0.104667	0.6	3.48	2550	7.338238
TESTE 8	0.104667	0.6	4.38	2080	7.533726
TESTE 12	0.104667	0.6	4.08	1930	6.511632
TESTE 14	0.104667	0.6	4.58	2140	8.104974
TESTE 16	0.104667	0.6	4.78	2300	9.091344
TESTE 20	0.104667	0.6	3.9	2230	7.19187
TESTE 22	0.104667	0.6	4.84	2470	9.885865
TESTE 27	0.104667	0.6	3.76	2150	6.684958

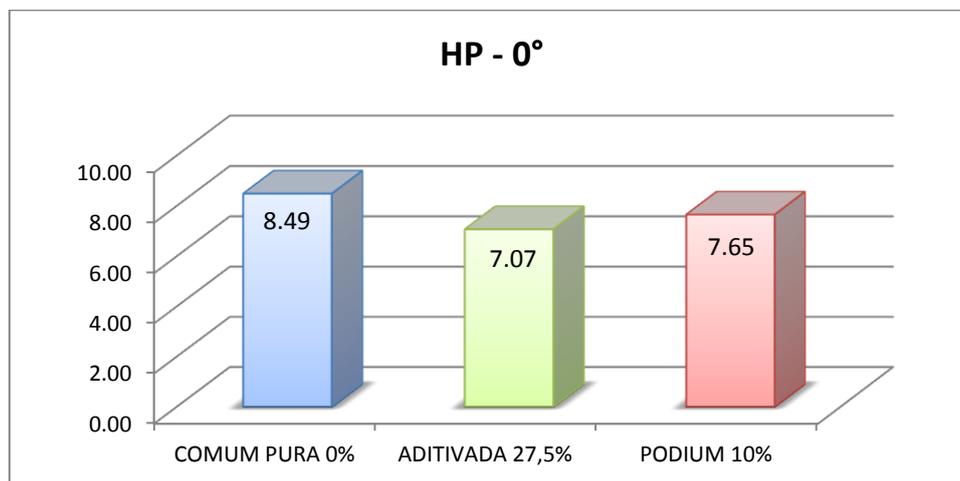


Figura 71: Variações de Potência a 0°

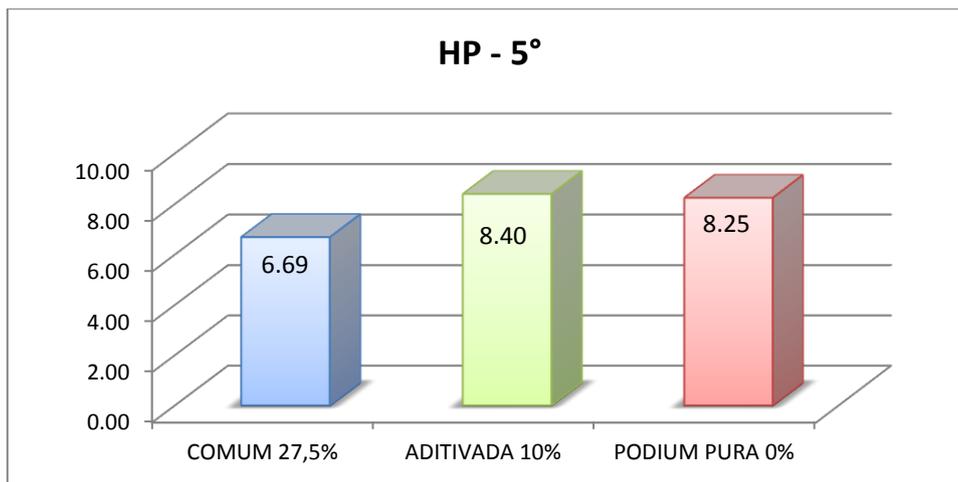


Figura 72: Variações de Potência a 5°

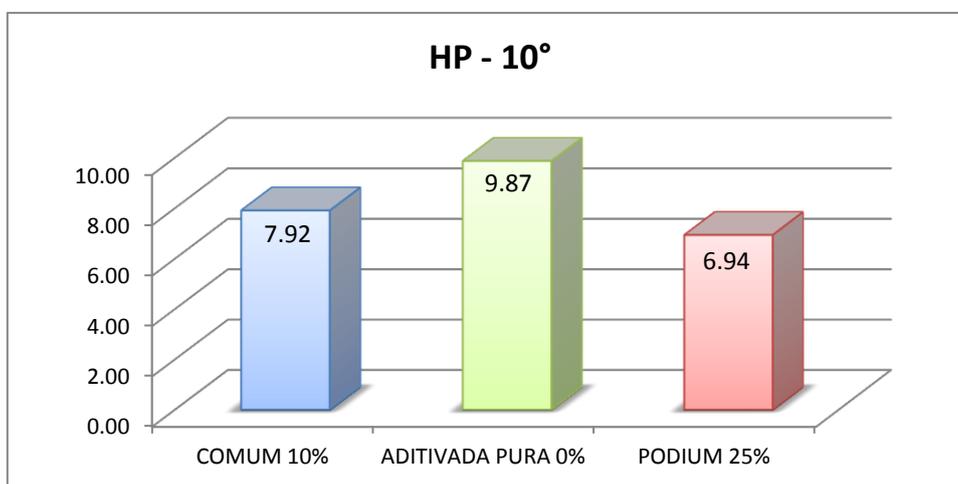


Figura 73: Variações de Potência a 10°

Diferentemente dos testes de rendimento, a potência gerada pelo motor foi extremamente afetada pela variação do álcool na gasolina, como mostrado nas tabelas 2, 3 e 4 e figuras 71, 72 e 73. O aumento de álcool nas misturas gerou perdas de potência entre 20% até 40%, o poder calorífico superior da gasolina, aliado com a taxa de compressão fixa de 8:1 fizeram com que os resultados apresentados fossem fieis aos valores apresentados pelo fabricante, figura 74.

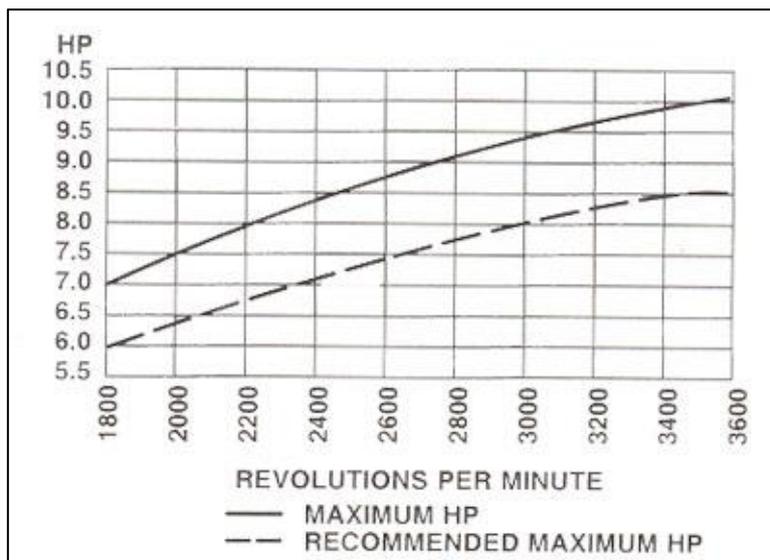


Figura 74: Curva de Potência x RPM

9.3 Variação da Angulação

Após a realização dos testes citados acima foi realizado o teste final com motor funcionando com a inclinação de 15° . O funcionamento do motor na sua inclinação máxima foi considerado pela equipe como um dos principais fatores causadores da falha.

A mudança da angulação do motor de 0° a 10° apresentou pequenas diferenças em seu rendimento e potência, sendo a porcentagem de álcool anidro na mistura a variante mais impactante nos resultados.

O teste final do motor a 15° foi realizado no período de 1 hora com a gasolina comum com 27,5% de álcool. Inicialmente o motor apresentou dificuldades para ser ligado em relação as angulações inferiores, mas após o início de seu funcionamento não apresentou nenhum tipo de falha como era esperado.

Capítulo 10

Conclusão

O intuito deste estudo foi determinar os agentes causadores da falha do motor da equipe do CEFET/RJ durante a última competição nacional. As variações da quantidade de álcool anidro na mistura gasolina-álcool e a inclinação de trabalho foram as variáveis analisadas para o melhor entendimento do funcionamento do motor.

Os resultados encontrados durante os testes realizados com o freio de Prony demonstraram uma relação inversamente proporcional entre o aumento de álcool anidro no combustível utilizado e o aumento da potência gerada pelo motor. Os diferentes valores de poder calorífico de ambos os combustíveis e a taxa de compressão constante do motor, projetada para motores com no máximo 10% de álcool anidro em sua composição demonstraram as claras desvantagens na utilização da configuração atual da gasolina brasileira.

O aumento da inclinação de trabalho do motor gerada pela bancada de testes projetada pelo grupo demonstrou pequenas variações de ganho de potência e rendimento, entretanto foi observado um aumento na dificuldade para partida do motor quando este se encontrava em angulações de 10° e 15°. Após iniciado o motor funcionou normalmente.

Vale ressaltar que apesar de bem sucedida na avaliação de potência do motor, a utilização do freio de Prony se mostrou desafiadora uma vez que seu funcionamento está diretamente ligado ao atrito gerado contra os blocos do freio, gerando rápidos aumentos de temperatura e quedas bruscas na rotação do motor quando sua utilização não era feita de maneira controlada.

Por fim, levando em conta todos os resultados encontrados e variáveis estudadas durante este projeto, foi considerado que a melhor configuração de utilização do motor encontra-se a 10° com um combustível que não possua adição de álcool anidro. Configuração que gerou os melhores resultados de potência e resultados medianos de rendimento.

10.1 Sugestões para trabalhos futuros

Com o trabalho realizado até o presente momento foi possível avaliar que muitas questões ainda precisam ser estudadas para melhor entender o comportamento do motor

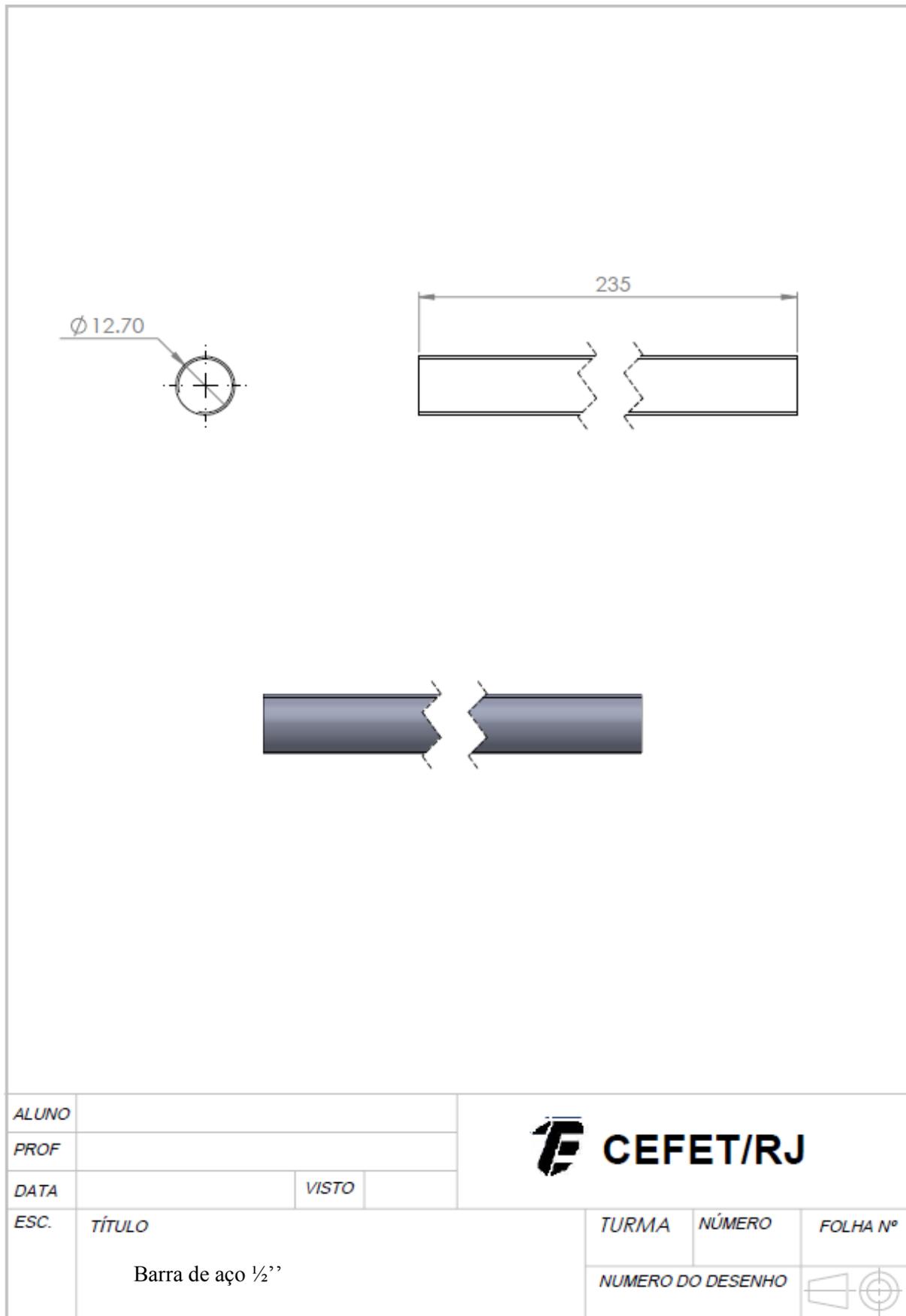
com diferentes teores de álcool e ângulo de trabalho. Como sugestões para trabalhos futuros é possível citar:

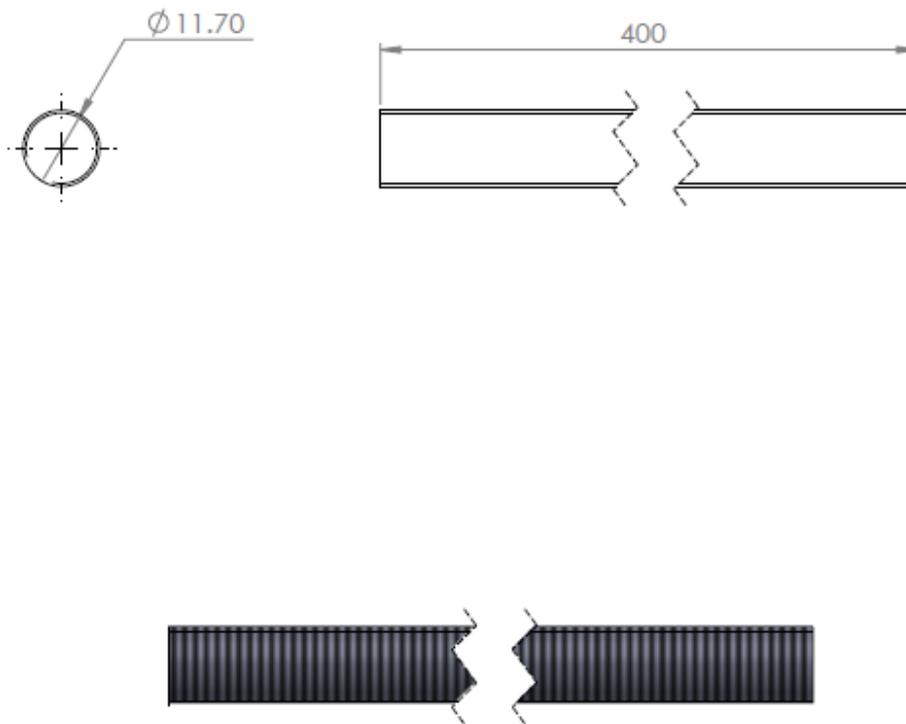
- Uma análise dinâmica simulando os testes da competição.
- Um estudo mais voltado à lubrificação e sua influência no motor com as mudanças na inclinação.

Referências bibliográficas

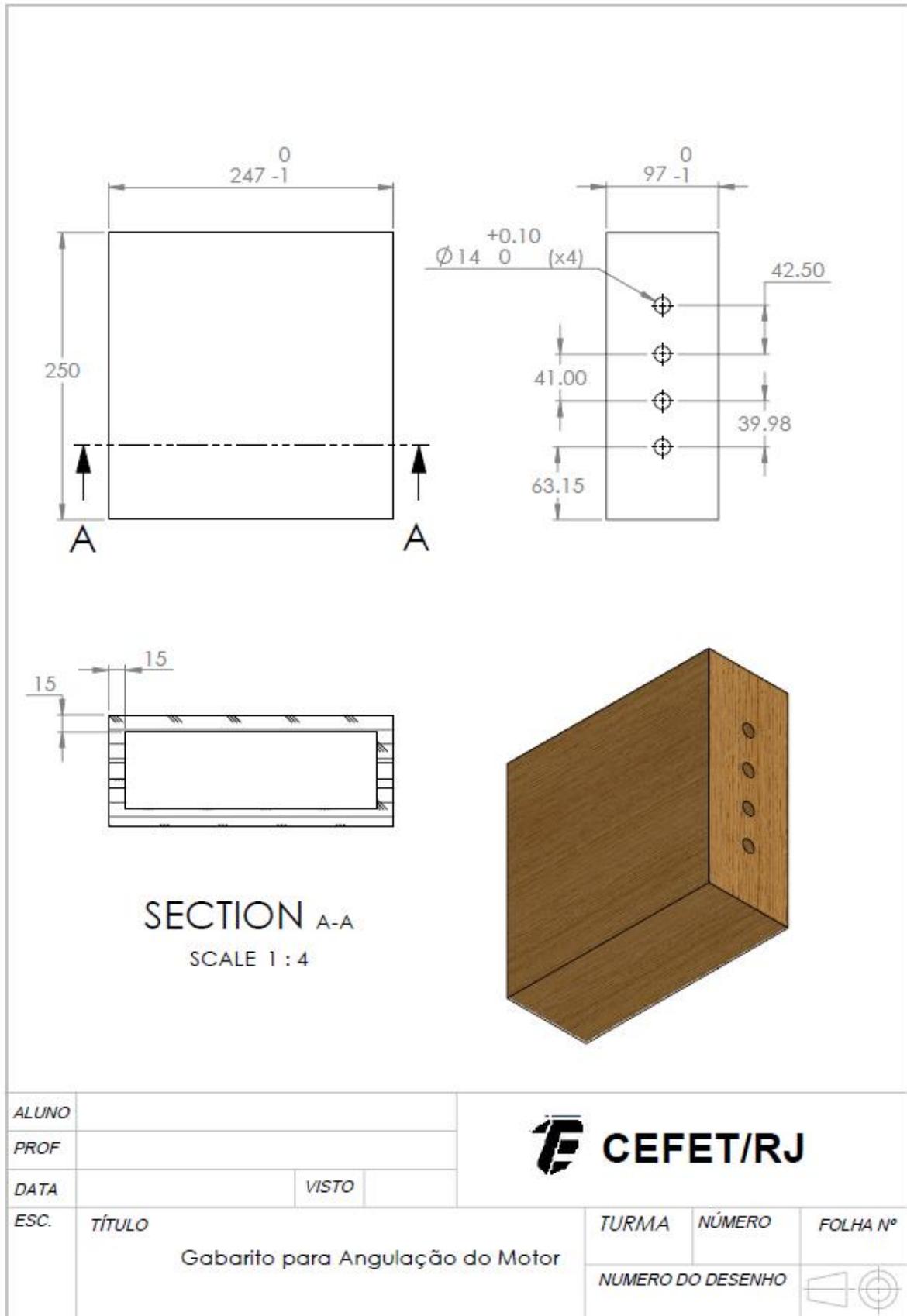
1. **BEER, F.P. e JOHNSTON, JR.** Resistência dos Materiais, 3.º Ed., Makron Books,1995.
2. **BRUNETTI, F.** Motores de combustão interna: Vol. 1. São Paulo. Blucher, 2012.
3. **C. F. ALBUQUERQUE,** O Livro do Automóvel, Seleções do Readers Digest, 1976
4. **CUNICO, M. W. M et al,** Planejamento fatorial: uma ferramenta estatística valiosa para a definição de parâmetros experimentais empregados na pesquisa científica. Departamento Acadêmico de Mecânica, Núcleo de Prototipagem e Ferramental - NUFER, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008
5. **ELEOTÉRIO. R.JACKSON,** Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina,2000.122 f Dissertação(Mestrado em ciências) Escola Superior de agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo – São Paulo
6. **Gasolina e lubrificante Petrobras,** disponível em:
<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/automotivos/>
7. **Gere, J. M.** Mecânica dos Materiais, Tradução da 7ª Edição Norte-Americana Editora Thomson Learning, 2010
8. **HIBBELER, R.C.** Resistência dos Materiais, 3.º Ed., Editora Livros Técnicos e Científicos, 2000.
9. **MAGALHÃES, C. C. & SOBRAL, N. M.;** Bancos de Ensaio e Testes a Motores de Combustão Interna, Instituto Politécnico de Bragança, São Paulo, 2007.
10. **NORTON, Robert L.** – Projeto de Máquinas uma abordagem integrada, 2º edição, 2004.
11. **PIRRA A. & SANTOS F.,** Ensaio de tratores, determinação de curvas de potência e binário dos motores de ciclo diesel, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real,1992.
12. **PLASTECNO** – produtos , celeron – disponível em:
[http://www.plastecno.com.br/produtos.php?categoria=12&nome=celeron-\(-chapa---tarugo---tubo-\)](http://www.plastecno.com.br/produtos.php?categoria=12&nome=celeron-(-chapa---tarugo---tubo-)) - Acessado dia 28/05/15
13. **PUGLIESI, MARCIO.** Manual Completo do Automóvel, Hemus, 1976
14. **SHERIF, S. GINDY,**Force and Torque Measurement, ATecnology Overview Parte IITorque. Volume 9, Experimental Techniques, 1985.
15. **VARELA. ALVES. CARLOS,** Sistemas auxiliares dos motores de combustão, UFRRJ, 2012

ANEXO I – Desenho técnico Bancada de inclinação

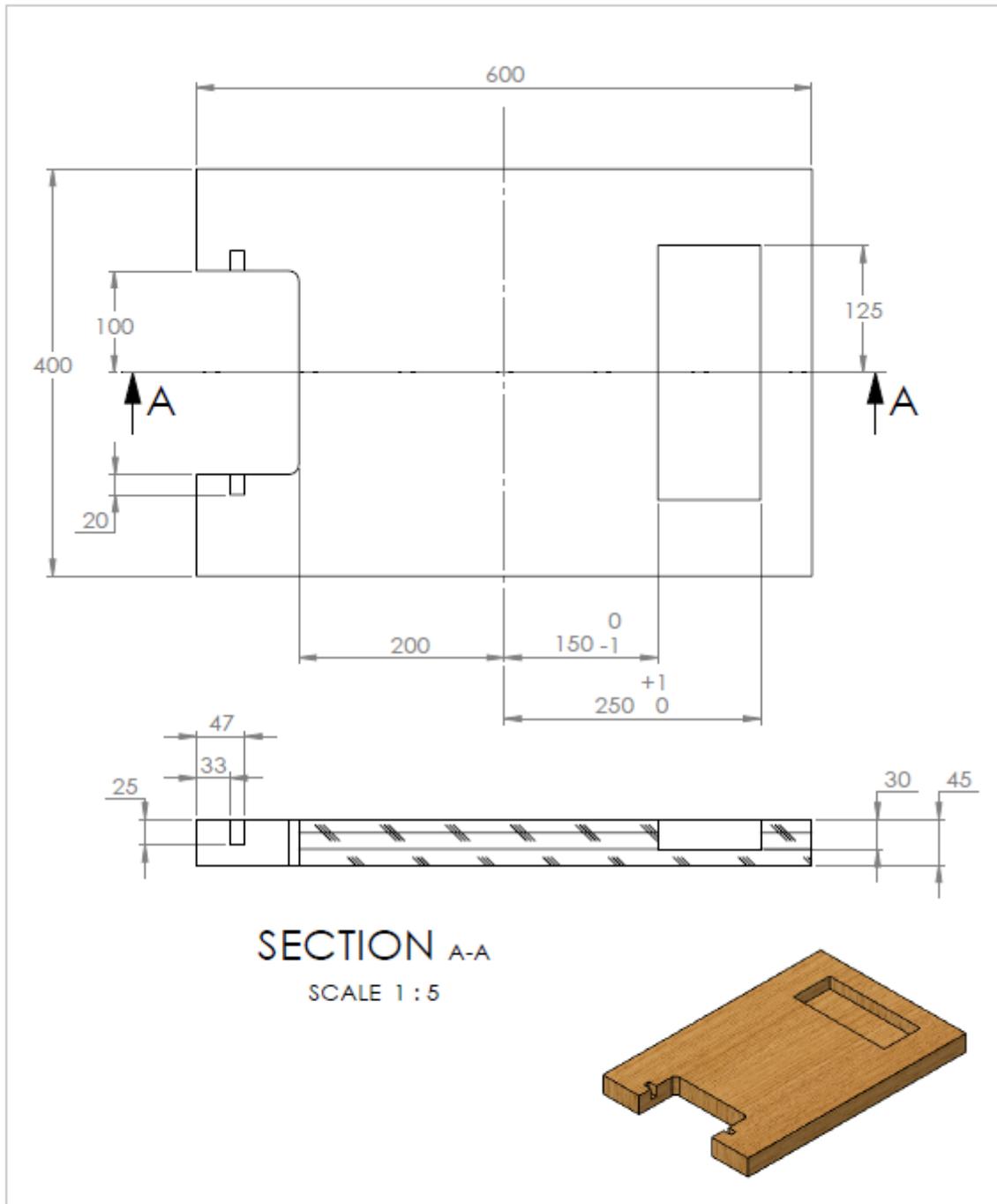




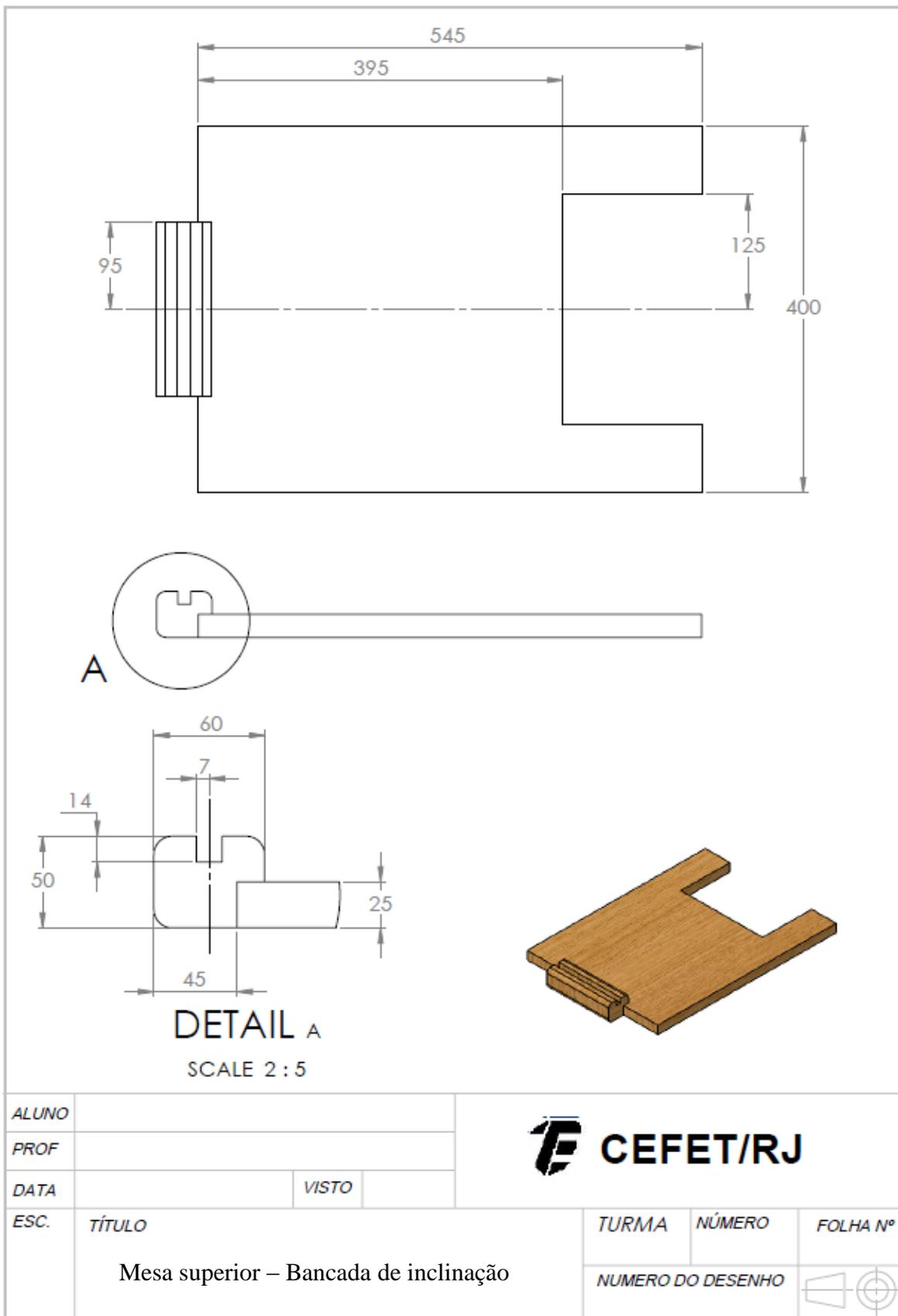
ALUNO				 CEFET/RJ		
PROF						
DATA		VISTO				
ESC.	TÍTULO			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Barra 1/2" Material: SAE 1045			NUMERO DO DESENHO		

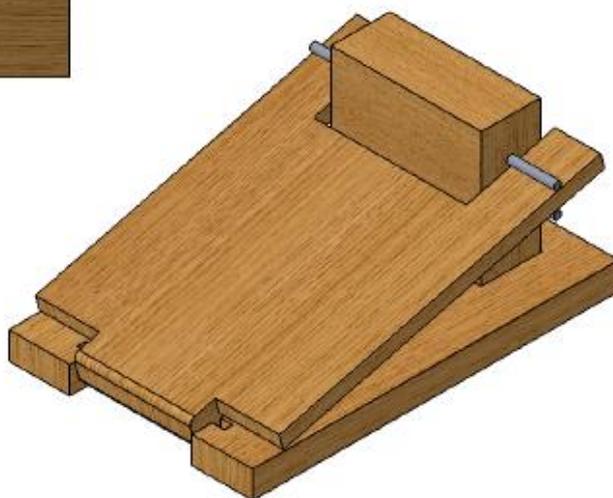
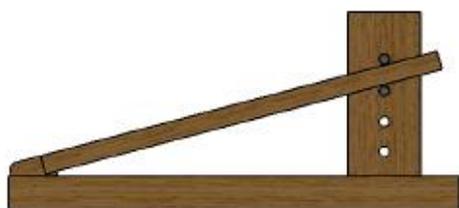


ALUNO				 CEFET/RJ
PROF				
DATA	VISTO			
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Gabarito para Angulação do Motor	NUMERO DO DESENHO		



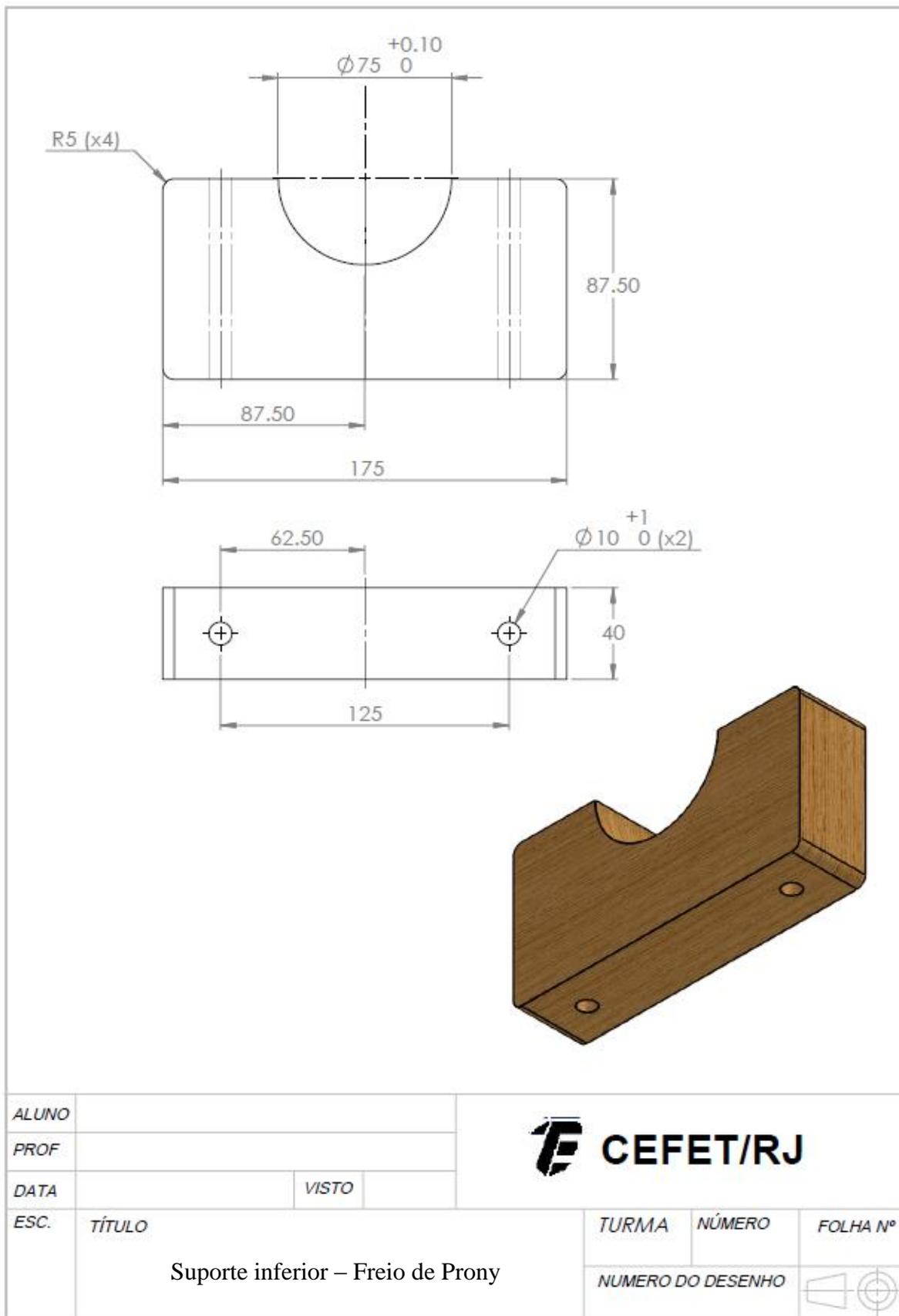
ALUNO				 CEFET/RJ
PROF				
DATA	VISTO			
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Mesa inferior – Bancada de inclinação	NÚMERO DO DESENHO		

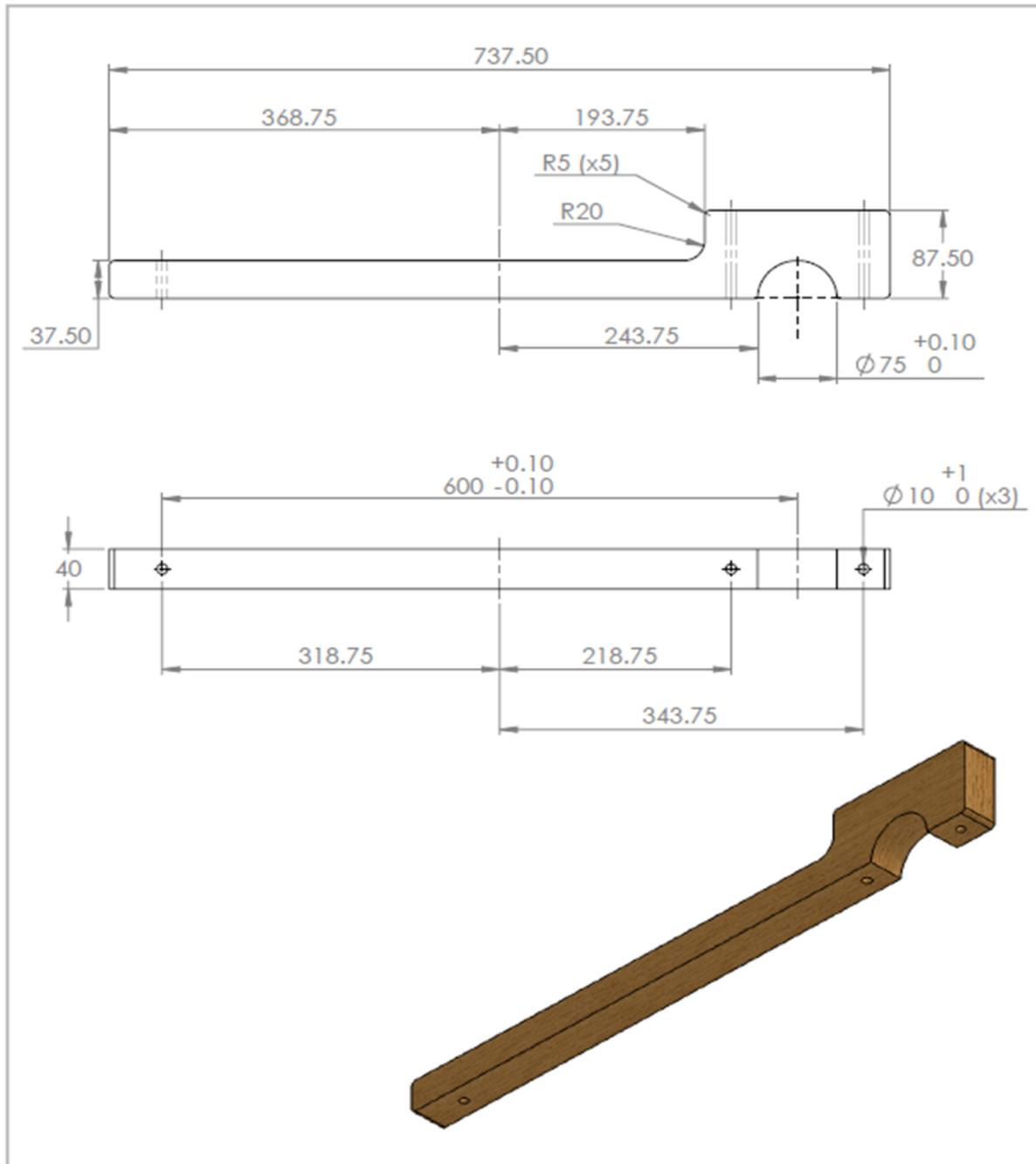




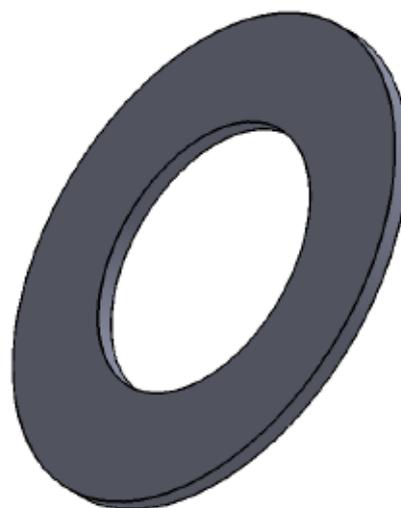
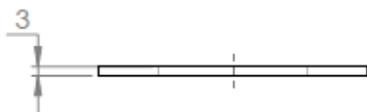
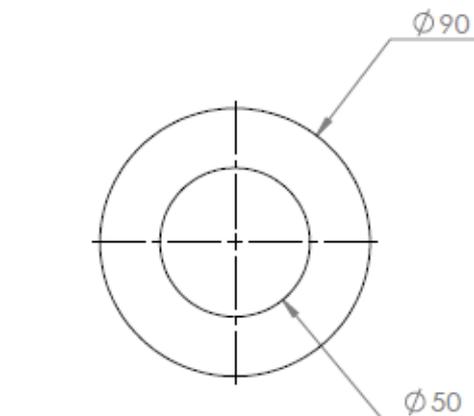
ALUNO						
PROF						
DATA		VISTO				
ESC.	TÍTULO			TURMA	NÚMERO	FOLHA N°
	Bancada de inclinação			NUMERO DO DESENHO		

ANEXO II – Desenho técnico Freio de Prony

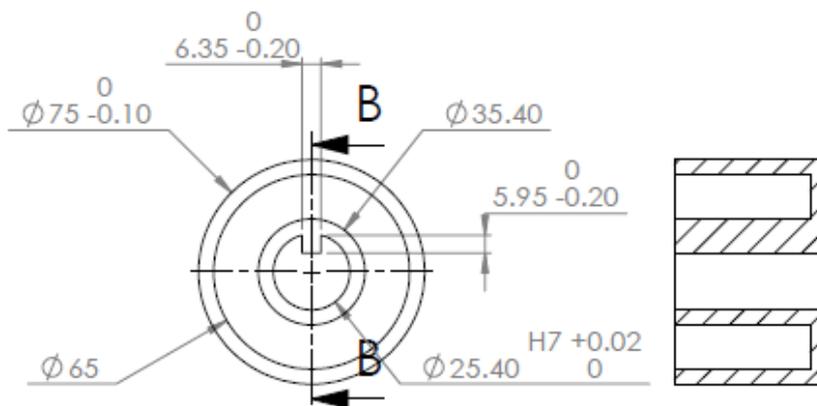




ALUNO				 CEFET/RJ
PROF				
DATA		VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Braço superior – Freio de Prony	NUMERO DO DESENHO		

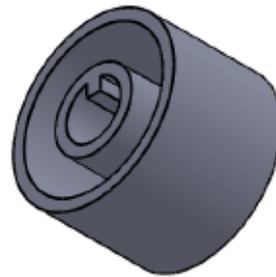


ALUNO				 CEFET/RJ
PROF				
DATA		VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Tambor – Freio de Prony			
		NUMERO DO DESENHO		

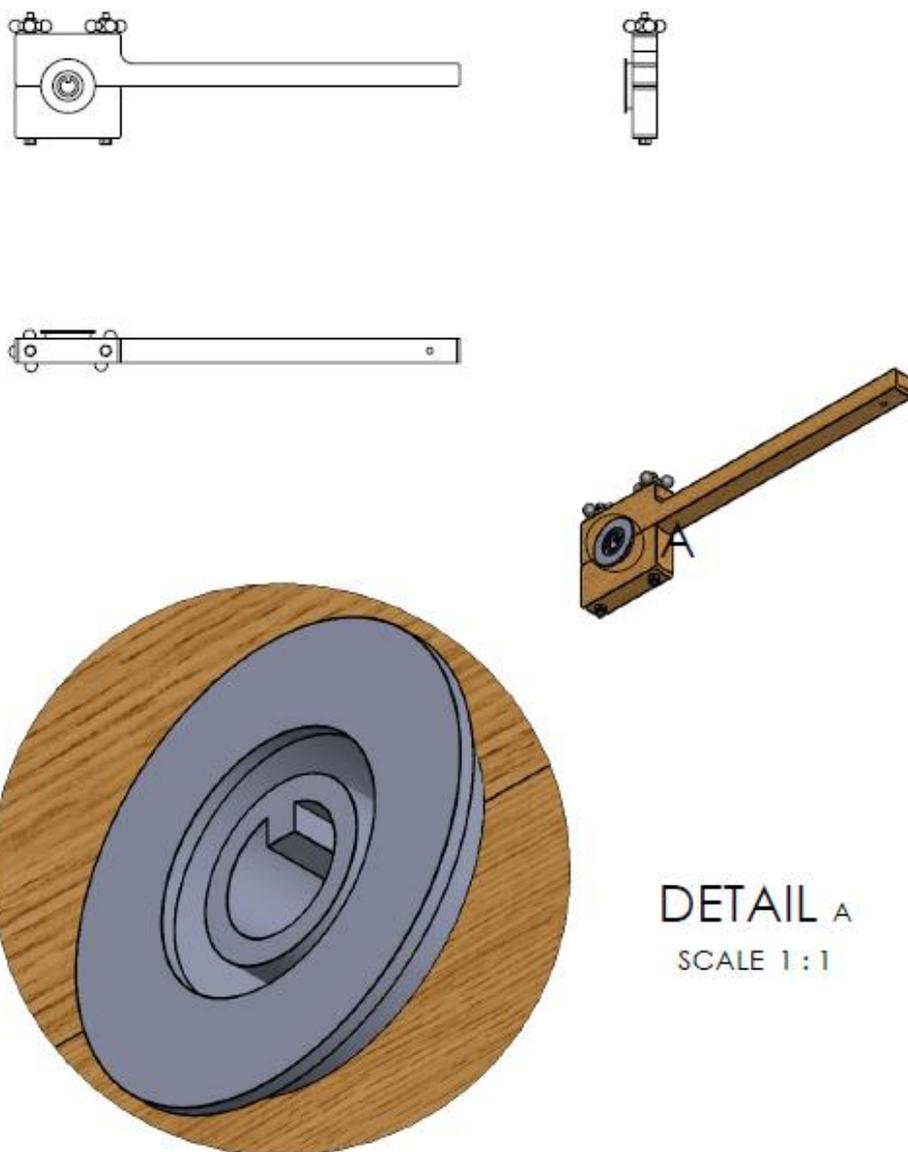


SECTION B-B

SCALE 1 : 2



ALUNO				 CEFET/RJ		
PROF						
DATA		VISTO				
ESC.	TÍTULO			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Tambor – Freio de Prony			NUMERO DO DESENHO		



DETAIL A
SCALE 1 : 1

ALUNO				 CEFET/RJ		
PROF						
DATA		VISTO				
ESC.	TÍTULO			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Freio de Prony			NUMERO DO DESENHO		