

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUDRIELLI DA SILVA ALEIXO

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE ENSAIO DE DESGASTE
ABRASIVO: MODELO RODA DE BORRACHA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

Cornélio Procópio

2015

LUDRIELLI DA SILVA ALEIXO

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE ENSAIO DE DESGASTE
ABRASIVO: MODELO RODA DE BORRACHA**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Coordenação de Engenharia Mecânica (COEME), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Orientadora: Prof^a Dr^a Janaína de Souza Fracaro Gonçalves.

Cornélio Procópio

2015

DEDICATÓRIA

À Deus, minha família,
amigos, professores e a
meu noivo pelo incentivo e
apoio.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus nosso criador, responsável por minha vida e capacidade.

A minha orientadora Prof^a Dr^a Janaína de Souza Fracaro Gonçalves, por me ceder seus conhecimentos, tempo e me ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

A minha família, em especial minha mãe Lurdes que me ensinou o valor dos estudos através de sua busca implacável de se formar e especializar, meu pai José que mesmo não estando presente me apoiava e se orgulhava de cada conquista que eu obtinha, minha irmã Ludmilla que sempre esteve ao meu lado e também me espelho pelo seu esforço, minha sobrinha Lisys que apesar de pequena me incentiva de sua maneira doce e inocente.

Ao meu noivo Luan por entender minha falta de tempo e paciência e mesmo assim sempre esteve ao meu lado me apoiando e tranquilizando.

Ao meu colega José Lucas de Andrade Gomes e ao técnico de laboratório Wanderlei Malaquias que me auxiliaram durante a construção da máquina, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus amigos de anos e os que conheci durante a graduação pela força e apoio.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Cornélio Procópio por disponibilizar os laboratórios da Engenharia Mecânica.

ALEIXO, Ludrielli da Silva. **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE ENSAIO DE DESGASTE ABRASIVO: MODELO RODA DE BORRACHA.** Cornélio Procópio. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

RESUMO

A tribologia se faz necessária para estudar o desgaste dos materiais e seu comportamento diante deste, e alguns meios são usados para analisar e encontrar soluções para esses problemas, um desses meios é o abrasômetro, uma máquina de ensaio de desgaste abrasivo a qual será abordada neste trabalho. Nesta conclusão de curso se encontra a descrição da construção de um abrasômetro tipo roda-de-borracha de acordo com a norma da ASTM G-65, onde está o dimensionamento de todas as peças modeladas no software *SolidWorks*, usinadas e montadas na oficina desta instituição. É um equipamento que será colaborar com alguns temas de trabalhos de pós-graduação na área de materiais. O funcionamento da máquina se dá com uma força tangencial aplicada no corpo de prova e a rotação necessária para que a roda de borracha gire, o abrasivo que caí com a força peso, desgasta o metal. O desafio deste trabalho foi fazer uma estruturação em um tribometro roda de borracha com base na norma, mas acrescentando melhorias ao projeto do equipamento, adaptando-o as necessidades do grupo e facilitando o manuseio do mesmo. Neste trabalho realizou-se o projeto e a manufatura do tribometro roda de borracha, a etapa de validação do equipamento será apresentado em outro trabalho. Para esta validação são necessários uma batelada de experimentos de modo a comprovar a capacidade de repetibilidade dos resultados. Os resultados obtidos foram satisfatórios, a norma da ASTM G-65 foi atendida e todas as peças se encontram nas especificações, a máquina foi construída conforme a modelagem em CAD e se encaixaram na montagem final sem problemas.

Palavras chave: roda-de-borracha, desgaste abrasivo, ASTM G-65, desenvolvimento de projeto.

ALEIXO, Ludrielli da Silva. **DESIGN AND CONSTRUCTION OF A EQUIPMENT ABRASIVE WEAR TRIBOMETER TEST: MODEL RUBBER WHEEL.** Cornélio Procópio. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

ABSTRACT

The tribology is necessary to study the wear of materials and their behavior in front of this, some means are used to analyze and find solutions to these problems, one of these means is the abrasômetro an abrasive wear testing machine which we will be cover in this work. In this final work we can find the construction description of a abrasômetro type wheel-of-rubber according to standard ASTM G-65, whic one have the design and sizes of all parts modeled in SolidWorks software, machined and assembled in the workshop of this institution . This machine is necessary to provide infrastructure in tribology laboratory as well as a support to the experiments involving the study of materials wear. The machine operation works with a tangential force applied in the specimen and the rotation necessary for the rubber wheel spins, the abrasive that fell with the force weight, wearing the metal. The challenge of this work was to make a structure of a tribometer rubber wheel based on the standard; adding improvements to the equipment design, adapting it to the group's needs and facilitating the handling of it. In this work was made the design and manufacture of tribometer rubber wheel, the equipment validation step will be presented in another paper. For this validation are needed a boatload of experiments in order to prove the repeatability ability of the results. The results were satisfactory, the standard ASTM G-65 has been met and all the pieces are in the specifications, the machine was built as modeling in CAD and embedded in final assembly without problems.

Keywords: wheel-to-rubber, abrasive wear, ASTM G-65, project development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Fluxograma de Etapas.....	14
Figura 02- Esquema de abrasômetro roda-de-borracha.....	16
Figura 03- Esquema dos quatro modos de desgaste.....	18
Figura 04 – Fundamentação do (a) desgaste abrasivo por riscamento e (b) desgaste abrasivo por rolamento.....	19
Figura 05- Representação esquemática de um britador de mandíbulas para ensaio de abrasão por goivagem.....	20
Figura 06- Equipamento de ensaio de desgaste por impacto e abrasão.....	21
Figura 07- - Representação esquemática de uma máquina de ensaio de pino sobre disco.....	21
Figura 08- Equipamento de desgaste por abrasão em ambientes secos ou em condições molhadas.....	22
Figura 09- Esquema simplificado do equipamento para ensaio de desgaste abrasivo a baixa tensão, recomendado pela ASTM G 65.....	23
Figura 10- Primeira roda de borracha dimensionada no <i>SolidWorks</i>	25
Figura 11- Braço dimensionada no <i>SolidWorks</i>	26
Figura 12- Primeira estrutura dimensionada no <i>SolidWorks</i>	27
Figura 13- Disco de aço fabricado na oficina.....	36
Figura 14- Desenho esquemático do bico.....	37
Figura 15- Motor.....	38
Figura 16- Inversor de Frequência da SIEMENS	38
Figura 17- Ligação do inversor de frequência	39
Figura 18- Suporte de corpo de prova aberto fabricado na oficina.....	40
Figura 19- Suporte de corpo de prova fechado fabricado na oficina.....	40
Figura 20- Funil de armazenamento do abrasivo em fabricação.....	41
Figura 21- Funil de armazenamento do abrasivo.....	42
Figura 22- Estrutura metálica fabricado na oficina (frente).....	43
Figura 23- Estrutura metálica fabricado na oficina (lado).....	43
Figura 24- Alavanca ou Braço.....	44
Figura 25- Tamanho da Correia.....	45
Figura 26- Abrasômetro tipo roda de borracha fabricado na UTFPR-CP.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Processos de fabricação de um disco de aço.....	29
Tabela 02- Processos de fabricação de um bico de fluxo do abrasivo.....	30
Tabela 03- Processos de fabricação de um suporte de corpo de prova.....	31
Tabela 04- Processos de fabricação de uma estrutura metálica.....	32
Tabela 05- Processos de fabricação de uma alavanca ou braço.....	33
Tabela 06- Processos de fabricação de um reservatório de abrasivo.....	34
Tabela 07- Economia de material.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
CAD	Computer Aided Design
DFM	Design For Manufacturability
DFA	Design For Assembly
TIG	Tungsten Inert Gas
MAG	Metal Active Gás

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVO.....	14
1.1.2 Objetivos Especificos.....	14
1.1.3 Objetivos Secundários.....	14
1.2 JUSTIFICATIVAS.....	14
1.3 ABRASÔMETRO TIPO RODA-DE-BORRACHA.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 DESIGN FOR MANUFACTURABILITY (DFM).....	24
3 O PROJETO.....	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1 DESIGN FOR MANUFACTURABILITY (DFM).....	28
4.2 RODA DE BORRACHA.....	35
4.3 BICO DE FLUXO DE ABRASIVO.....	36
4.4 MOTOR E INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	37
4.5 SUPORTE DE CORPO DE PROVA.....	39
4.6 FUNIL DE ARMAZENAMENTO DO ABRASIVO.....	41
4.7 ESTRUTURA.....	42
4.8 ALAVANCA OU BRAÇO.....	44
4.9 ROLAMENTOS E MANCAIS.....	44
4.10 POLIAS E CORREIA.....	45
4.11 MANTAGEM FINAL.....	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE A – Folhas de Processo.....	50

1 INTRODUÇÃO

A Tribologia é definida como “A ciência e a tecnologia da interação entre superfícies com movimento relativo e dos assuntos e práticas relacionadas”. A necessidade do envolvimento com problemas tribológicos de atrito e desgaste é perfeitamente justificável pois esses fenômenos afetam quase todos os aspectos da vida. Não estão restritos as máquina e a seus mancais. A ação de juntas animais é uma situação tribológica e a cura de doenças como a artrite é devida, em grande parte, ao conhecimento dos tribologistas. (LEAL; STOETERAU, 2004. p.8)

A importância de estudar a tribologia é decorrente do dia a dia, não está focada apenas em máquinas e processos mecânicos, o simples fato de se escovar os dentes, entre várias outras coisas. Apesar do atrito e o desgaste serem considerados desvantajosos na maioria das vezes, não pode-se confundir-los como iguais, e cada um tem sua funcionalidade, em alguns casos pode-se usá-los a favor da situação, como nos ensaios de desgaste onde precisa-se que a peça sofra a redução de massa, como é o caso deste trabalho de conclusão de curso onde irá usar um tribômetro do tipo roda-de-borracha.

O tribômetro é um equipamento versátil para medição de propriedades de atrito e desgaste de combinações de materiais e lubrificantes sob condições específicas de carga, velocidade, temperatura e atmosfera. A caracterização tribológica envolve estudos sobre as reais condições de uso do material assim como os estudos sobre o coeficiente de atrito, taxa de desgaste e durabilidade do filme. Estes estudos podem ser aplicados em diversas áreas tais como automotiva, aeroespacial, eletrônica, biomédica e ótica. (BONETTI et al., 2007, p.4)

O intuito deste trabalho é o dimensionamento e construção do abrasômetro para desenvolver estudos e futuros trabalhos na instituição da UTFPR, encontra-se na fig. 1 um fluxograma com as etapas que se encaminham do início ao fim.

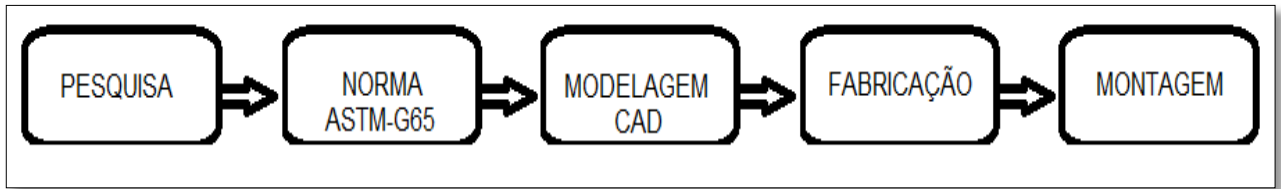


Figura 1 – Fluxograma de Etapas.
Fonte: Autoria Própria

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 Objetivo Especifico

- Projetar e manufaturar um tribometro roda de borracha;
- Utilizar ferramentas de projeto como *software Computer Aided Design (CAD)* e *Design For Manufacturability and Assembly (DFMA)*.

1.1.3 Objetivo Secundário

- Apresentar *benchmarking* sobre o projeto de tribomêtros;
- Fazer a montagem da parte elétrica do equipamento projetado.

1.2 JUSTIFICATIVAS

As justificativas deste trabalho são:

- fazer a correlação do conteúdo teórico estudado durante a graduação com aplicações práticas de engenharia;
- Aplicar os conhecimentos das ferramentas de projeto, manufatura e gestão;

- Preparar um protótipo que servirá de bancada de experimentos para vários temas de trabalhos de pós-graduação do programa de mestrado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Cornélio.

1.3 ABRASÔMETRO TIPO RODA-DE-BORRACHA

O abrasômetro tipo roda-de-borracha é uma das máquinas que faz ensaios de desgaste em laboratório. Este equipamento foi apresentado pela primeira vez por Haworth em 1948. Roda-de-borracha é um ensaio que abrange procedimentos de laboratório para determinar a resistência dos materiais metálicos pela a abrasão por meio do teste de atrito. A intenção deste método experimental é produzir dados que irão classificar os materiais em sua resistência a abrasão sob um determinado conjunto de condições específicas. (ASTM G65-04, 2010)

A fig. 2 mostra um esquema de funcionamento da máquina, o abrasivo (granulação do grão de tamanho e composição controlada) que desce através do funil com fluxo controlado e é introduzido entre o corpo de prova e a roda-de-borracha. O corpo de prova sofre uma força tangencial do braço de alavanca com a força peso da massa que se encontra na extremidade do mesmo, enquanto o disco que é revestido por uma borracha de clorobutil ou material que consista de mesmas especificações e sua rotação é tal que sua face de contato se move na direção do fluxo do abrasivo. As amostras são pesadas antes e depois do teste e a perda de massa registrada, é necessário converter a perda de massa à perda de volume em milímetros cúbicos, devido às grandes diferenças na densidade dos materiais.

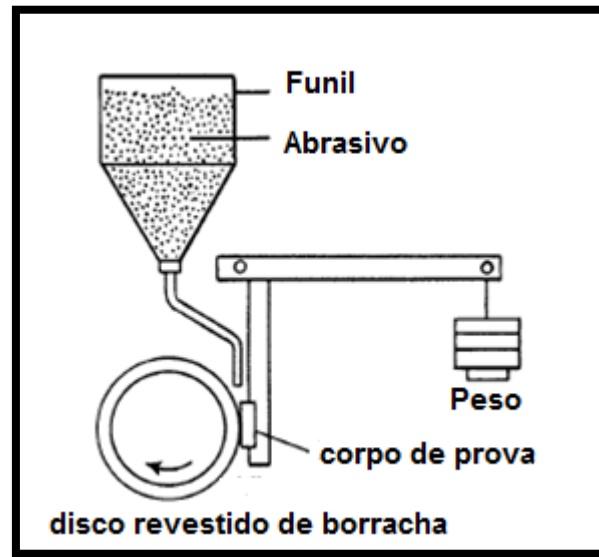


Figura 2 – Esquema de abrasômetro roda-de-borracha
Fonte: Norma ASTM G65-04, 2010, p.2.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a construção deste trabalho foi de suma importância entender os conceitos básicos relacionados a tribologia, a qual é responsável pelos estudos gerados pelo abrasômetro e outros tribômetros utilizados nas pesquisas da área.

A tribologia reúne os conhecimentos adquiridos na física, na química, na mecânica e na ciência dos materiais para explicar e prever o comportamento de sistemas físicos que são utilizados em sistemas mecânicos. O que unifica a tribologia não são os conhecimentos básicos, mas sim a área de aplicação. Assim como os campos do conhecimento que formam a tribologia existiam antes dela, os estudos dos fenômenos de lubrificação, atrito e desgaste antecedem muito a 1966 (SINATORA, 2005).

A tribologia apresenta diferentes interesses nas diversas áreas do conhecimento tecnológico como:

- A ciência dos materiais, com o desenvolvimento de materiais tribológicos especiais;
- A química, com o estudo de lubrificantes, aditivos e problemas de camada limite;
- A física, com estudos de novos materiais e processos de revestimentos, e análise do atrito no nível atômico / quântico;
- Na fabricação, com pesquisas na qualidade de superficial proveniente dos processos de usinagem e conformação mecânica;
- Na metrologia, com a qualificação de acabamentos de superfícies e a automação de sistemas;
- No projeto montagem de equipamentos, como eixos e mancais, disco de freio;
- Na automação, com o estudo da influência do atrito em sistemas de controle; entre outras. (LEAL; STOETERAU, 2004. p.12)

A resistência ao desgaste é considerada como parte de um sistema tribológico sendo muitos os parâmetros que influenciam na taxa de desgaste, incluindo as características de projeto, condições de operação, tipos do abrasivo e propriedades do material. (ALTERA, 2009.p.20)

Um dos principais focos de estudo da tribologia é o desgaste. Tradicionalmente são aceitos quatro modos de desgaste que estão representados na fig. 3.

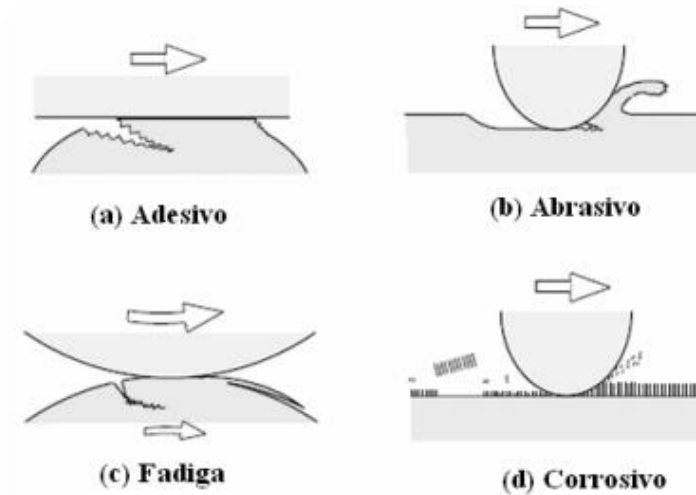


Figura 3 – Esquema dos quatro modos de desgaste
 Fonte: BONETTI et al., 2007, p.3.

O desgaste adesivo ocorre quando a ligação adesiva entre as superfícies é suficientemente forte para resistir ao deslizamento. Como resultado dessa adesão, uma deformação plástica é causada na região de contato gerando uma trinca que pode se propagar levando à geração de um terceiro corpo e a uma transferência completa de material. No desgaste abrasivo ocorre remoção de material da superfície. Esse desgaste ocorre em função do formato e da dureza dos dois materiais em contato. Quando o desgaste é ocasionado pelo alto número de repetições do movimento ele é chamado de desgaste por fadiga. Finalmente, o desgaste corrosivo ocorre em meios corrosivos, líquidos ou gasosos. Neste tipo de desgaste são formados produtos de reação devido às interações químicas e eletroquímicas. Essas reações são conhecidas como reações triboquímicas e produzem uma intercamada na superfície que depois é removida. (BONETTI et al., 2007.p.3)

De acordo com SINATORA e VILLABÓN (2006), o desgaste abrasivo é um tema muito preocupante nas indústrias, um dos maiores causadores de paradas e metálicas normalmente ocorrem devido a contaminação nos mecanismos de desgaste da superfície que podem estar ligados a outros fenômenos de degradação como o impacto, corrosão, fluência ou fadiga. O desgaste pode ter três classificações:

- Aparência dos vestígios e danos: sulcamentos, cavacos, lascamentos, riscamentos, polimentos, fissuramentos e trincas.
- Mecanismos fisico-químicos que causa a perda ou uma combinação delas: Abrasão, adesão, fadiga e reação.
- As condições onde o desgaste ocorreu: lubrificação ou não, contato metal-metal, rolamento, deslizamento em alta tensão, metal em altas temperaturas.

Segundo SUZUKI existem dois tipos de desgaste abrasivos, por rolamento e riscamento, conforme a fig. 4 (a) no desgaste abrasivo por riscamento as partículas estão aderidas em uma superfície realizando movimento de translação, já na fig. 4 (b) desgaste abrasivo por rolamento as partículas estão livres e podem deslizar livremente.

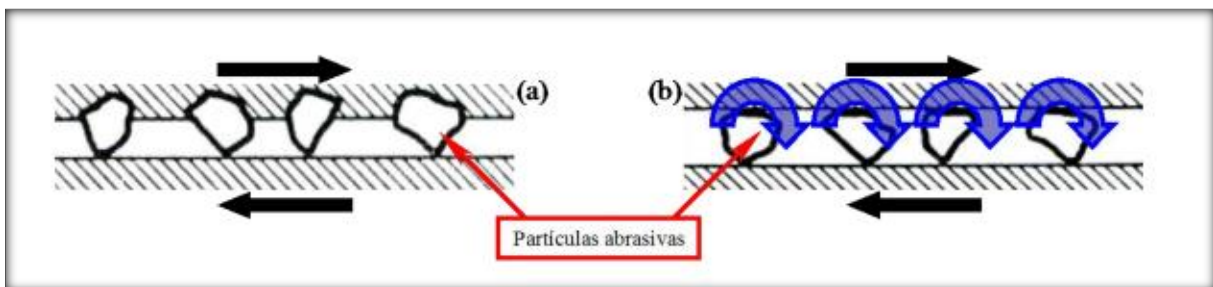


Figura 4 – Fundamentação do (a) desgaste abrasivo por riscamento e (b) desgaste abrasivo por rolamento.

Fonte: SUZUKI, p.5.

Existe uma grande dificuldade na comparação dos resultados experimentais obtidos em trabalhos de pesquisa de resistência ao desgaste, devido à variação dos métodos de ensaio e difícil controle de certas variáveis do ensaio. Considerando-se especificamente o desgaste abrasivo, a complexidade do fenômeno ainda não viabilizou a determinação de um único ensaio universal. (RIBEIRO, 2004)

Segundo RIBEIRO (2004), cita algumas formas de ensaios abrasivos como: ensaio por goivagem, ensaio de abrasão e impacto, ensaio de abrasão a alta tensão, ensaio de abrasão a baixa tensão, ensaio de abrasão de aço moderado em condições molhadas e secas com equipamento de abrasão com roda de borracha e roda de aço e ensaio de abrasão a baixa tensão com equipamento ASTM G-65, com roda de borracha e areia seca, que serão descritos abaixo:

- Ensaio por Goivagem: é a maneira mais difícil de se analisar. O equipamento usado para fazer essa medição é o britador de mandíbulas, uma mandíbula fica como padrão e a outra é comparada com a perda de peso da ensaiada de acordo com a fig. 5. (RIBEIRO, 2004)

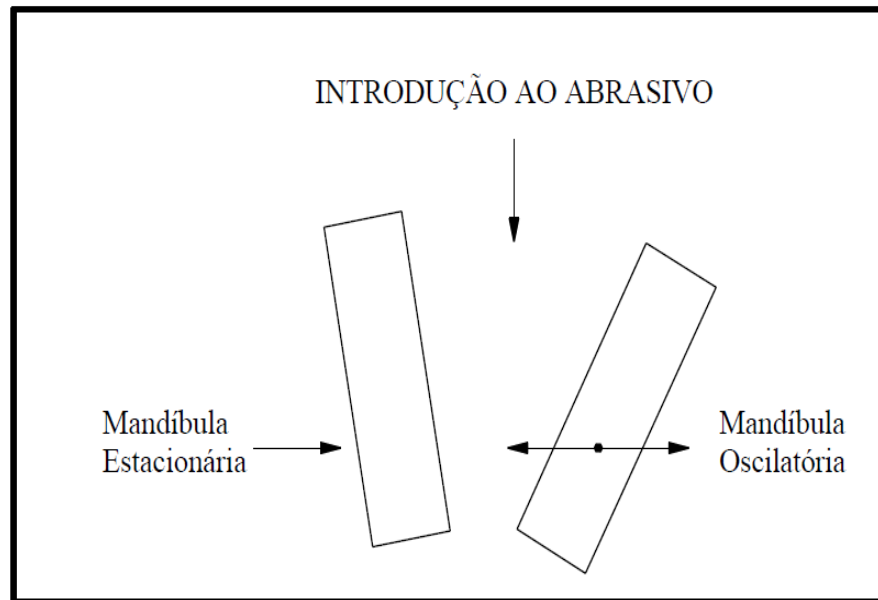


Figura 5- Representação esquemática de um britador de mandíbulas para ensaio de abrasão por goivagem.
 Fonte: RIBEIRO, 2004.p.14.

- Ensaio de Abrasão e Impacto: fixa o corpo de prova na mesa de trabalho que fica presa a quatro pilares através de guias deslizantes. Para ensaios de impacto a mesa se move verticalmente nos portes da guia, através de cames, forçando o corpo de prova contra o dispositivo abrasivo, que está preso acima do corpo de prova. Para ensaios de abrasão, ocorre movimentos no plano horizontal, onde o dispositivo abrasivo é movimentado horizontalmente sobre a amostra por meio de um ajustador que fica ao centro. Ambos, tanto a abrasão quanto as condições de impacto são dirigidas pelo mesmo motor. A habilidade de combinar ensaios de desgaste ao mesmo tempo nas mesmas amostras e com o mesmo tipo de ensaio, representa uma melhoria nas normas de ensaios de desgaste, disponíveis de acordo com a Figura 06. (RIBEIRO, 2004)

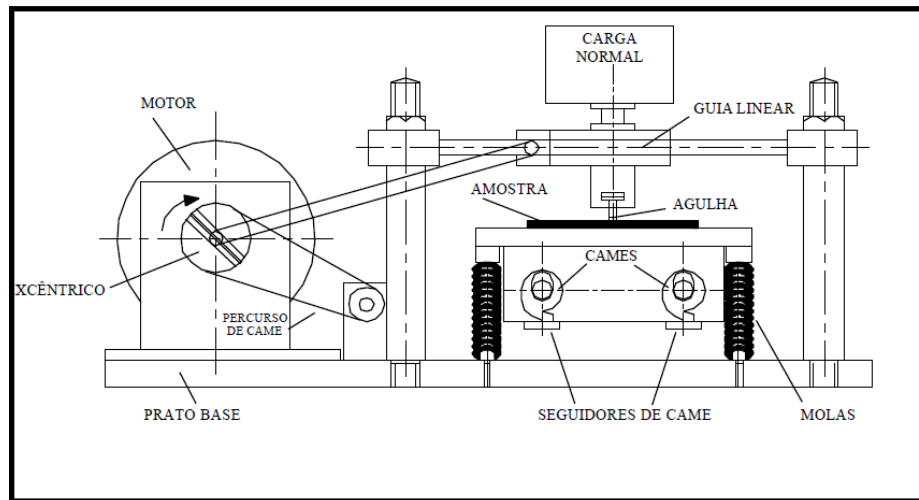


Figura 6 - Equipamento de ensaio de desgaste por impacto e abrasão.
Fonte: RIBEIRO, 2004.p.16.

- Ensaio de Abrasão e alta tensão: O equipamento mais usado é o de pino sobre disco representado na fig. 7, o pino é produzido da liga a ser ensaiada e risca uma roda abrasiva. A carga aplicada ao pino determina o grau de abrasão a altas tensões. Outros abrasivos livres podem ser adicionados ao sistema, ou podem ser gerados durante o ensaio, causando abrasão a três corpos. Um material de referência é utilizado para avaliar a taxa de abrasão a altas tensões. (RIBEIRO, 2004)

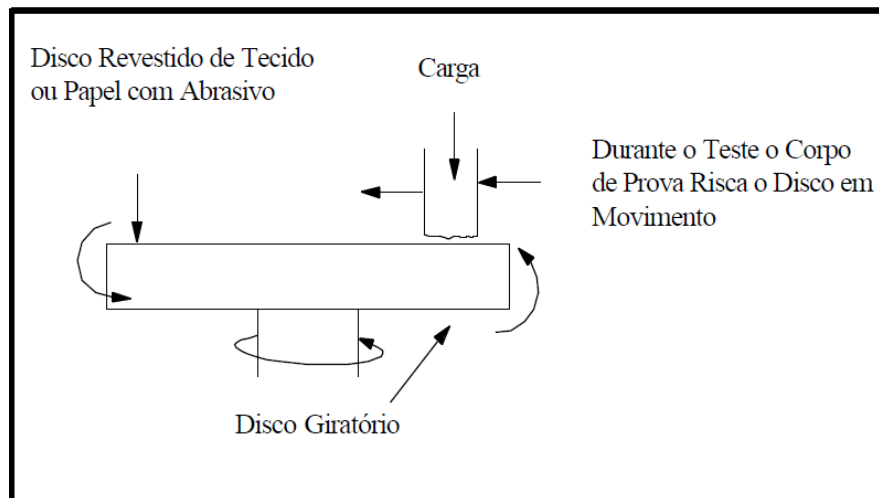


Figura 7 - Representação esquemática de uma máquina de ensaio de pino sobre disco.
Fonte: RIBEIRO, 2004.p.16.

- *Ensaio de abrasão a Baixa Tensão:* O equipamento mais comum usado para abrasão a três corpos (corpo de prova, roda giratória e partículas abrasivas), tem seus princípios baseados na norma da ASTM G-65 (ensaio de abrasão por roda de borracha e areia seca), pela norma G-105 (ensaio de abrasão por roda de borracha e areia molhada) e pela norma B-611 (ensaio de abrasão por roda de aço e areia molhada, especificamente para carbonetos cementados). Todos os tipos de ensaios abrasivos vieram da ideia da máquina de ensaio abrasivo de Brinell, que usou um disco giratório de ferro fundido e areia seca como abrasivo para desgastar os corpos de prova. (RIBEIRO, 2004)
- Ensaio de abrasão de aço moderado em condições molhadas e secas com equipamento de abrasão com roda de borracha e roda de aço, analisado na fig. 8. Este ensaio foi verificado com um aparato de roda giratória de borracha ou de aço, tendo como material abrasivo, grãos de alumina angulares, e grãos de sílica arredondados em ambientes secos ou em condições molhadas. (RIBEIRO, 2004)

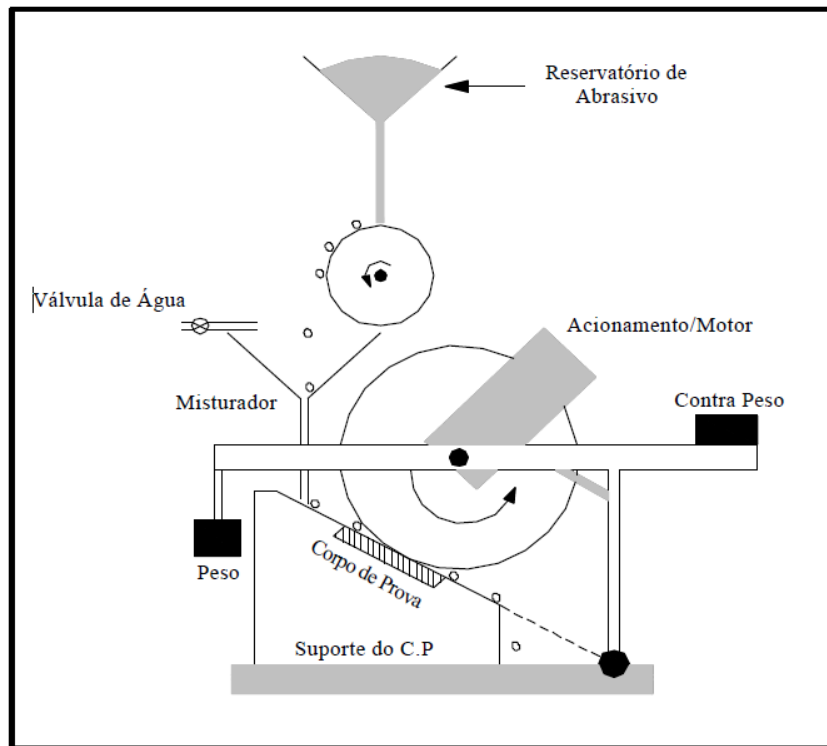


Figura 8 - Equipamento de desgaste por abrasão em ambientes secos ou em condições molhadas.
Fonte: RIBEIRO, 2004. p.19.

- Ensaio de Abrasão a Baixa Tensão com equipamento ASTM G-65, com roda de borracha e areia seca: O princípio de funcionamento deste equipamento pode ser analisado na fig. 9, consiste em um corpo de prova padronizado que é desgastado com areia de tamanho de grão e composição controladas. O abrasivo é introduzido entre o corpo de prova e um disco de borracha de dureza especificada. Neste ensaio o corpo de prova é pressionado contra a roda de borracha que está girando, por meio de um braço de alavanca com peso especificado. (RIBEIRO, 2004)

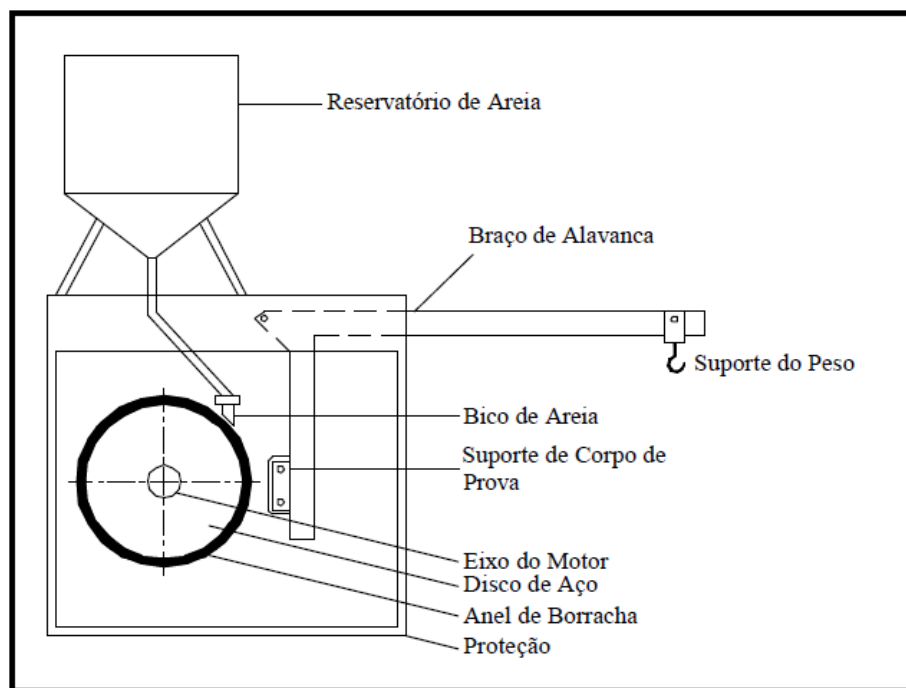


Figura 9 - Esquema simplificado do equipamento para ensaio de desgaste abrasivo a baixa tensão, recomendado pela ASTM G 65.
Fonte: RIBEIRO, 2004. p.21.

Estes processos também são utilizados em outras áreas para solucionar alguns problemas de desgaste, assim como na odontologia para melhorar a durabilidade de próteses em vários materiais.

Vários fatores tornam o desgaste de biomateriais único. O processo de desgaste pode produzir mudanças no formato, que podem afetar a função. Por exemplo, o desgaste na cavidade oral é caracterizado pela perda da forma anatômica normal de um material ou do dente. O desgaste de uma estrutura dentária e de materiais restauradores pode ser resultado de condições mecânicas, fisiológicas ou patológicas. (DOLAVALE, 2007, p.13)

Nas usinas se vê a necessidade desses estudos tribológicos, de acordo com LIMA e FERRARESI (2006) durante o processo de carregamento da cana-de-açúcar alguns elementos como pedras, areia, entre outros, é moído junto com o bagaço de cana ocasionando o desgaste acentuado das ferramentas, assim sendo necessária as paradas da máquina para troca/manutenção de ferramentas de modo a evitar a redução da eficiência na retirada da sacarose.

Segundo MURTELLE (2006) a sinterização de ligas a base de ferro e cobre na fabricação de elementos como buchas e engrenagens sofrem desgastes, neste caso nota-se a importância de lubrificantes, nos casos sem o uso de lubrificantes não conseguiram encontrar correlações entre os resultados devido ao severo grau de atrito e desgaste.

Assim pode-se observar que a tribologia está presente em muitos lugares podendo colaborar para solucionar vários problemas e garantir uma vida útil maior dos produtos e equipamentos mecânicas.

2.1 PROJETO PARA MANUFATURA E MONTAGEM (DFMA)

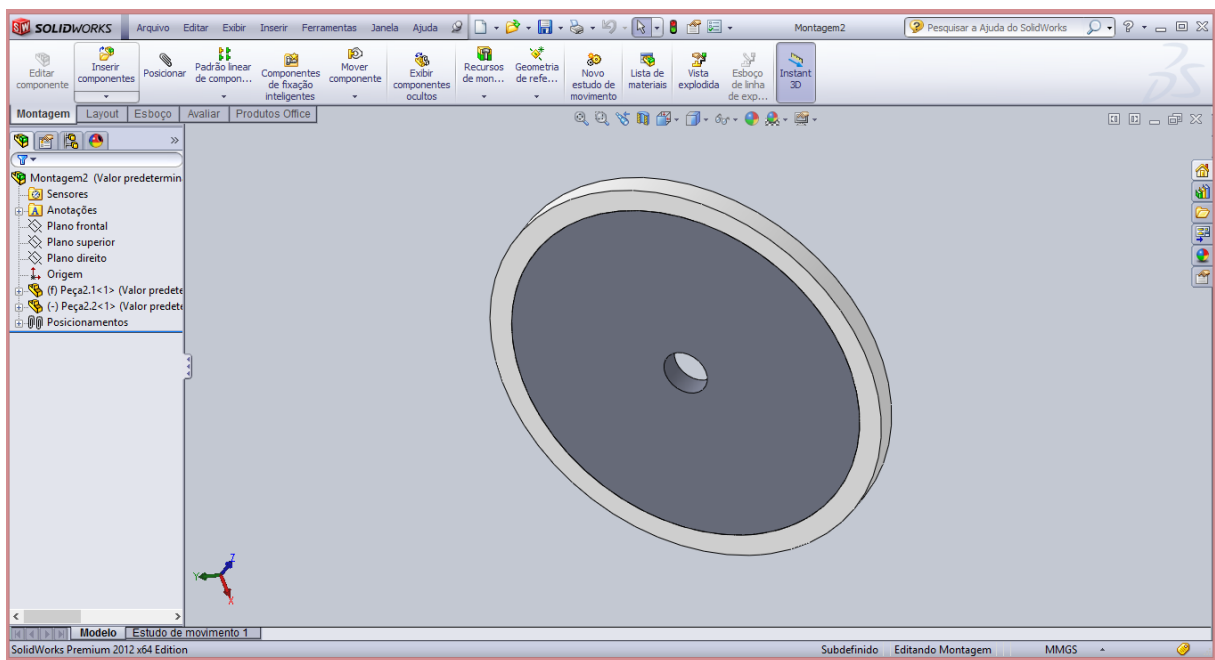
Segundo BARBOSA (2007) a função do projeto para manufatura (DFM) é desenvolver um produto que seja funcional e que tenha uma fácil manufatura com o intuito de reduzir custos e tempo. Esta técnica é responsável por guiar o projetista para obter o melhor produto ao ponto de vista da fabricação.

Para BARBOSA (2007) o projeto para montagem (DFA) tem o objetivo de racionalizar todo o processo para que reduza o número de peças e facilite a montagem, assim analisando separadamente os quesitos de produção de cada peça para que no final se obtenha um produto simples e funcional.

3. O PROJETO

Primeiramente foram desenvolvidas as peças no software do *SolidWorks*, usando a norma ASTM G65, e depois na oficina foram produzidas. De acordo com o desenvolver da produção da máquina algumas mudanças foram realizadas.

O desenho original da roda de borracha não havia o rebaixo como vemos na fig. 10, porém, para que a estrutura ficasse mais leve realizou a operação já que não irá influencia no ensaio assim mostrada na fig. 13.



**Figura 10- Primeira roda de borracha dimensionada no *SolidWorks*.
Fonte: Autoria própria.**

O braço ao qual vai o corpo de prova teve algumas modificações para melhor se adaptar na máquina, a fig. 11 mostra que a peça é muito parecida com a da norma, porém para melhorar o projeto o braço ficou com um aspecto diferente que não atrapalhou em nada seu funcionamento.

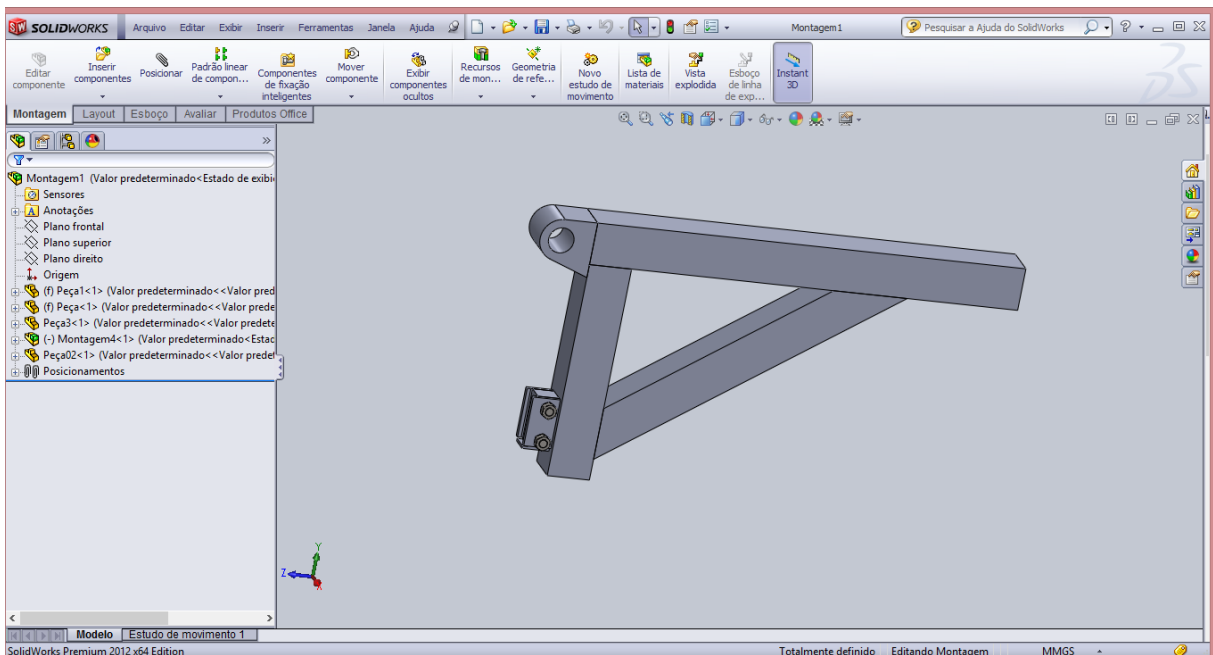


Figura 11- Braço dimensionada no SolidWorks.
Fonte: Autoria própria.

A princípio havia dimensionado a estrutura como alguns projetos que foram encontrados em pesquisas com o motor localizado na parte de fora na fig. 12 podemos notar essa extensão, porém, por uma questão de economia de material e não vendo uma necessidade para que o motor não ficasse do lado de dentro da estrutura optou-se pela mudança, a estrutura foi dimensionada originalmente com metalon de 50x50 mm, mas como havia na oficina um outro metalon de 30x20 mm considerou-se substituir tendo em vista que a resistência permaneceria.

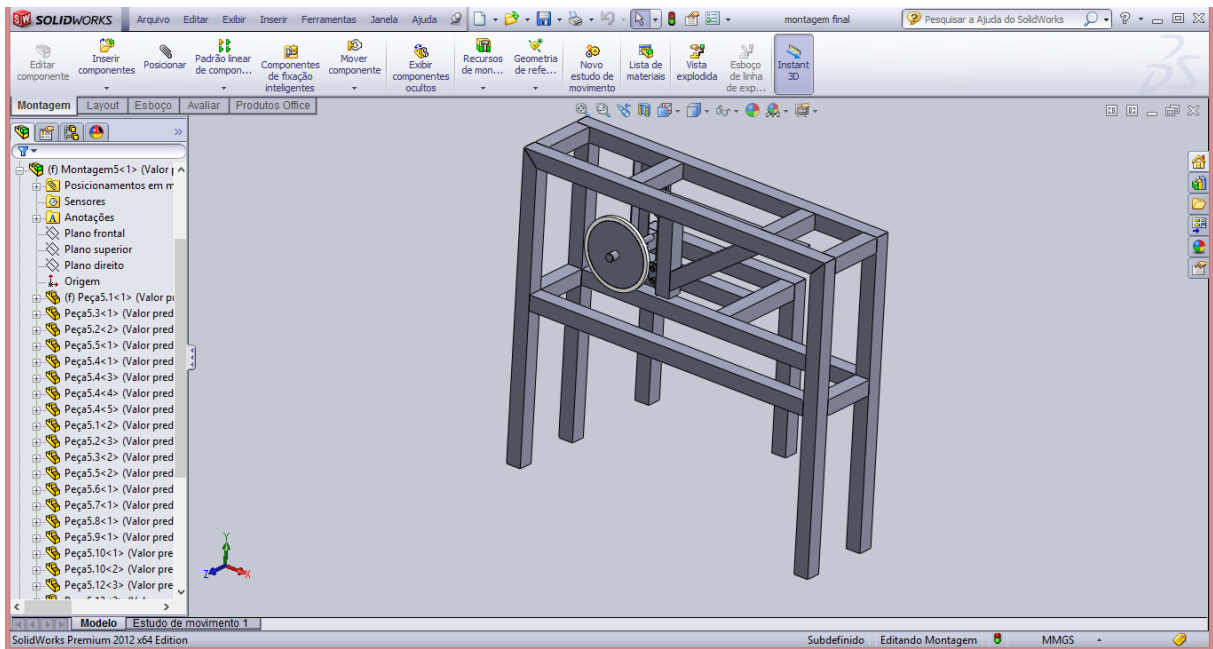


Figura 12- Primeira estrutura dimensionada no *SolidWorks*.
Fonte: Autoria própria.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 PROJETO PARA MANUFATURA E MONTAGEM (DFMA)

Neste trabalho os materiais utilizados foram, em sua maioria, disponibilizados pela oficina da UTFPR, com este reaproveitamento fica muito difícil dar um parecer sobre a relação dos custos dos mesmos.

A borracha que é vulcanizada no disco de aço tem uma especificação de dureza prescrita na norma da ASTM G65, como os componentes usados em sua fabricação são difíceis de encontrar e para fazer a mistura e vulcanizá-la no disco ficaria inviável, iniciou-se a busca por um meio acessível e prático. A primeira opção foi entrar em contato com empresas que fabricavam resinas com durezas próximas que enquadrassem na da norma devido a maior facilidade de curar essa resina no disco, porém, problemas como custos altos e demora na entrega tornaram essa opção descartada. Com pesquisas foi possível encontrar alguns profissionais e alguns trabalhos relacionados com o que era procurado, após uma consulta de valores e disponibilidades chegou à conclusão de enviar o disco fabricado para uma empresa em Pinhais-PR para que a mesma pudesse aplicar a borracha.

Foi realizada algumas alterações na estrutura e no braço com o intuito de economizar espaço e material. No início do projeto foram encontrados poucos trabalhos que dessem informações para ajudar na fabricação, e um específico foi usado de base, porém, notou-se a necessidade de mudanças e melhorias, a estrutura foi a primeira a ser realizada alterações para a economia de material, o motor que ficava do lado de fora da máquina foi introduzido na estrutura, já que não havia necessidade de permanecer ali, assim economizando o metalon que era usado para sustentar o motor, a partir desta mudança o comprimento foi alongado de maneira para que coubesse o motor. Esta modificação provocou um atraso no projeto, já que o motor não havia sido comprado não era possível dimensionar a estrutura de maneira que não houvesse desperdícios, sendo assim, somente com a chegada do motor o projeto pôde ser concluído e a estrutura fabricada.

No braço ou alavanca foi retirado duas peças, um metalon, que era fixado com ângulo de 45° graus onde deixava o braço mais pesado e não havia influencias no ensaio, e uma peça onde ficava o furo para fixá-lo, que foi substituída apenas por um furo.

O atraso no trabalho se deu pela dificuldade em se encontrar a borracha usada no disco, a chegada do motor e a compra dos materiais aos quais não haviam na oficina.

A maioria das peças fabricadas cumprem a norma da ASTM G65, a qual deve ser seguida à risca. Apenas a estrutura e o braço como mencionados a cima foram modificados.

Para garantir a precisão e o encaixe das peças em sua montagem final foi utilizado o *software* CAD do *SolidWorks*. O método mais eficaz encontrado na montagem da máquina foi começá-la pela estrutura e ir encaixando as outras peças nela, assim como foi feito no software.

As tabelas estão divididas em colunas, onde a primeira identificada como fase diz respeito a ordem da máquina usada, a coluna da ferramenta a própria máquina, a terceira coluna o número do passo por máquina, nas características quando após o número é a ação a ser feita na máquina e quando a coluna ao lado está em branco é o nome da máquina, na última coluna na linha da máquina é a especificação da mesma e na outra linha um esclarecimento da ação a ser feita.

Para facilitar a fabricação das peças é utilizado o DFM na tab. 1 estão os passos e processos realizados para a fabricação do disco de aço, onde foi aproveitada uma chapa que se encontrava na oficina da UTFPR para a fabricação. Essa tabela deve ser usada junto com a folha de processo do desenho.

Tabela 1- Processos de fabricação de um disco de aço

(Continua)

PEÇA: Disco de aço				
Material: 01 chapa quadrada de Aço 1045 espessura de 12,70 mm e comprimento de 254x254 mm.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Plasma			ICM
		1	Ø 229 mm	Corte circular aproximado.
2º	Torno mecânico		Mascote	MS 205

Tabela 1- Processos de fabricação de um disco de aço
(Conclusão)

PEÇA: Disco de aço				
Material: 01 chapa quadrada de Aço 1045 espessura de 12,70 mm e comprimento de 254x254 mm.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
		1	Ø 203,20 mm	Usinar em quantos passes necessários.
3º	Retífica		SGgrin	2050 AHR
		1	Facear	Facear ambos os lados para uma melhor aparência retirando o mínimo de material possível.
4º	Torno mecânico		Mascote	MS 205
		1	Rebaixo de 5 mm	Para diminuir o peso da peça, entre Ø 50,80 mm e Ø 152,40 mm
		2	Furo de Ø 25,40 mm	Através do torno e troca de ferramentas necessárias para a retirada do material.

Fonte: Autoria própria

A tab. 2 descreve a fabricação do bico de fluxo do abrasivo, esta peça é constituída de três componentes, um tubo de acordo com os processos mencionado abaixo e duas chapas também especificadas, e a junção dos componentes fica na mesma tabela para que fique melhor compreendido.

Tabela 2- Processos de fabricação de um bico de fluxo do abrasivo
(Continua)

PEÇA: Bico de fluxo do abrasivo				
Material peça 01: 01 tarugo Ø 16 mm e 100 mm de comprimento.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Torno mecânico		Mascote	MS 205
		1	Facear	Retirar material suficiente para o faceamento.
		2	Ø 12,70 mm	Através das trocas de ferramentas necessárias para obter um furo com mais de 76 mm de profundidade
		3	Cortar o tarugo	Usinar a peça para que fique com o comprimento de 76 mm.
4º	Fresadora		Cardoso	FC30
		1	Corte com ângulo de 7,5º	Apartir de 50,80 mm da ponta da peça retirar o material.

**Tabela 2- Processos de fabricação de um bico de fluxo do abrasivo
(Conclusão)**

MATERIAL PEÇA 02: 02 CHAPAS RETANGULARES APROXIMADAMENTE 55 X 20 MM E ESPESSURA DE 2 MM.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Fresadora		Cardoso	FC30
		1	Comprimento 52,40 mm	Usinar até obter este comprimento.
		2	Altura 18,30 mm	Usinar até obter esta altura
2º	Retifica		SGgrin	2050 AHR
		1	Facear	Facear de ambos os lados retirando no máximo 0,5 mm
JUNÇÃO DAS PEÇAS 01 E 02				
1º	Solda			TIG
		1	Soldar	Soldar as duas chapas dos três lados.

Fonte: Autoria própria

O suporte de corpo de prova na tab. 3 descreve três componentes, uma barra e duas chapas, onde a junção não é feita através de nenhum processo de fabricação e sim por parafuso e porca borboleta, facilitando a fixação do corpo de prova, o ângulo de 75° graus dado as chapas tem a função de não deixar que o corpo de prova escorregue.

**Tabela 3- Processos de fabricação de um suporte de corpo de prova
(Continua)**

PEÇA: suporte de corpo de prova				
Material peça 01: 01 barra de 35 x 35 mm, comprimento de 70 mm.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Retifica		SGgrin	2050 AHR
		1	Comprimento 63,50 mm	Usinar até obter este comprimento.
		2	Altura 31,80 mm	Usinar até obter esta altura
		3	Largura 25,40 mm	Usinar até obter este comprimento
2º	Fresadora		Cardoso	FC30
		1	Retirar 6,4x60,5 mm	Esse material é retirado 6,40 mm da altura e 58,50 mm do comprimento, onde se encaixa o corpo de prova.
3º	Furadeira		Cardoso	FFC 20

**Tabela 3- Processos de fabricação de um suporte de corpo de prova
(Conclusão)**

PEÇA: suporte de corpo de prova				
Material peça 01: 01 barra de 35 x 35 mm, comprimento de 70 mm.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
		1	Dois furos de 10 mm	Com as trocas de ferramentas necessárias realizar dois furos.
MATERIAL PEÇA 02: 02 CHAPAS RETANGULARES APROXIMADAMENTE 35 X 65 MM E ESPESSURA DE 8 MM.				
1º	Fresadora		Cardoso	FC30
		1	Comprimento 58,50 mm	Usinar até obter este comprimento.
		2	Altura 32,00 mm	Usinar até obter esta altura
2º	Retifica		SGgrin	2050 AHR
		1	Retirar 3 mm de espessura	Retira de material da espessura até a altura de 25,40 mm
		2	Ângulo de 75° até o final da peça	Girando o cabeçote da retifica em ângulo de 75° retira o material da peça da Fase 2º N° 1 até o final da peça.
3º	Furadeira		Cardoso	FFC 20
		1	Dois furos de 10 mm	Com as trocas de ferramentas necessárias realizar dois furos em cada chapa.

Fonte: Autoria própria

Na estrutura metálica foi usado dois processos como mostrado na tab. 4, na montagem final todas as outras peças serão encaixadas nela.

**Tabela 4- Processos de fabricação de uma estrutura metálica
(Continua)**

PEÇA: estrutura metálica				
Material peça 01: METALON 30 x 20 mm, QUANTIDADE USADA 8900 mm.				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Policorte			
		1	6 barras com 380 mm	
		2	4 barras com 920 mm	
		3	2 barras com 765mm	
		4	2 barras	

**Tabela 4- Processos de fabricação de uma estrutura metálica
(Conclusão)**

PEÇA: estrutura metálica
Material peça 01: **METALON 30 x 20 mm, QUANTIDADE USADA 8900 mm.**

Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
			com 705 mm	
2º	Solda			MAG
		1	Soldar as 14 barras	De acordo com o desenho das folhas de processo que estão no Apêndice A.

Fonte: Autoria própria

No braço foram utilizados poucos processos devido as melhorias feitas, na tab. 5 pode-se ver os passos da fabricação.

Tabela 5- Processos de fabricação de uma alavanca ou braço

PEÇA: alavanca ou braço
Material peça 01: **METALON 40 x 40 mm, QUANTIDADE USADA 540 mm.**

Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Policorte			
		1	Cortar 350 mm	
		2	Sobra com 190 mm	
2º	Furadeira		Cardoso	FC30
		1	Furo com Ø 11 mm	Na barra de 400 mm de acordo com a folha de processo no Apêndice A
3º	Solda			MAG
		1	Soldar as 2 barras	De acordo com o desenho das folhas de processo que estão no Apêndice A.

Fonte: Autoria própria

No reservatório do abrasivo foi utilizado um funil de alumínio já pronto que foi comprado em uma loja comum para facilitar na fabricação, a chapa foi dobrada fora da UTFPR em uma empresa em Sapopema, a qual eu não pude acompanhar o processo e especificar a máquina de acordo com a tab. 6.

Tabela 6- Processos de fabricação de um reservatório de abrasivo

PEÇA: Reservatório de abrasivo				
Material peça 01: 01 CHAPA DE 0,5MM DE ESPESSURA E .				
Fase	Ferramenta	Nº	Característica	Especificação
1º	Guilhotina Hidráulica			
		1	Corte 1885x110mm	E cortar também para que fique com ângulo de 45º e Ø80
		2	Corte 1885x240	
2º	Dobradeira			
		1	Dobrar	A primeira chapa cortada
		2	Dobrar	A segunda chapa cortada
3º	Solda			TIG
		1	Soldar	Juntar as chapas
		2	Soldar	Juntar as chapas
		3	Soldar as duas chapas	Juntar as duas chapas
Material: 01 FUNIL COM ÂNGULO DE 45º				
1º	Guilhotina Hidráulica			
		1	Cortar alça e alinhar	Deixar o funil mais alinhado possível
JUNÇÃO PEÇA 01 E FUNIL				
1º	Rebitador manual			
		1	Inserir os rebites	Distribuir 6 rebites ao longo do círculo
2º	Cola de resina			
		1	Distribuir a cola entre o funil e o reservatório	Para não existir espaços e não vazarem o abrasivo que ficará no reservatório.

Fonte: Autoria própria

Neste tópico a tab. 7 mostra as economias de materiais de acordo com o DFA

Tabela 07- Economia de material

Peça	Material Usado 1	Material Usado 2	Material economizado
Estrutura metálica	12900 mm	8900 mm	4000 mm
Braço ou Alavanca	1075 mm	540 mm	535 mm
Chapa	998200 mm ²	752560 mm ²	245649 mm ²

Fonte: Autoria própria

4.2 RODA DE BORRACHA

Primeiramente foi realizar a pesquisa aplicada a borracha utilizada no disco, esse processo foi feito pela empresa Celigraf de Pinhais-PR devido à falta de equipamentos em nossa instituição de ensino.

Segundo a norma onde descreve que a roda de borracha é composta de um disco de aço e revestida de uma borracha de clorobutil ao qual é vulcanizada perifericamente, a borracha deve possuir uma dureza *shore* de A60, sendo aceitável uma variação entre A58 e A62.

O desenho feito no *SolidWorks* foram utilizadas as dimensões especificadas na norma.

No que diz respeito a fabricação do disco pode-se visualizar na fig. 13 e sua fabricação fica clara no tópico do DFM na tab. 1.

A última etapa de acordo com o fluxograma da fig. 1, a montagem final, dependerá de todas as outras peças que serão especificadas nos próximos tópicos e será mencionada no último tópico desta sessão.



**Figura 13- Disco de aço fabricado na oficina.
Fonte: Autoria própria.**

4.3 BICO DE FLUXO DE ABRASIVO

Nesta peça não houve a necessidade de pesquisas posteriores a segunda etapa, partindo da norma o bico deve ter uma abertura a qual o fluxo deva sair entre 300 e 400 g/min, a ligação do funil com o bico é feita através de tubos de plástico.

Na fabricação desta peça como visto na fig. 14 e detalhada na tab. 2 de acordo com o DFM.

Ao desenhá-lo no *SolidWorks* foi atendido as dimensões especificadas na norma de acordo com a fig. 2.

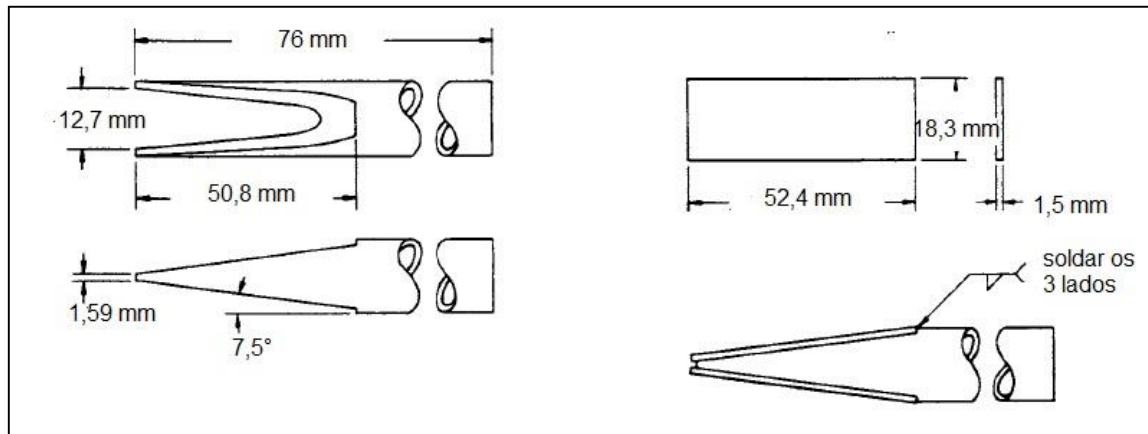


Figura 14- Desenho esquemático do bico.
Fonte: Norma ASTM G65-04, 2010, p.6.

4.4 MOTOR E INVERSOR DE FREQUÊNCIA

As pesquisas relacionadas ao motor e inversor feitas foram no âmbito de montá-los corretamente, com a ajuda de uns alunos de iniciação científica da elétrica que nos auxiliaram neste processo e o manual de instruções do equipamento foi possível a ligação e manuseio. No inversor mostrado na fig. 16 foi programado para que ele obtivesse uma aceleração eficiente de acordo com o necessário. O motor na fig. 15 deve ser de 1 cv de potência e uma rotação de até 200 rpm, foi ajustado um inversor de frequência e um difusor como o mostrado na fig. 17.



Figura 15- Motor.
Fonte: Autoria própria.



Figura 16- Inversor de Frequência da SIEMENS.
Fonte: Autoria própria.



Figura 17- Ligação do inversor de frequência.
Fonte: Autoria própria.

4.5 SUPORTE DE CORPO DE PROVA

Assim como no bico partiu direto para a etapa dois onde se aborda as normas, o suporte da amostra é ligado no braço de alavanca, o peso de aproximadamente 130 N é ligado a uma extremidade da alavanca exerce uma força que é transferida para o corpo de prova. Este suporte é composto por 3 peças como é visto nas fig. 18 e 19, a peça do meio onde encaixa o corpo de prova e as duas na lateral para segura-la, pode-se observar a angulação em ambas para melhor fixação do corpo de prova.

Na fabricação dessa peça a tab. 3 descreve seus processos, esta tem uma junção de 3 componentes através de porcas e parafusos para gerar a peça final.



Figura 18- Suporte de corpo de prova aberto fabricado na oficina.
Fonte: Autoria própria.



Figura 19- Suporte de corpo de prova fechado fabricado na oficina.
Fonte: Autoria própria.

4.6 FUNIL DE ARMAZENAMENTO DO ABRASIVO

Nas pesquisas relacionadas ao funil onde será armazenado a areia teve-se a preocupação em relação de como seria a sua construção, tendo em vista que em nossa instituição não possui máquinas para dobrá-lo, sendo assim, contatamos uma empresa de Sapopema que permitiu o acesso a sua dobradeira.

A norma só deixa especificado ao funil que será capaz de armazenar 19 litros de abrasivo.

Os processos de sua fabricação se encontra na tab. 6, para facilitar na construção um funil foi comprado e retirado sua alça como pode se observar na fig. 20, e este foi furado e colocado repites para o prender ao funil fabricado como pode-se observar na fig. 21.



Figura 20- Funil de armazenamento do abrasivo em fabricação.
Fonte: Autoria própria.



**Figura 21- Funil de armazenamento do abrasivo.
Fonte: Autoria própria.**

4.7 ESTRUTURA

As pesquisas feitas para a construção da estrutura foram limitadas, pois não existem muitos projetos desta máquina acessíveis, assim tornando a modelagem essencial nesta peça.

A estrutura é feita de metalon de 30x20 mm, cortado no policorte e soldado no MAG podendo ser melhor entendida na tab. 4 da DFM, mostrada nas fig. 22 e 23.



Figura 22- Estrutura metálica fabricado na oficina (frente).
Fonte: Autoria própria.



Figura 23- Estrutura metálica fabricado na oficina (lado).
Fonte: Autoria própria.

4.8 ALAVANCA OU BRAÇO

Esta peça segue as normas, o suporte da amostra da fig. 18 e 19 é ligado no braço exercendo uma força que é transferida para o corpo de prova de acordo com a fig. 24.

O metalon usado tem 40x40mm e foi soldado de acordo com a modelagem podemos acompanhar sua fabricação de acordo com a tab. 5 do DFM.



Figura 24- Alavanca ou Braço.
Fonte: Autoria própria.

4.9 ROLAMENTOS E MANCAIS

Com pesquisas realizadas foi decido utilizar o rolamento UC 204 e o mancal P204 de acordo com a dimensão do eixo que é de 20 mm de diâmetro usado também em outros projetos aos quais foram utilizados de base para este.

4.10 POLIAS E CORREIA

As polias e correia utilizadas na máquina foram colocadas no intuito de baratear e facilitar na construção, já que no projeto ao qual foi espelhado a transmissão era feita através de acoplamento de engrenagens, com o *SolidWorks* assim como mostrado na fig. 25 foi escolhido o tamanho das polias, levando também em consideração o tamanho da estrutura, a distância entre centros e assim o tamanho da correia de 54 polegadas.

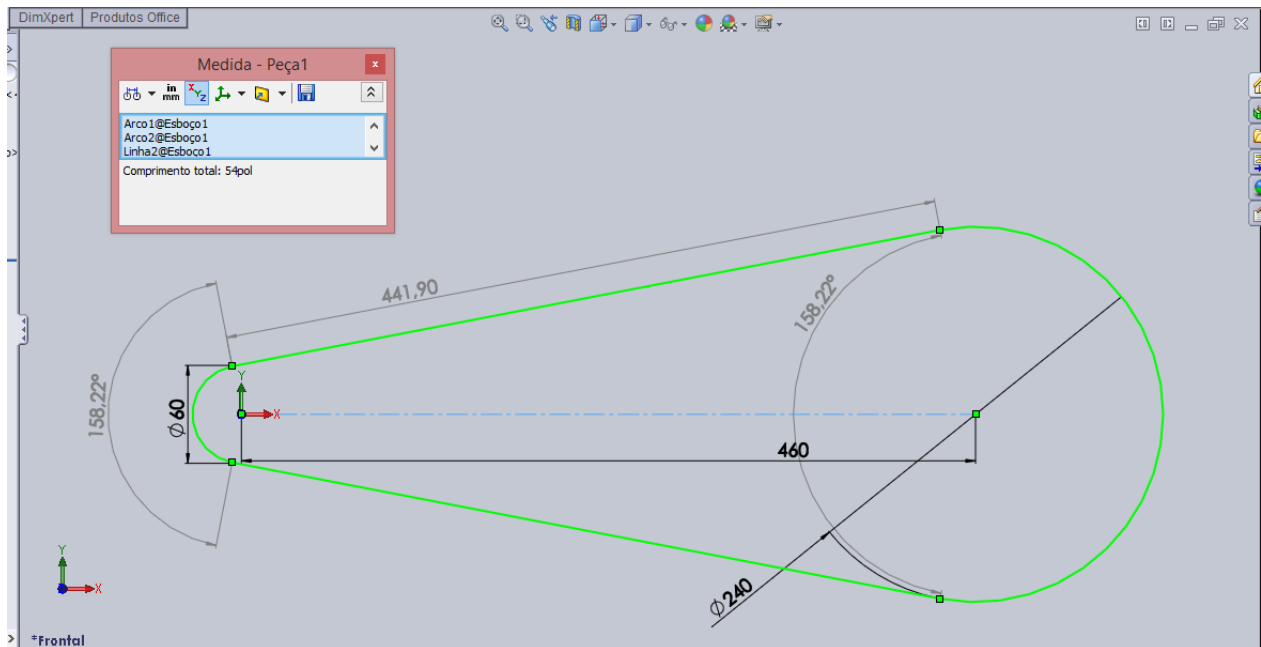


Figura 25- Tamanho da Correia.

Fonte: Autoria própria.

4.11 MONTAGEM FINAL

Na última etapa de acordo com a fig. 1, é onde se encontra a montagem final, todos os componentes da máquina são devidamente soldados e encaixados de acordo com o previsto, pode-se acompanhar sua construção através da folha de

processo já que usa a solda MAG para fazer as fixações, através da fig. 26 visualiza-se como ficou a máquina.



Figura 26- Abrasômetro tipo roda de borracha fabricado na UTFPR-CP
Fonte: Autoria própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi alcançado ao finalizar a construção do abrasômetro tipo roda de borracha de acordo com a Norma ASTM G65. Algumas alterações foram necessárias ao longo do desenvolvimento do projeto devido á necessidades de economia e redução de espaço.

O projeto se estendeu mais do que o esperado, devido a logística dos materiais para construção, e também pelas adaptações que foram realizadas no projeto.

Uma das etapas mais importantes para a construção foi a das pesquisas, sem essa o projeto não iria sair do software, apesar de outros projetos já terem sido construídos nessa mesma norma identificou- a necessidade de modificações para se adaptar à realidade da universidade.

Na etapa de fabricação e montagem foi de suma importância a utilização de ferramentas de desenvolvimento de projeto tais como o DFM e o DFA, pois com esta foi possível fazer o planejamento e execução das etapas de manufatura e montagem dos componentes.

Também vale ressaltar que com este trabalho pode-se correlacionar os conhecimentos teóricos aos práticos, e identificar as dificuldades que se encontram no dia a dia das empresas, pois nem sempre as industrias tem em estrutura adequada para realização de seus processos, o que exige tomadas de decisões dos profissionais envolvidos, de modo que, o produto final seja concluído independente dos obstáculos que ocorram durante o ciclo de manufatura.

Os objetivos foram alcançados com a finalização da manufatura dos componentes e com a montagem destes. Como trabalhos futuros serão realizados ensaios de validação do equipamento, nos quais será possível identificar melhorias e acrescentar novas ferramentas.

REFERÊNCIAS

ALTERA, Francisco de Assis; **Desgaste abrasivo de níquel e de liga binária níquel-cobalto eletrodepositados em substrato de cobre**. Ouro Preto. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. REDEMAT, 2009. Disponível em >
<http://www.redemat.ufop.br/arquivos/dissertacoes/2009/desgaste%20abrasivo.pdf><
 acessado em 21 de setembro de 2014

ASTM, ASTM G65 – 04. **Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus**. American Society for Testing and Materials, 2010.

BARBOSA, Gustavo F. **Aplicação da metodologia DFMA: Design for Manufacturing and Assembly no projeto e fabricação de aeronaves**. São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo -USP, 2007, p.165. Disponível em >
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde-30012008-103011/pt-br.php><
 Acessado em 11 de fev. de 2015

BONETTI, Luiz Francisco *et al.* **Tribologia, Conceitos e Aplicações**. Anais do 13º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Outubro, 01 a 04, 2007. Disponível em >
[2007http://www.bibl.ita.br/xiiiencita/FUND18.pdf](http://www.bibl.ita.br/xiiiencita/FUND18.pdf)< Acessado em 10 de dezembro de 2014

DOLAVALE, Liliane. C. **Caracterização Mecânica e Tribológica de um Compósito Odontológico de Uso Indireto**. Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007, p. 77.

FERRARESI, Valtair. A., LIMA, Aldemi. C..; **Desgaste em Equipamentos de Processamento da Cana-de-açúcar em Destilaria de Álcool**. Uberlândia. 16º Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia, 2006, p.9.

FERRARESI, Valtair. A., LIMA, Aldemi. C..; **Avaliação de Desgaste Abrasivo de Baixa Tensão por Roda de Borracha em Revestimentos Duros Soldados com Arames Tubulares**. Uberlândia. 17º Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia, 2007, p.. Disponível em >
<http://www.posgrad.mecanica.ufu.br/posmec/17/PDF/09.pdf>< acessado em 21 de setembro de 2014

LACERDA, J. F., VENTRELLA, V.A.; **análise microestrutural de revestimentos duro do tipo fe-c-cr resistente ao desgaste abrasivo**. Ilha Solteira. XII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica. UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha

Solteira, 2005. Disponível em ><http://www.abcm.org.br/pt/wp-content/anais/creem/2005/pdf/pf11.pdf>< acessado em 21 de setembro de 2014

LEAL, Longuinho da C.; STOETERAU, Rodrigo L.. **Apostila de Tribologia**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. p.179.

MURTELLE, Palloma. V. **Caracterização Tribológica de Ligas Sinterizadas a Base de Ferro e Cobre**. Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006, p. 102.

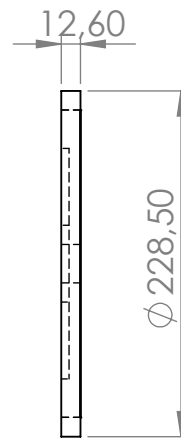
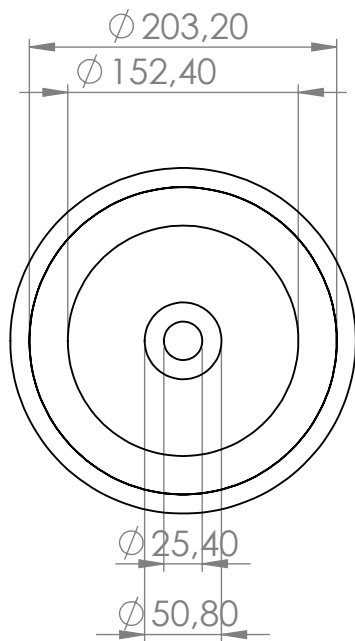
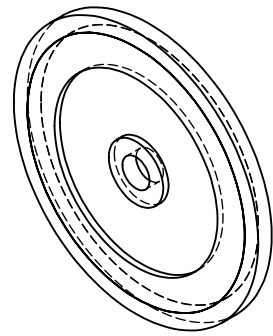
RIBEIRO, Rubens; **Avaliação da resistência ao desgaste abrasivo de revestimentos soldados do tipo fe-c-cr utilizados na indústria sucroalcooleira**. Ilha Solteira. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista., 2004. Disponível em >
http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90838/ribeiro_r_me_ilha.pdf?sequence=1< acessado em 21 de set. de 2014

SINATORA, Amilton. **Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte**. São Paulo. Erudição apresentada no Concurso da Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em > <https://pt.scribd.com/doc/19271149/ResgateHistoricoEstadoArte><. Acessado em 20 de nov. de 2014

SINATORA, A., VILLABÓN, L..; **Construção e instrumentação de abrasômetro do tipo roda-de-borracha para o estudo do comportamento tribológico de aços**. São Paulo. Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões. Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em >http://www-ext.lnec.pt/APAET/pdf/Rev_13_A1.pdf< acessado em 21 de setembro de 2014

SUZUKI, Rodrigo de S. **Projeto e construção de um equipamento de ensaio de desgaste micro-abrasivo por esfera rotativa livre**. Centro Universitário da FEI Projeto de Pesquisa. Relatório Final.

APÊNDICE A - Folhas de Processo



SE NÃO ESPECIFICADO:
 DIMENSÕES EM MILÍMETROS
 ACABAM. SUPERFÍCIE:
 TOLERÂNCIAS:
 LINEAR:
 ANGULAR:

ACABAMENTO:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

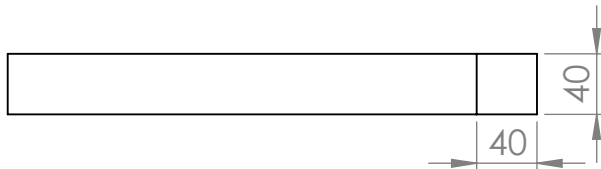
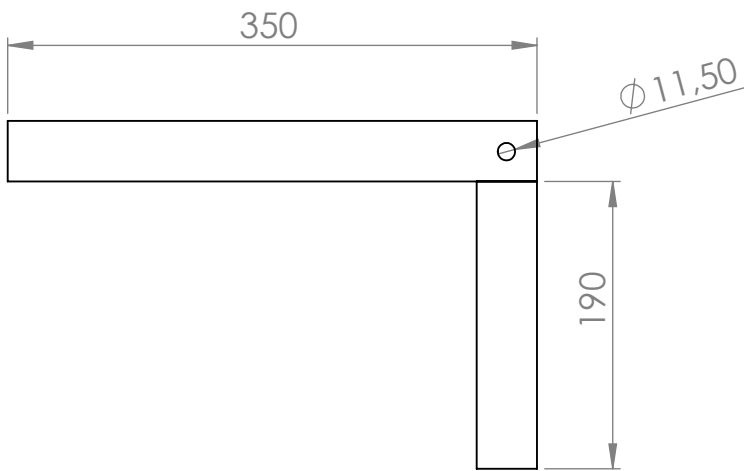
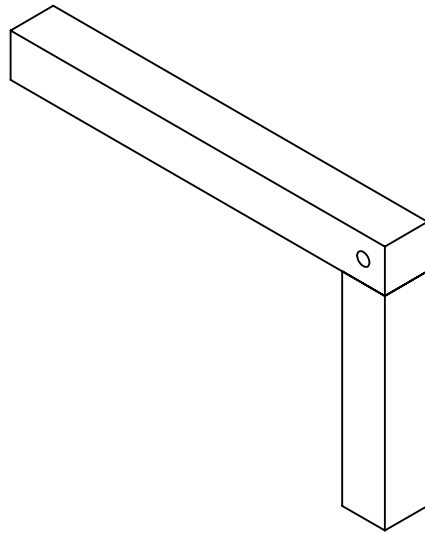
**Disco de aço revestido de
borracha**

DES. Nº

A4

ESCALA: 1:5

FOLHA 1 DE 1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR:
ANGULAR:

ACABAMENTO:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID					

TÍTULO:

Braço ou Alavanca

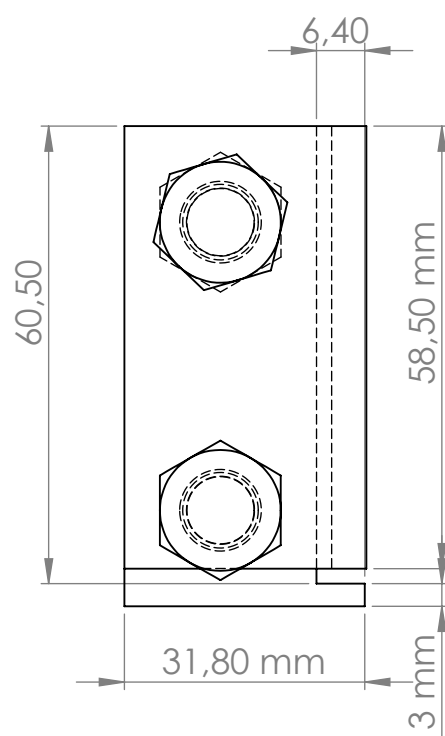
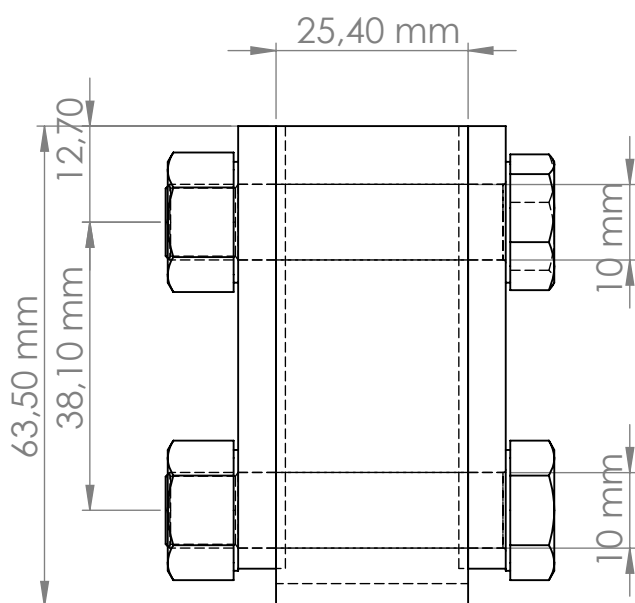
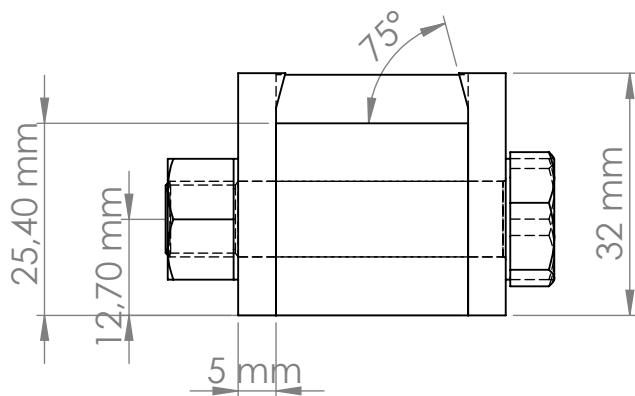
DES. N°

A4

PESO:

ESCALA: 1:5

FOLHA 1 DE 1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR:
ANGULAR:

ACABAMENTO:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

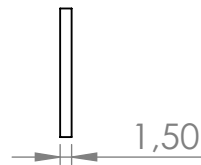
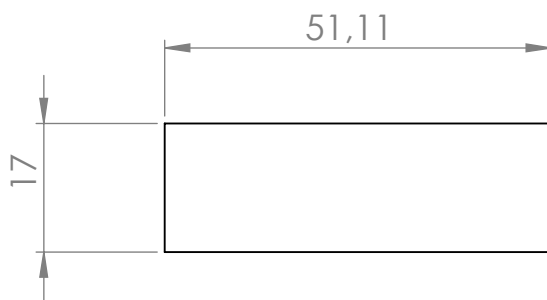
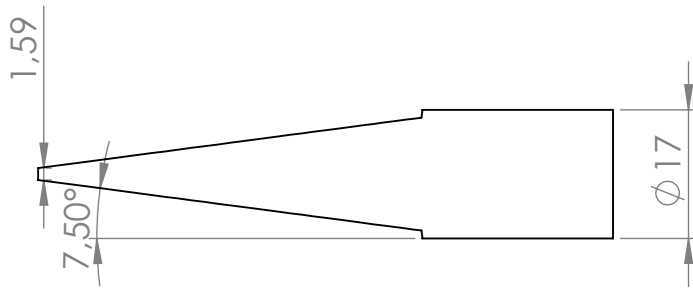
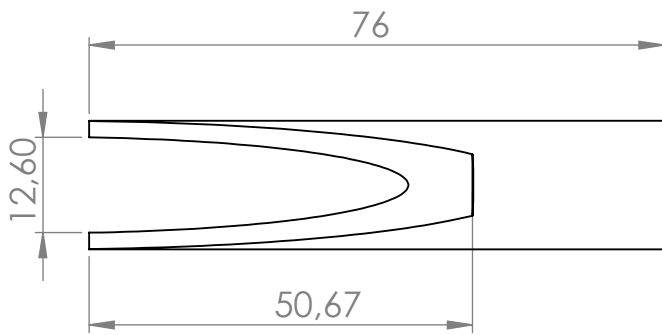
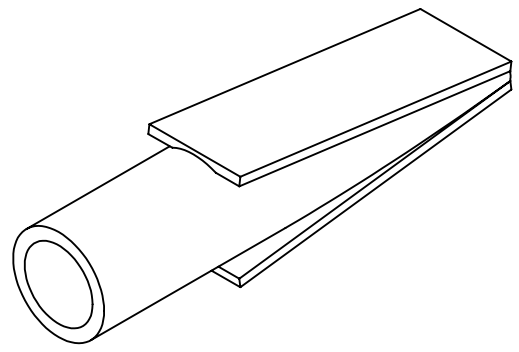
Suporte de corpo de prova - 3 peças

DES. Nº

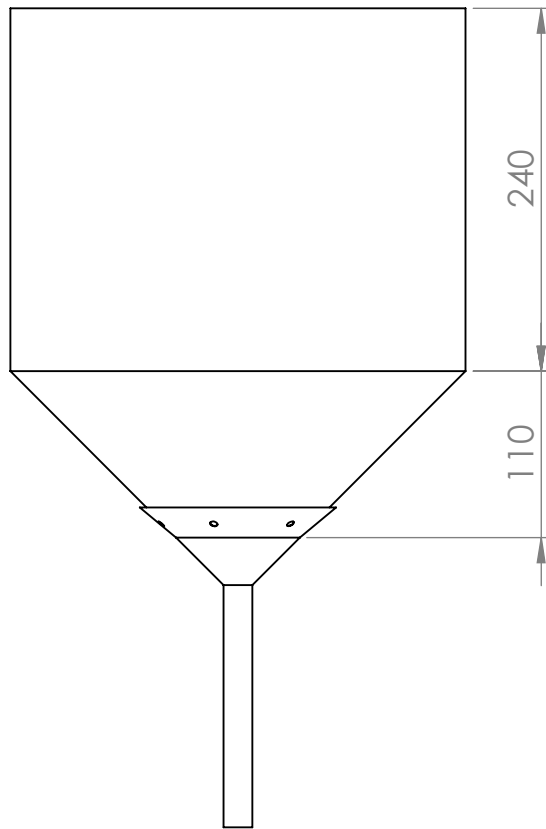
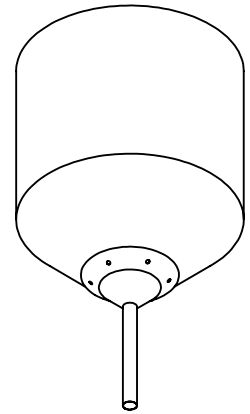
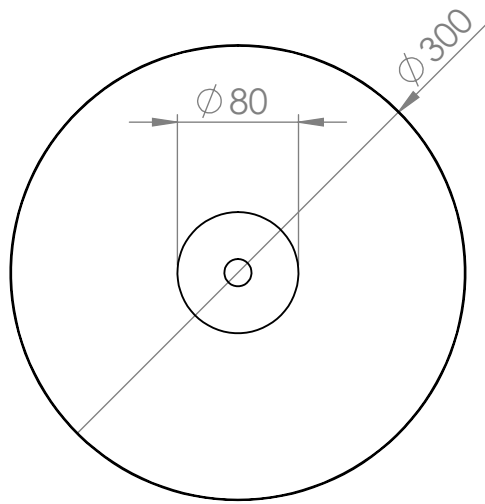
A4

ESCALA:1:1

FOLHA 1 DE 1



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.						Bico de vazão do abrasivo			
VERIF.									
APROV.									
MANUF									
QUALID				MATERIAL:		DES. Nº		A4	
				PESO:		ESCALA: 1:1		FOLHA 1 DE 1	



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR:
ANGULAR:

ACABAMENTO:

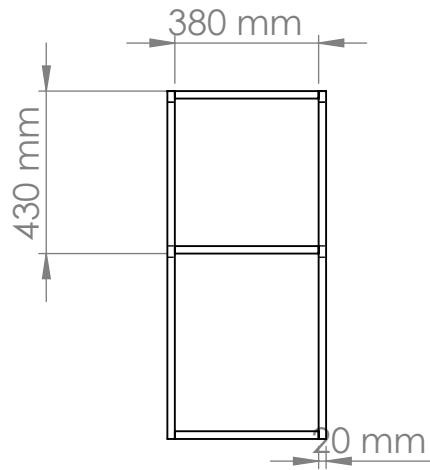
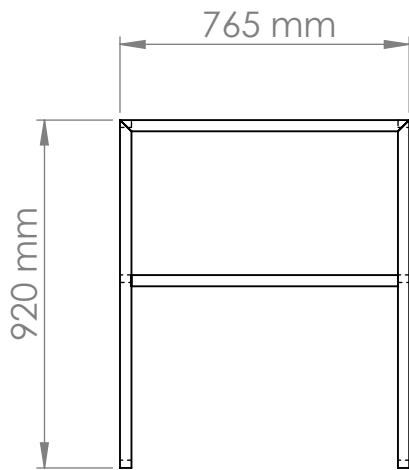
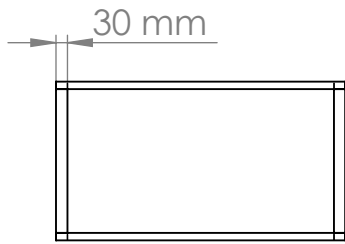
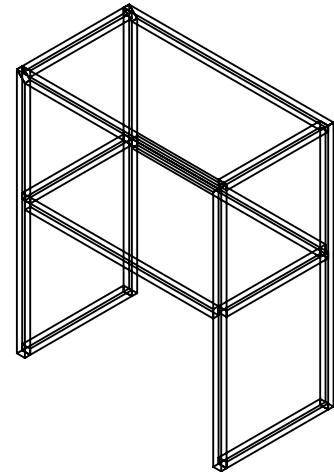
DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:	<h1>Reservatório de Abrasivo</h1>	
DES. Nº		
ESCALA: 1:10	FOLHA 1 DE 1	A4



SE NÃO ESPECIFICADO:
 DIMENSÕES EM MILÍMETROS
 ACABAM. SUPERFÍCIE:
 TOLERÂNCIAS:
 LINEAR:
 ANGULAR:

ACABAMENTO:

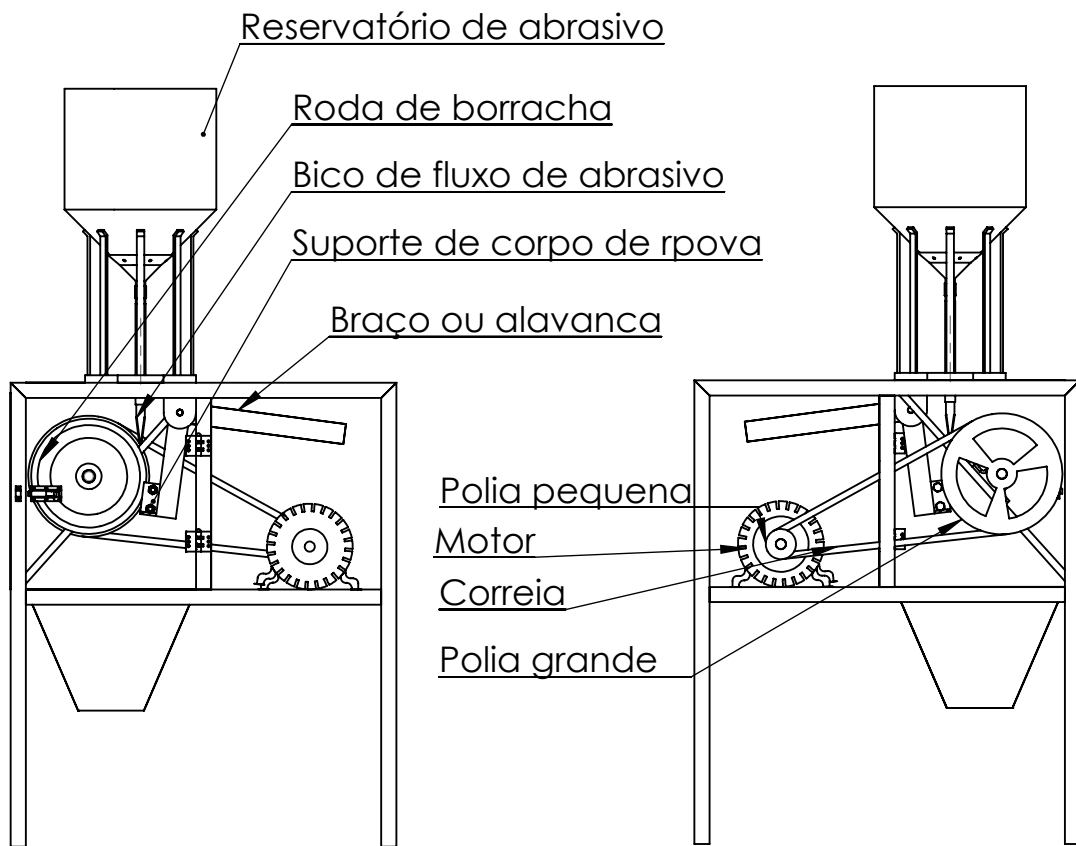
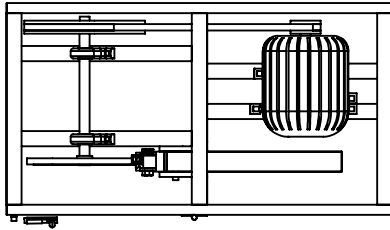
DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:	<h1>Estrutura metálica</h1>	
DES. Nº		
ESCALA: 1:1	FOLHA 1 DE 1	A4



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR:
ANGULAR:

ACABAMENTO:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

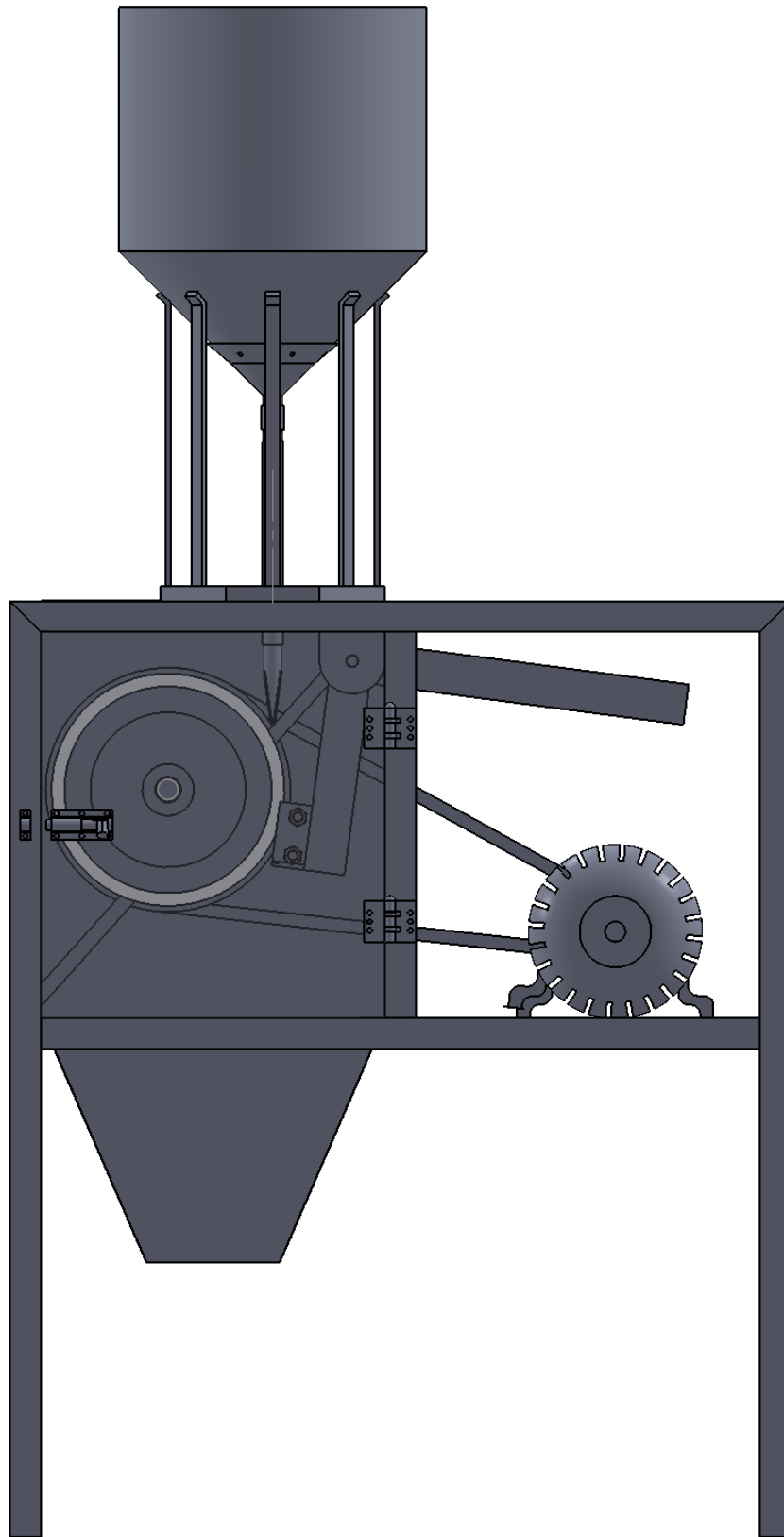
Montagem final

DES. Nº

A4

ESCALA: 1:20

FOLHA 1 DE 1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR:
ANGULAR:

ACABAMENTO:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DES.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF					
QUALID				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:

Montagem Final

DES. Nº

A4

ESCALA: 1:20

FOLHA 1 DE 1