

DIMENSIONAMENTO MECÂNICO DE UM EQUIPAMENTO DE TRANSMISSÕES PARA FINS DIDÁTICOS

MECHANICAL DIMENSIONING OF A TRANSMISSION EQUIPMENT FOR DIDACTIC

PURPOSES

José Augusto Cavaletti¹
Anderson de Oliveira²

RESUMO

A utilização de bancadas didáticas nas aulas de Engenharia é um método de ensino que vem crescendo dentro de instituições de ensino, pois ela permite conciliar o conhecimento teórico e o conhecimento prático, proporcionando ao aluno um melhor nível de aprendizado. No presente trabalho será apresentado o dimensionamento mecânico de uma bancada didática de transmissões, onde a mesma irá proporcionar o melhor entendimento das transmissões mecânicas e dos parâmetros estudados e resultados obtidos. Para que isso fosse possível, foi necessário o dimensionamento mecânico dos componentes utilizados na montagem da bancada levando em consideração o método de interação entre aluno e equipamento. Foram elaborados cálculos para dimensionar e selecionar os componentes da banca e desenhos esquemáticos em softwares 3D. A análise de resultados demonstra o dimensionamento e a seleção destes componentes e também o método de interação inicial que a bancada proporciona ao estudante.

Palavras-Chave: Dimensionamento. Transmissões. Bancadas didáticas.

ABSTRACT

The use of didactic workshops in Engineering classes is a method of teaching that

¹ Engenheiro Mecânico. Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). email: (gutocavaletti@gmail.com)

² Professor Orientador. Graduado em Engenharia de Controle e Automação, pela Universidade do Contestado (UNC), Especialização em Automação Industrial pelo Instituto Sul Paranaense de Altos Estudos (ISPAE) e docente do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

has been growing within educational institutions, since it allows to reconcile theoretical knowledge and practical knowledge, providing the student with a better level of learning. In the present work will be presented the mechanical design of a didactic workbench of transmissions, where it will provide the best understanding of the mechanical transmissions and the studied parameters and results obtained. For this to be possible, it was necessary the mechanical dimensioning of the components used in the assembly of the workbench taking into account the method of interaction between student and equipment. Calculations were made to size and select the components of the bench and schematic drawings in 3D software. The analysis of results demonstrates the design and selection of these components and also the initial interaction method that the bench provides to the student.

Keywords: Dimensioning, Transmissions, Didactic workbenches.

INTRODUÇÃO

Buscando aperfeiçoar técnicas de ensino dentro de uma instituição, é indispensável à utilização de métodos de ensino que mesclam a prática e a teoria. Logo, a utilização de bancadas didáticas para o aprendizado do aluno vem crescendo dentro de universidades e escolas. A utilização de equipamentos didáticos tem como principal fundamento a aplicação de conhecimentos que os estudantes adquirem em sala de aula na prática, visando à preparação do mesmo para o mercado de trabalho. Ainda que o aluno tenha um amplo conhecimento teórico, percebe-se uma dificuldade quando o mesmo é inserido no mercado de trabalho.

Gall, Streda, Molin (2013) defendem a ideia de que engenheiros graduados, quando saem da faculdade devem ser aptos a aplicar os conhecimentos científicos e tecnológicos obtidos no decorrer do curso, a prática. Na visão dos autores, é de grande importância a colaboração das instituições de ensino, proporcionando aos acadêmicos a interação entre prática e os temas estudados dentro da sala de aula.

Dentro deste contexto surge o problema que será discutido e desenvolvido nesta pesquisa: Como projetar um equipamento didático que auxilie o estudante de engenharia a um melhor entendimento na área de transmissões? Atualmente as bancadas didáticas são equipamentos que simulam um determinado trabalho dentro de indústrias, visando mostrar o comportamento de um determinado equipamento dentro de uma função. Sabemos que um equipamento de transmissão por engrenagens, engrenagens de corrente, polias e correias, não é composto

somente por estes componentes conforme sua nomenclatura, são vários componentes que trabalhando juntos, acabam gerando um resultado final.

Logo o presente trabalho apresentara métodos para desenvolvimento de projetos, bem como a utilização de teorias já desenvolvidas para cálculos de dimensionamentos mecânicos, onde os mesmos serão aplicados no dimensionamento de um equipamento, que posteriormente será utilizado para estudos de transmissões.

Dentro destas aplicações é de grande importância o dimensionamento de cada um destes componentes, como forças aplicadas, torque a transmitir, materiais a serem aplicados na construção tanto de componentes como também na estrutura da bancada, com a finalidade de apresentar um equipamento funcional que atenda os requisitos para o qual ele foi projetado.

Utilizando referências bibliográficas, catálogos de fabricantes, entre outras fontes de pesquisa este trabalho tem como objetivo geral dimensionar um equipamento de transmissão, para que a mesma auxilie os estudantes de engenharia no entendimento do funcionamento da mesma.

MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de iniciar o dimensionamento do equipamento é necessária a definição de parâmetros. Estes parâmetros compreendem na forma de construção de máquina e operação. Definiu-se então que a bancada seria composta por uma base, que servirá de estrutura para os estudos realizados. Além da definição de uma base única, definiu-se também que a bancada seria separada em módulos, ou seja, teríamos um módulo para cada tipo de transmissão. Três módulos seriam desenvolvidos para esta bancada, o módulo de engrenagens, módulo de correntes e o módulo de polias.

O próximo passo foi definir as características de construção da bancada, foi desenvolvido um croqui preliminar da bancada para facilitar o entendimento da proposta apresentada por este trabalho, conforme Figura 1. O croqui preliminar também será utilizado como base para dimensionar os principais componentes do sistema. A denominação utilizada na Figura 1 segue abaixo:

01) Croqui preliminar da base;

02) Croqui preliminar do módulo de engrenagens;

03) Croqui preliminar do módulo de rodas dentadas;

04) Croqui preliminar do módulo de polias.

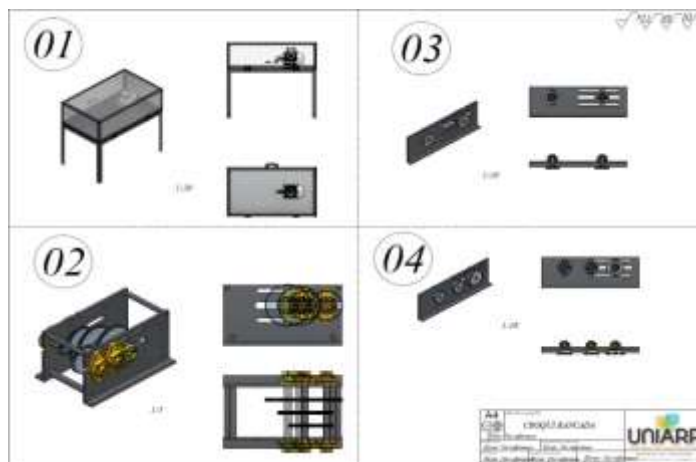


Figura 1 - Croqui preliminar da bancada

Nesta etapa também foi definido o motor utilizado para acionar os sistemas, selecionando um motor WEG® W22 IR2, 4 polos, potência de 1 cavalo vapor, carcaça 80, rotação de 1730 rotações por minuto.

SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E COMPONENTES UTILIZADOS NA BANCADA.

Nesta etapa realizou-se o dimensionamento dos equipamentos e materiais que serão utilizados para montagem da bancada, onde o primeiro componente dimensionado foram as engrenagens.

Para iniciar o dimensionamento das engrenagens utiliza-se alguns dados do motor que são a potência do motor que é de 1 cv com rotação do mesmo que é de 1730 rpm. Além dos dados do motor se faz necessário prédefinir outros parâmetros como:

- a) Número de dentes das engrenagens: $Z= 23, 59$ e 85 dentes.
- b) Duração do par: 5000 Horas
- c) Material: Ferro fundido cinzento

Iniciando o dimensionamento das engrenagens, precisamos definir o

torque do sistema. O torque que atuara no sistema é de 4059,78 N.mm. O próximo passo é definir a relação de transmissão das engrenagens, utilizando a situação mais crítica, logo divide o número de dentes da engrenagem maior pelo número de dentes da engrenagem menor obtendo a relação de transmissão de 3,7. Finalizando o cálculo da relação de transmissão, partiu-se para o cálculo do fator de durabilidade, este adimensional com valor de 519, onde o mesmo será utilizado no cálculo da pressão admissível. Esta por sua vez utiliza-se também o valor da dureza do material. A pressão admissível calculada é de 412,3 N/mm².

O próximo cálculo é o volume mínimo do pinhão, onde este determina a relação entre área e largura da engrenagem obtendo um valor de 16748,15mm. Com o valor do volume mínimo determina-se o módulo da engrenagem ficando com 1,05mm, para utilizar um módulo normalizado arredonda-se para 1,5mm. Definido o módulo calcula-se a largura da engrenagem onde foi obtido o valor de 14,07mm. Logo para facilitar a usinagem arredonda-se este valor para 15,00mm. O último passo é definir a tensão admissível no pé do dente, está tendo como resultado uma tensão menor do que a tensão do material que é de 40 N/mm². A tensão admissível no pé do dente calculado é de 36,02 N/mm² ficando abaixo da tensão admissível do material.

Definidas as engrenagens, o próximo passo é a seleção de polias e correias, onde a correia selecionada é de perfil A selecionando uma correia A-26, onde a capacidade de transmissão por correia é de 0,97 cavalo vapor. Como a potência projetada do sistema é de 1,1 cavalo vapor teremos que utilizar duas correias para a transmissão caracterizando uma polia com dois canais de perfil A. Os diâmetros das polias que poderão ser utilizadas na bancada é entre 56 e 90 mm.

A corrente selecionada no sistema é de passo 12,70mm e as rodas dentadas devem apresentar número de dentes entre 19 e 57 dentes.

Os eixos utilizados no sistema serão fabricados em aço carbono 1045, onde para definir os mesmo o primeiro passo é o cálculo da carga radial e carga resultante obtendo um valor de 526,52 e 576,13 Newtons. O próximo passo é calcular as reações de apoio no plano vertical e plano horizontal, onde para seleção dos eixos vamos utilizar o cálculo realizado no plano vertical onde possui o maior módulo de força aplicada. A Figura 2 representa o momento fletor no plano vertical.

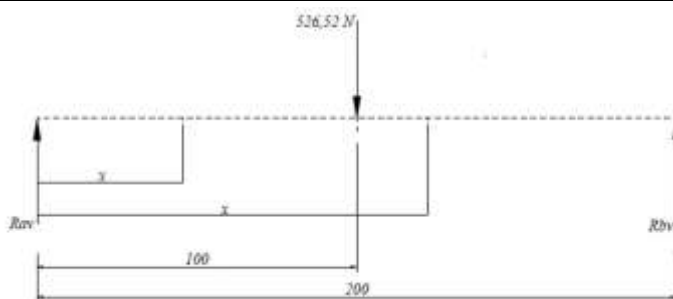


Figura 2 - Momento fletor no PV para engrenagens

O resultado obtido no cálculo do plano vertical é de 263,3 Newtons, onde se levou em consideração a simetria do sistema. Para definir o diâmetro do eixo utiliza-se o momento ideal que é 26441,43 Nmm, onde o resultado do diâmetro do eixo é maior ou igual a 16,51, onde para facilitar a seleção dos mancais normalizados arredondou-se este valor para 20,00mm.

O próximo componente dimensionado são as chavetas, onde que para eixo de 20,00mm indica-se a chaveta de 6 x 6. A força tangencial atuante nas chavetas é de 405,97 Newtons, e os comprimentos para cisalhamento e para pressão de contato é de 1,13 e 1,65mm respectivamente. Como as engrenagens possuem 15,00 mm de largura o comprimento das chavetas também será de 15,00mm para facilitar a usinagem.

Nos mancais utilizou-se o cálculo da reação de apoio com maior intensidade que é de 263,2 Newtons, onde os mancais selecionados são os de tipo P,F e T de numeração 204.

O próximo passo é realizar a análise estrutural da base do equipamento por meio de computador, onde a análise é representada na Figura 3. A estrutura apresenta um deformação de 0,133mm o que é aceitável.

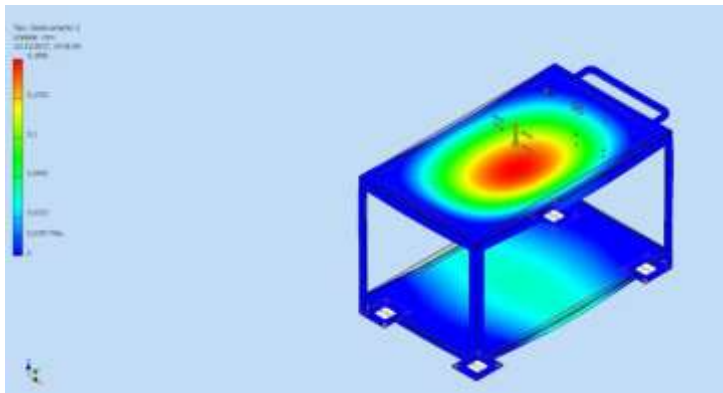


Figura 3 – Análise estrutural da bancada

O último passo é apresentar o modelo virtual da bancada conforme a Figura

4.

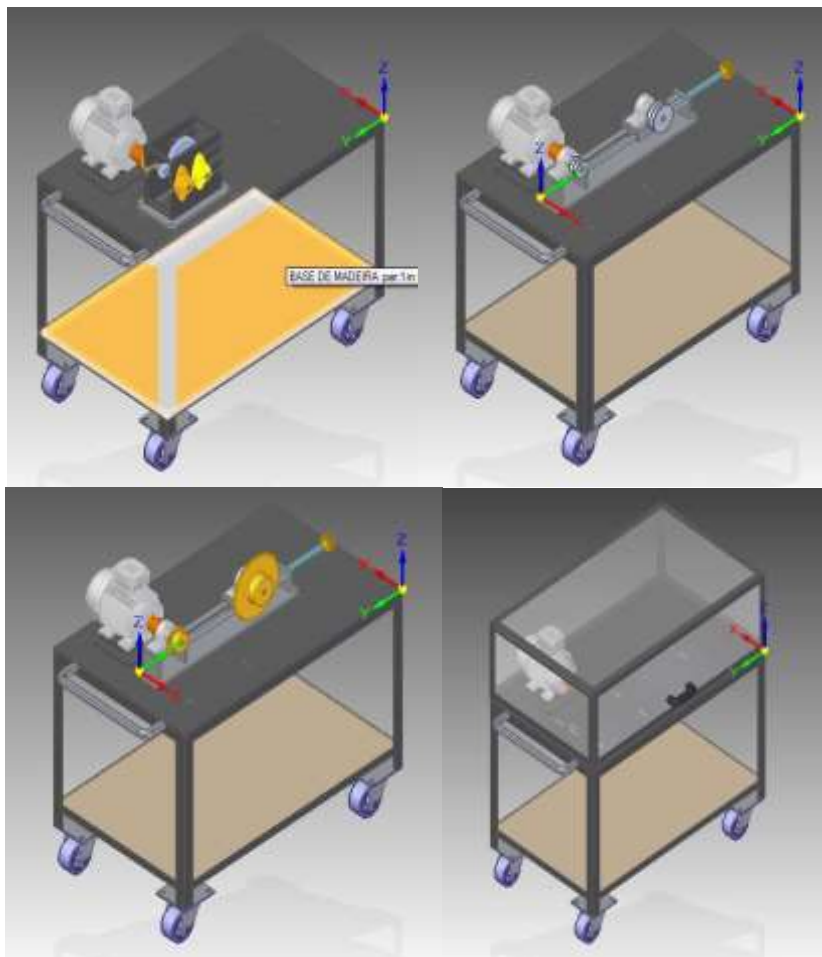


Figura 4 – Montagem da bancada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento apresentado tem a finalidade de proporcionar uma interação entre estudantes de Engenharia Mecânica com a prática, aplicando os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula. Porém antes de apresentarmos os resultados, no que se diz respeito à interação entre aluno e equipamento, apresentaremos os resultados quanto ao dimensionamento do equipamento:

a) Engrenagens: Para as engrenagens o resultado obtido foi engrenagens entre 23 e 85 dentes, módulo do engrenamento 1,50, largura da engrenagem de 15,00mm e material ferro fundido cinzento onde apresentou uma tensão máxima atuante no pé do dente de $36,02 \text{ N/mm}^2$ ficando menor do que a tensão do material que é de 40 N/mm^2 , atendendo ao esforço solicitado.

b) Polias e correias: O perfil da correia selecionada foi o perfil A, selecionando uma correia A-26 com capacidade de transmissão de 0,97 cv cada correia. Como o equipamento é acionado por um motor de 1 cv, houve a necessidade de utilizar duas correias, caracterizando um polia com dois canais. As polias utilizadas serão de diâmetro entre 56 e 90 mm.

c) Correntes: A seleção da corrente foi realizada através do Gráfico 2, onde a corrente selecionada foi uma corrente de passo meia polegada, ou *DID 40*. As rodas dentadas utilizadas no cálculo são de 19 e 57 dentes.

d) Eixos: Para fabricação dos eixos utilizaremos o material aço *ABNT 1045*, onde o diâmetro dimensionado para suportar as cargas resultou em 16,51mm, porém vamos padronizar os eixos para diâmetro 20,00mm, para ficar selecionar elementos como mancais padronizados.

e) Chavetas: Para as chavetas 6 x 6, selecionadas conforme o diâmetro do eixo calculou-se os comprimentos para cisalhamento e esmagamento 1,13 e 1,65mm respectivamente, onde vamos utilizar a largura total da engrenagem para comprimento da chaveta, que é de 15,00mm.

f) Mancais: Os mancais selecionados foram o F, P e T de numeração 204, onde o de menor resistência é o P204 que possui resistência de 30 KN, como a força atuante na reação é de 0,263 KN, o mancal selecionado fica superdimensionado. Porém devemos explicar que foram selecionados estes mancais pelos diâmetros do eixo que é de 20,00mm.

g) Acoplamento: O acoplamento selecionado é o E-10 com o fator de relação potencia rotação e fator R é de 0,00088, e como resultado do fator de relação para o equipamento do estudo obtivemos o valor de 0,00069 que é menor do que o fator suportado pelo acoplamento selecionado.

h) Base: Na base, com a simulação realizada por computador constatou-se um deslocamento da chapa de 0,133mm no ponto mais crítico, o que é praticamente nulo na estrutura do equipamento estudado.

i) Rodas e rodízios: Os rodízios e rodas selecionados suportam uma carga de 100 Kg cada, onde para os mesmos solicita-se uma carga de 83,4 Kg.

j) Outros componentes: Os demais componentes foram selecionados de acordo com o autor, pois os mesmos não sofrem ações de cargas que venham a comprometer o funcionamento do equipamento.

Apresentado os resultados quanto aos componentes dimensionados, o próximo passo é analisar o resultado quanto à interação entre estudante e equipamento. Para esta análise também vamos dividi-los em tópicos:

a) Estrutura fixa: esta estrutura corresponde na base, motor e outros componentes onde os alunos não irão interferir na sua montagem, ficando definido um modelo. A base será composta por rodízios para movimento, uma tampa de proteção e o motor com a base do mesmo, além da parte elétrica que não é o foco deste trabalho.

b) Módulos: Foram definidos três módulos para a bancada, sendo eles os módulos de engrenagens de dentes retos, correias e correntes. O Aluno poderá interagir com estes módulos através da troca dos mesmos, pois com o motor fixo o aluno irá utilizar e montar o módulo que irá utilizar durante a aula. Para esta montagem o aluno tem a disposição oblongos na chapa de base e fixadores feitos com parafusos e porcas M10, com porcas borboletas para ficar de fácil montagem e desmontagem.

c) Módulo de engrenagens de dentes retos: Para este módulo, o aluno poderá utilizar engrenagens com número de dentes entre 23 e 85, podendo realizar as trocas entre elas. Para facilitar a troca os eixos foram dimensionados a partir de trefilados, obtendo um ajuste deslizante. Este ajuste facilita na hora da troca dos componentes.

d) Módulo de correntes: Neste módulo, o aluno poderá utilizar engrenagens de correntes com número de dentes entre 19 e 57, podendo realizar a troca entre elas. O ajuste entre eixo e engrenagem de corrente também será deslizante, facilitando a troca dos componentes. Este módulo também utilizara um mancal tipo T, que é um mancal tensor, que atuara como esticador para desmontagem e montagem das correntes.

e) Módulo de correias: Neste módulo, o aluno poderá utilizar polias com diâmetros entre 56 e 90 milímetros, podendo realizar a troca entre elas. O ajuste entre eixo e polia também será deslizante, facilitando a troca dos componentes. Este módulo também utilizara um mancal tipo T, que é um mancal tensor, que atuara como esticador para desmontagem e montagem das correias.

CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo desenvolver um projeto de uma bancada didática de transmissões, para que a mesma auxilie os estudantes de engenharia no entendimento do funcionamento das transmissões, colocando na prática os conhecimentos teóricos obtidos durante a vida acadêmica no curso de Engenharia Mecânica.

Iniciou-se o trabalho apresentando a introdução, item no qual abordou o tema principal da pesquisa, apresentando o problema de pesquisa, a justificativa do trabalho e o objetivo geral e específicos.

Posteriormente a introdução, levantou-se o referencial bibliográfico, onde o mesmo contém todo o embasamento teórico que será utilizado no desenvolvimento da metodologia, onde foram utilizados livros, catálogos, trabalhos e materiais publicados.

Na etapa da metodologia, primeiramente foi realizado o croqui preliminar da bancada para seguir para o dimensionamento dos componentes da mesma. Foi realizado todo o dimensionamento mecânico dos componentes, como engrenagens cilíndricas de dentes retos, engrenagens de correntes, polias e correias, estrutura da base e outros componentes utilizados na montagem do equipamento, para que o mesmo execute de forma segura o trabalho exigido.

Com o dimensionamento do equipamento finalizado, possibilitou

apresentar e analisar os resultados obtidos quanto ao dimensionamento e também quanto a interação do aluno e bancada. Pode-se concluir que os componentes dimensionados suportariam ao trabalho exigido, e quanto a interação do aluno e equipamento abordou-se a troca dos módulos, sendo eles de engrenagens, correias e correntes, possibilitando ao aluno utilizar o módulo de acordo com o sistema de transmissão a se utilizar durante a aula. Além da troca dos módulos os alunos poderão realizar a troca das engrenagens entre 23 e 85 dentes, a troca das engrenagens de corrente entre 19 e 57 dentes e a troca de polias entre diâmetros de 56 e 90 milímetros, podendo então obter variações de torque e rotação conforme os componentes selecionados para o estudo.

Como sugestão de trabalhos futuros ficam a ampliação destes módulos, podendo utilizar outros sistemas de transmissão como: rosca sem fim e coroa, parafusos de movimentação que transformam o movimento rotacional em linear, bem como o melhoramento destes módulos podendo ter mais de um tipo de transmissão em um mesmo módulo.

Também para a área de automação tem-se a sugestão de aplicar um inversor de frequência no motor onde o mesmo irá alterar a rotação do motor modificando parâmetros como torque e rotação final obtido. Para a mesma área fica a sugestão da aplicação do sistema de segurança como chave de intertravamento onde a mesma possibilita o desligamento automático do motor assim que algum sistema de segurança for desativado ou com uso incorreto. Também a sugestão do uso de sensores e mostradores de torque e rotação para uma melhor interação entre aluno e equipamento. Também a cargo de sugestão fica o projeto elétrico do equipamento.

REFERÊNCIAS

GALL, Janaina Vanuza; STREDA, Victor Ergang; MOLIN, Anderson Dal, **Desenvolvimento de uma bancada didática de transmissões mecânicas**, Horizontina RS, 2013. Disponível em: http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/desenvolvimento_de_uma.pdf Acesso em 15 ago. 2017.